

# COMUNE DI NARDO'

PROVINCIA DI LECCE  
Progetto agrovoltaico "Builli"



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 INTEGRATO DI PRODUZIONE ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA E DI PRODUZIONE AGRICOLA, DENOMINATO "BUILLI", SITO NEL COMUNE DI NARDÒ (LE), IN LOCALITÀ BUILLI, E DELLE OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE NEI COMUNI DI NARDÒ, COPERTINO E LEVERANO (LE), CON POTENZA NOMINALE PARI A 14.250,00 KWN E POTENZA DI PICCO (POTENZA MODULI) PARI A 16.564,80 KWP.**

**Oggetto: Calcoli preliminari strutture del progetto definitivo**

**ELABORATO:**  
AG7SE31\_CalcoliPrelStrutture\_Rev1

**PROGETTISTA:**  
Ing. Giorgio Vece

**SCALA:**

**TIMBRO E FIRMA:**



**STATO DI PROGETTO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

N°	DATA	DESCRIZIONE	PROCEDURA	PROGETTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	AGOSTO 2020	Prima emissione	AU	Ing. Giorgio Vece	Ing. Giorgio Vece	GR Value Development S.r.l.
01	DICEMBRE 2021	Prima emissione	PUA	Ing. Giorgio Vece	Ing. Giorgio Vece	GR Value Development S.r.l.
02						
03						
04						

**Committente: LECCE 2 PV S.R.L**

(scissione da GR Value Development S.r.l.)



Via Durini n°9  
20122 Milano,  
Cod. Fisc & P. IVA 12262240968

## Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	2
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3.1 ZONIZZAZIONE SISMICA.....	4
3.2 AZIONE DEL VENTO.....	5
3.3 AZIONE DELLE NEVE.....	6
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO.....	6
4.1 Caratteristiche geologiche e geotecniche.....	6
4.2 Caratterizzazione sismica del sito.....	7
4.3 Caratteristiche geotecniche del sito.....	10
5. REQUISITI DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	10
5.1 Leganti idraulici.....	11
5.2 Inerti.....	11
5.3 Classe dei calcestruzzi.....	11
5.4 Acciaio per cemento armato.....	11
5.5 Cabine prefabbricate.....	12
5.6 Fondazione prefabbricata del tipo "VASCA DI FONDAZIONE".....	14
6. CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI SOSTEGNO.....	14
6.1 Azione del vento.....	14
6. Verifica a ribaltamento.....	17

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

## 1. PREMESSA

La presente relazione è descrittiva delle strutture del progetto dell'impianto Agrovoltaiico "BUILLI".

Il progetto interessa il comune di Nardò (LE) in località "Builli" ed è articolato in due lotti di impianto, denominati "BUILLI 1" e "BUILLI 2" ognuno dei quali ha una connessione autonoma alla RTN. Il lotto di impianto BUILLI 2 è di potenza elettrica DC pari a 9.865,8 kWp e potenza AC pari a 8.250 kWn; il lotto di impianto BUILLI 1 è di potenza elettrica DC pari a 6.699 kWp e potenza AC pari a 6.000 kWn.

La potenza elettrica DC complessiva è pari a 16.564,8 kWp mentre la potenza elettrica AC complessiva è pari a 14.250 kWn.

Proponente dell'impianto Agrovoltaiico "Builli" è la società LECCE 2 PV S.R.L., con sede in Via Durini n. 9, 20122 Milano.

## 2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'impianto fotovoltaico prevede i seguenti elementi strutturali con funzione portante:

Lotto di impianto Builli 1:

- n.385 tracker (1v30) dei pannelli fotovoltaici ad inseguimento solare con asse di rotazione N-S;
- n. 7 cabine prefabbricate con vasca di fondazione anche essa prefabbricata da ubicare all'interno della proprietà secondo le posizioni indicate nell'elaborato planimetria di impianto;

Lotto di impianto Builli 2:

- n.567 tracker (1v30) dei pannelli fotovoltaici ad inseguimento solare con asse di rotazione N-S;
- n. 11 cabine prefabbricate con vasca di fondazione anche essa prefabbricata da ubicare all'interno della proprietà secondo le posizioni indicate nell'elaborato planimetria di impianto;

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 è soggetta a deposito dei calcoli in c.a. né a calcolo statico.

Le strutture di sostegno 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.

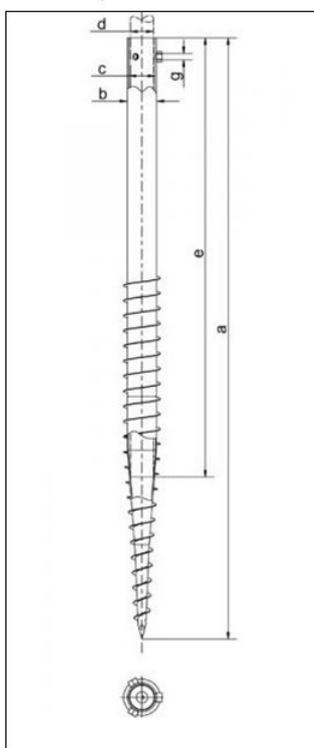


Fig . 2

### 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

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

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 Galatina 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:

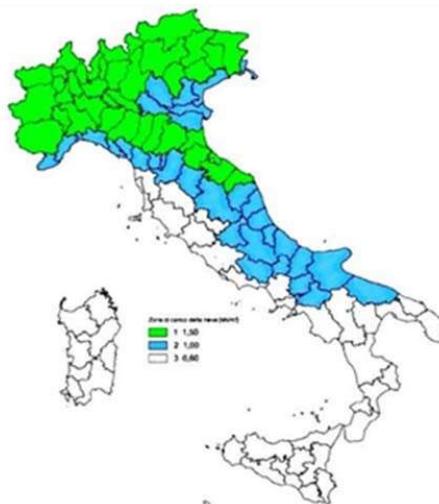
- ✓ coefficiente di esposizione: In mancanza di analisi specifiche, la categoria di esposizione è assegnata in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno nelle fasce entro i 40 km dalla costa delle zone 1, 2, 3, 4, 5 e 6, la categoria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

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

### 3.3 AZIONE DELLE NEVE

Per l'azione della neve sono state prese in considerazione quelle delle NTC 2018 ossia il comune di Nardò si colloca in zona 3

<b>Zona III</b> 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	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481^2)] \text{ kN/m}^2$ $a_s > 200 \text{ m}$
--	---



## 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

### 4.1 Caratteristiche geologiche e geotecniche

Di seguito si estrapolano i dati riportati nella relazione geologica del dott. Geologo Dario Fischetto. L'area oggetto di studio ubicata nel comune di Nardò (LE) ad una quota compresa tra i 35 e i 50 mt s.l.m.m., è caratterizzata da una morfologia decisamente pianeggiante, con escursioni altimetriche estremamente modeste intorno al 1,5%.

L'area oggetto di interesse progettuale, al di sotto di una più o meno spessa copertura di terreno vegetale alterato, è caratterizzata dalla presenza in affioramento:

- ❖ dei "depositi calcarenitici" nella parte a sud dell'area, formazione costituita dall'alternanza di livelli sabbiosi e di calcare organogeno a grado di cementazione variabile, tuttavia, a luoghi, dove il substrato calcareo risulta dislocato a maggiore profondità nel sottosuolo, alle calcareniti si sovrappone gradualmente, seppur con spessori esigui, una successione di

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

depositi sabbioso- limoso-argillosi,

- ❖ componente arenatica nella restante parte ad a nord-est,

#### 4.2 Caratterizzazione sismica del sito

Il Dott. Fischetto ha effettuato indagini sul sito di impianto (una prova) e lungo lo sviluppo dell'elettrorodotto (due prove) ; complessivamente sono state effettuate tre (fig. A) prove sismiche tramite la metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor) e MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Dall'analisi sismica in sito di cui sopra è stato ricavato un valore della velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$ , sulla base della quale è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come segue:

**Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo**

$V_{S,eq}$ (m/s)	Descrizione	Stima categoria sottosuolo
<b>382,00</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	<b>B</b>

**Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo**

$V_{S,eq}$ (m/s)	Descrizione	Stima categoria sottosuolo
<b>1.190</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.	<b>A</b>

**Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo**

$V_{S,eq}$ (m/s)	Descrizione	Stima categoria sottosuolo
<b>1.033</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.	<b>A</b>

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III - NTC- 2018):

**Tabella 3.2.III – Categorie topografiche**

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
-----------	--

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Come osservato dal Dott. Fischetto trovandoci in condizioni superficiali semplici sula base di quanto sopra esposto, è possibile classificare le condizioni topografiche dell'area indagata come rientranti nella categoria **T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

I paramatri sismici v 1.5 associati a ciascun stato limite secondo le NTC 2018 e la Circolare Ministeriale n. 7 del 21.01.2019, sono:

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

PARAMETRO		VALORE
		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)		B ( $V_{s,eq} = 416,00$ m/s)

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE)</b> <b>Calcoli Preliminari Strutture</b>	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

Tab. 3.2.II)		
Categoria topografica (§ 3.2.2 NTC-2018 Tab. 3.2.III)		T1
Periodo di riferimento per l'azione sismica (§ 2.4.3 NTC-2018 Tab. 2.4.II)		$V_R = V_N \square C_U = 50$ anni
Classificazione sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03 come recepita dalla Regione Puglia con DGR n. 153 del 02.03.2004) come da figura di seguito riportata		Comune di Nardò (LE) – ZONA 4

**PARAMETRI SISMICI:**

<b>STATO LIMITE</b>	<b>Probabilità di superamento (%)</b>	<b>T<sub>R</sub> [anni]</b>	<b>a<sub>g</sub> [g]</b>	<b>F<sub>0</sub> [-]</b>	<b>T<sub>c</sub><sup>*</sup> [s]</b>
<b>SLO</b>	81	30	0,014	2,412	0,157
<b>SLD</b>	63	50	0,019	2,405	0,208
<b>SLV</b>	10	475	0,052	2,385	0,489
<b>SLC</b>	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<sub>R</sub> = Tempo di ritorno – a<sub>g</sub> = accelerazione orizzontale massima del terreno – F<sub>0</sub> = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale – T<sub>c</sub><sup>°</sup> = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

**COEFFICIENTI SISMICI:**

<b>STATO LIMITE</b>	<b>S<sub>s</sub> [-]</b>	<b>C<sub>c</sub> [-]</b>	<b>S<sub>T</sub> [-]</b>	<b>Kh [-]</b>	<b>Kv [-]</b>	<b>Amax [m/s<sup>2</sup>]</b>	<b>Beta [-]</b>
<b>SLO</b>	1,200	1,590	1,000	0,003	0,002	0,166	0,200
<b>SLD</b>	1,200	1,510	1,000	0,005	0,002	0,222	0,200
<b>SLV</b>	1,200	1,270	1,000	0,013	0,006	0,615	0,200
<b>SLC</b>	1,200	1,240	1,000	0,016	0,008	0,800	0,200

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BULLI" – NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

S<sub>s</sub> = coefficiente di amplificazione stratigrafica - S<sub>T</sub> = coefficiente di amplificazione topografica - C<sub>C</sub> = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo - K<sub>h</sub> = Coefficiente sismico orizzontale - K<sub>v</sub> = Coefficiente sismico verticale - A<sub>max</sub> = Accelerazione orizzontale massima attesa - Beta = Coefficiente di riduzione per A<sub>max</sub>.

### 4.3 Caratteristiche geotecniche del sito

L'area di interesse, al di sotto di una più o meno spessa copertura di terreno vegetale alterato, è caratterizzata dalla presenza in affioramento di "depositi calcarenitici", formazione costituita dall'alternanza di livelli sabbiosi e di calcare organogeno a grado di cementazione variabile caratterizzato dai seguenti parametri geotecnici:

Sito 1

Parametri geotecnici*	Strato n. 1	Strato n. 2
Profondità da p.c.	0,00 ÷ 3,50 mt	3,50 ÷ 15,00 mt
Litologia	Unità a prevalente componente arenitica	Unità a prevalente componente calcarea mediamente fratturata
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1800.00	1800.00
V <sub>p</sub> [m/s]	467.76	1608.87
V <sub>s</sub> [m/s]	224.70	772.88
G <sub>0</sub> [MPa]	90.89	1075.21
Ed [Mpa]	393.84	4659.23
M <sub>0</sub> [MPa]	302.95	3584.02
E <sub>y</sub> [Mpa]	245.39	2903.06
Ø [°]	28	32
Cu [Mpa]	0,05	0,15
Categoria sismica	B (V <sub>s,eq</sub> = 382)	
Falda (mt dal p.c.)	> 30	

\* G<sub>0</sub>: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M<sub>0</sub>: Modulo di compressibilità volumetrica; E<sub>y</sub>: Modulo di Young; Ø: Angolo di attrito; Cu: Coesione

## 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

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

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 ma 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.

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

#### 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/mm<sup>2</sup>;
- ✓ da una tensione di snervamento non inferiore a 450 N/mm<sup>2</sup> 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/mm<sup>2</sup>;
- ✓ da una tensione di snervamento non inferiore a 450 N/mm<sup>2</sup> 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

La cabina prefabbricata in cemento armato vibrato, realizzata con struttura monolitica autoportante, dovrà essere conforme alla normativa CEI 0-16.

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)

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUIILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	--	-------------------

- ✓ 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/cm<sup>2</sup> 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

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

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 ad olio compreso;
  - 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 altra 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.

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 DI SOSTEGNO

### 6.1 Azione del vento

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BULLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	--	-------------------

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.

<b>a<sub>s</sub></b> (altitudine sul livello del mare della costruzione):	150	[m]
<b>Distanza dalla costa</b>	21	[km]
<b>T<sub>R</sub></b> (Tempo di ritorno):	50	[anni]
<b>Categoria di esposizione</b>	II	

La velocità di riferimento del vento ricavata dalla NTA

Zona	v <sub>b,0</sub> [m/s]	a <sub>0</sub> [m]	k <sub>s</sub>	C <sub>a</sub>
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<sub>b</sub> (velocità base di riferimento) 27,00 m/s**

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

C<sub>r</sub> coefficiente di ritorno 1,00

**v<sub>r</sub> (velocità di riferimento) 27,02 m/s**

q<sub>r</sub> (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<sub>r</sub> 456,29 [N/m<sup>2</sup>]**

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

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

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

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

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

**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 <sup>2</sup> ]	$c_d$	$c_t$	$c_e$	$c_p$	$P$ [kN/m <sup>2</sup> ]
(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 :

$$q_{tan} \mathbf{8,22[N/m^2]}$$

## 6. Verifica a ribaltamento

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse dell'oggetto di modellazione e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi.

Pertanto, come dato per il calcolo dell'azione del vento si considera una pressione  $P$  nella

condizione più sfavorevole, ortogonale alla struttura:

Altitudine:  $a_s = 100$  m s.l.m.

Distanza dalla costa: terra - entro 10 Km

Classe di rugosità terreno: D

Altezza manufatto:  $h = 2.00$  m

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

Periodo di ritorno:  $T_R = 50.0$  anni =>

$$T_R = 0.75 \{1 - 0.2 \ln[-\ln(1 - 1/T_R)]\}^{0.5} = 1.00$$

Velocità di riferimento del vento:  $V_b = V_{b,0}$  per  $a_s \leq a_0$

$$V_b = V_{b,0} + K_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_s > a_0$$

$$V_b = 27.000 \text{ m/s}$$

$$V_b(T_R) = {}_R V_b = 27.020 \text{ m/s}$$

Coefficiente dinamico:  $C_d = 1.00$

Coefficiente di forma:  $C_p = 0.80$

Coefficiente di attrito:  $C_f = 0.01$

Coefficiente di topografia:  $C_t = 1.00$

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

Coefficiente di esposizione:  $C_e(z) = K^2 C_t \ln(z/z_0) [7 + C_t \ln(z/z_0)]$  per  $z \geq Z_{min}$

$C_e(z) = C_e(Z_{min})$  per  $z < Z_{min}$

$C_e(z) = 1.80$

Le azioni del vento si traducono in pressioni (positive) e depressioni (negative) agenti normalmente alla superficie degli elementi che compongono la costruzione. La pressione agente su un singolo elemento è data dall'espressione:

$$p = q_b C_e C_p C_d =$$

657,07 Pa dove,

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 \quad \text{è la pressione cinetica di riferimento;}$$

$$\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{è la densità dell'aria.}$$

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è:

$$p_f = q_b C_e C_f = 8.22 \text{ Pa}$$

$$P=660,00 \text{ Pa;}$$

Le strutture di sostegno dell'impianto in trazione sono semplicemente infisse pertanto nel calcolo delle azioni resistenti al ribaltamento si considera solo la azione "T" dovuta all'attrito tra il terreno e il palo infisso.

- Per terreni coesivi  $T = A\alpha C_u$

Dove

A: Area di contatto del montante

$\alpha$ : Fattore di adesione, uguale a  $\alpha = 0,9 - 0,0625 C_u$  se  $C_u < 0,8 \text{ Kg/cm}^2$

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

$C_u$ : Coesione non drenata del terreno

- $F = A_2 Q_v$

Dove

$A_2$ : Area pannelli fotovoltaici riferita ad un singolo montante

$Q_v$ : Forza del vento distribuita su un metro quadro  
 $T = (4 \times 10 \times 150) \times (0,9 - 0,0625 \times 0,3) \times 0,3 =$

$$T = 6000 \times 0,88125 \times 0,3 = 1586,25 \text{ Kg}$$

$$F = 2.1 \times 10 \times 70 = 1470 \text{ Kg}$$

Pertanto si consideri la Forza T, che espressa in Newton è pari a:

$$T = 1586,25 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = \mathbf{15.545,25 \text{ N}}$$

### Per la verifica al ribaltamento

la pressione indicata in Pascal, viene convertita in N, considerando una fascia di lunghezza unitaria per la larghezza della struttura. Pertanto:

$$F = 657,07 \text{ Pa} \times (6,055 \text{ m} \times 1 \text{ m}) = 3979,23 \text{ N};$$

Tale forza F, viene applicata al centro della struttura. Al fine della verifica da ribaltamento, si considererà la forza F:

$$F_p = F = 3979,23 \text{ N}$$

Considerando i coefficienti moltiplicativi indicati nelle tabelle delle NTC per le verifiche a ribaltamento

SLU, il valore per il coefficiente moltiplicativo EQU, per le azioni permanenti sfavorevoli è pari a 1,1. Il valore del coefficiente moltiplicativo EQU, per le azioni favorevoli è invece pari a 0,9.

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "BUILLI" –NARDO'(LE) Calcoli Preliminari Strutture	LECCE 2 PV S.R.L.
--	---	-------------------

Quindi si eseguono i calcoli nella condizione più sfavorevole con il pannello inclinato a 60° rispetto l'orizzontale:

$$M_d = F_p * b * EQU = 3979,23 \text{ N} * 0,50 \text{ m} * 1,1 = 2.188 \text{ Nm};$$

Dove b è il centro dell'applicazione della forza del vento  $F_p$ .

Il Momento resistente  $M_R$  (con la forza del vento applicate su un metro quadrato al centro del pannello) sarà dato da :

$$M_R = (T * b_1) * EQU = (15545,25 \text{ N} * 0.65 \text{ m}) * 0,9 = 9.093 \text{ Nm};$$

Pertanto si ha che :

$$M_R \gg M_d$$

Quindi la verifica a ribaltamento risulta ampiamente soddisfatta.

- Per terreni coesivi  $T = A_1 \alpha C_u$

Dove

A: Area laterale del montante

$\alpha$ : Fattore di adesione, uguale a  $\alpha = 0,9 - 0,0625 C_u$  se  $C_u < 0,8 \text{ Kg/cm}^2$

$C_u$ : Coesione non drenata del terreno

- $F = A_2 Q_v$

Dove

$A_2$ : Area pannello fotovoltaico che corrisponde ad un singolo montante

$Q_v$ : Forza del vento distribuita su un metro quadro

