



REGIONE EMILIA ROMAGNA  
COMUNI DI ARGENTA (FE) E PORTOMAGGIORE (FE)

PROGETTO

Impianto Fotovoltaico "Lugo" da 23 MW con sezione dedicata  
a Tecnologia Agrivoltaica Avanzata e Opere Connesse

Comuni di Argenta (FE) e Portomaggiore (FE)

TITOLO

**Rel. 02 - Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi**

PROPONENTE



ENGIE ELICEO S.r.l.

Sede legale e Amministrativa:

Via Chiese 72

20126 Milano (MI)

PEC: [engieeliceo@pec.engie.com](mailto:engieeliceo@pec.engie.com)

PROGETTISTA



SCM ingegneria S.r.l.

Via Carlo del Croix, 55

Tel.: +39 0831-728955

72022 Latiano (BR)

Mail: [info@scmingegneria.com](mailto:info@scmingegneria.com)

Dott. Ing. Daniele Cavallo



Sezione: A  
Settore: Civile - Ambientale  
Industria  
Informazione

*Stefano Scazzola*

STEFANO SCAZZOLA

12.03.2025 10:29:30 GMT+01:00

Scala	Formato Stampa	Cod.Elaborato	Rev.	Nome File	Foglio
	A4	REL02	00	REL02-Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi	1 di 52

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	15/01/2025	Progetto definitivo impianto fotovoltaico e opere connesse	L. Maculan	D. Cavallo	D. Cavallo

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	4
2	OGGETTO E SCOPO .....	5
3	GENERALITA' .....	6
3.1	IL PROPONENTE .....	6
3.2	SCHEDA PROGETTO .....	6
3.3	UBICAZIONE INTERVENTO.....	7
3.4	DESTINAZIONE D'USO .....	7
3.5	DATI CATASTALI .....	7
3.6	CONNESSIONE.....	7
4	LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO .....	9
5	DESCRIZIONE GENERALE.....	11
6	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	13
7	COMPONENTI ELETTROMECCANICHE .....	15
7.1	MODULI FOTOVOLTAICI .....	15
7.2	STRUTTURE DI SUPPORTO .....	16
7.2.1	Considerazioni ecologiche.....	20
7.2.2	Altezza ottimale .....	20
7.2.3	Montaggio rapido.....	20
7.2.4	Massima durata.....	20
7.3	COLLEGAMENTO DEI MODULI FOTOVOLTAICI.....	20
7.4	GRUPPO DI CONVERSIONE CC/CA (STRING INVERTERS) .....	20
7.5	CABINE DI TRASFORMAZIONE.....	22
7.5.1	Trasformatore Elevatore.....	25
7.5.2	Quadro 36 kV .....	25
7.5.3	Compartimento BT.....	26
7.6	CABINE SERVIZI AUSILIARI .....	26
7.7	MAGAZZINO E SALA CONTROLLO.....	27
7.8	CAVI.....	28
7.8.1	Cavi solari di stringa.....	28
7.8.2	Cavi BT .....	29
7.8.3	Cavi Dati.....	30
7.8.4	Cavi 36 kV .....	30
7.9	RETE DI TERRA .....	32
7.10	MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA .....	32
7.10.1	Protezione contro il corto circuito.....	32

7.10.2	Misure di protezione contro i contatti diretti .....	32
7.10.3	Misure di protezione contro i contatti indiretti.....	33
7.10.4	Misure di protezione dalle scariche atmosferiche.....	33
7.10.5	Trasformatori in olio.....	33
7.11	MISURA DELL'ENERGIA.....	33
7.12	SISTEMI AUSILIARI.....	34
7.12.1	Sistema di sicurezza e sorveglianza .....	34
7.12.2	Sistema di monitoraggio e controllo .....	34
7.12.3	Sistema di illuminazione e forza motrice .....	35
7.13	CONNESSIONE ALLA RTN .....	35
7.13.1	Cabina Utente 36 kV .....	35
7.13.2	Collegamento alla Stazione RTN.....	39
8	OPERE CIVILI.....	40
8.1	RECINZIONE .....	40
8.2	VIABILITÀ INTERNA .....	41
8.3	MITIGAZIONE PERIMETRALE.....	42
8.4	CAVIDOTTI .....	45
8.4.1	Pozzetti.....	46
8.4.2	Pozzetti realizzati in opera.....	46
8.4.3	Pozzetti prefabbricati .....	47
8.4.4	Chiusini e griglie per pozzetti .....	47
8.5	SISTEMA DI REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE .....	47
8.6	FONDAZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO .....	47
8.6.1	Requisiti dei materiali da impiegare, contenuto d'acqua .....	47
8.6.2	Leganti .....	48
8.6.3	Inerti.....	48
8.6.4	Classe di resistenza a compressione dei calcestruzzi .....	48
8.6.5	Modalità esecutive dei getti di cls.....	50
8.6.6	Benestare ai getti.....	50
8.6.7	Acciaio per cemento armato .....	51
8.7	TRATTAMENTO DEL SUOLO .....	51
8.8	TRASPORTO DI MATERIALI.....	52
8.9	USO DI RISORSE .....	52

## 1 INTRODUZIONE

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico, denominato “LUGO”, con sezione agrivoltaica avanzata, proposto dalla società Engie Eliceo Srl (di seguito “la società”). L’iniziativa consiste nella realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare che interessa un’area agricola situata nel comune di Argenta, con connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale nel comune di Portomaggiore (FE).

L’adozione di fonti rinnovabili, come il fotovoltaico, rappresenta una scelta strategica per ridurre significativamente le emissioni di inquinanti in atmosfera, causate dai tradizionali processi di produzione energetica basati sui combustibili fossili. Questo impianto consentirà di evitare l’emissione di circa 16.000 tonnellate di CO<sub>2</sub> all’anno, apportando benefici ambientali rilevanti sia in termini di riduzione dell’inquinamento che di risparmio di combustibili fossili.

Il progetto riveste una rilevanza strategica a livello nazionale, contribuendo al raggiungimento degli obiettivi fissati dall’Italia nel Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima (PNIEC).

L’impianto sarà costituito da pannelli fotovoltaici ad alto rendimento che permetteranno di ottenere una produzione annua netta stimata di energia elettrica di circa 36,23 GWh/anno, pari al consumo medio annuo di energia elettrica di 14.500 famiglie.

Le aree destinate alla realizzazione dell’impianto sono classificate come aree idonee in conformità a quanto stabilito dal D. Lgs 199 del 2021, art. 20, comma 8, lett. c-ter), punto 2. Questa classificazione è stata attribuita grazie alla loro posizione, interamente compresa all’interno di un buffer di 500 metri da un impianto industriale o stabilimento, quest’ultimo come definito dall’articolo 268, comma 1, lettera h), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Nello specifico, le aree dell’impianto LUGO sono interamente comprese nel buffer di 500 m di distanza da un impianto biogas e da uno stabilimento industriale, come dettagliato nella relazione dedicata facente parte del presente progetto (Rel25\_Relazione sulle Aree idonee indicate dal D.Lgs. 199\_2021).

Il territorio è caratterizzato da una morfologia pressoché pianeggiante e in relazione all’uso agricolo del suolo, come classificato della Regione Emilia-Romagna, le aree d’impianto vengono identificate come seminativi semplici irrigui. Tali superfici, successivamente la realizzazione dell’intervento, manterranno lo stato ante-operam e verranno gestite come un’attività agricola.

Su una parte di tale area è presente una coltivazione di tipo biologico pertanto, la società ha previsto di realizzare su tale porzione, un impianto agrivoltaico avanzato, che consentirà la convivenza della produzione di energia con il mantenimento dell’indirizzo culturale esistente.

Questo approccio multifunzionale assicurerà un equilibrio tra esigenze energetiche e valorizzazione del territorio agricolo.

Nel dettaglio, il progetto prevede l’adozione di due tecnologie distinte:

- “Area 1”, “Area 2”, “Area 3” e “Area 4”: impianto con sistema a inseguimento monoassiale (tracker) in configurazione “Standard”, ottimizzati per la produzione energetica.
- “Area 5”: un sistema a inseguimento monoassiale sopraelevato (agrivoltaico avanzato), progettato per far coesistere, in modo ottimale, l’attività agricola e la generazione di energia elettrica. Questa soluzione, che sarà conforme alle “Linee Guida sugli Impianti Agrivoltaici elaborate dal MiTE” e alla norma CEI PAS 82-93, ha come obiettivo il normale svolgimento dell’attività agricola in sinergia con la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica.

L'impianto avrà una potenza installata di picco pari a 23.010 kWp per una potenza di 22.200 kW in immissione: la relativa energia prodotta verrà immessa sulla rete RTN in alta tensione.

La superficie catastale complessiva interessata dal progetto è pari a 31 ettari, dei quali circa 20 ettari recintati riservati all'impianto fotovoltaico, circa 6 ettari destinati all'impianto agrivoltaico avanzato (“Area 5”) e circa 2 ettari per schermatura e fascia di mitigazione. Il territorio è caratterizzato da una morfologia pressoché pianeggiante, avente una quota di circa 8 m s.l.m.

## 2 OGGETTO E SCOPO

Ai sensi dell'art. 30 del DPR 207/2010, il disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici del progetto definitivo *“precisa tutti i contenuti prestazionali degli elementi previsti nel progetto. Il disciplinare contiene inoltre la descrizione, anche sotto il profilo estetico, delle caratteristiche, della forma e delle principali dimensioni dell'intervento, dei materiali e dei componenti previsti nel progetto”*.

### 3 GENERALITA'

#### 3.1 IL PROPONENTE

Nella tabella seguente vengono riportati i riferimenti societari del soggetto proponente:

SOCIETA' PROPONENTE	
Denominazione	ENGIE ELICEO S.R.L.
Indirizzo sede legale	Via Chiese 72 – 20126 Milano (MI)
Codice Fiscale/Partita IVA	13539980964
Capitale Sociale	10.000,00
PEC	<a href="mailto:engieeliceo@pec.engie.com">engieeliceo@pec.engie.com</a>

*Tabella 3-1 – Informazioni principali della Società Proponente*

#### 3.2 SCHEDA PROGETTO

Nella tabella seguente vengono riportati i dati di sintesi dell'iniziativa:

Ubicazione impianto	Comune di Argenta (FE)
Potenza di Picco (kWp)	23.010 kWp
Potenza Nominale (kW)	23.010 kWp
Potenza massima in immissione	22.200 kW
Informazioni generali del sito	Sito pianeggiante ben raggiungibile da strade comunali
Tipo di strutture di sostegno “Area 1”, “Area 2”, “Area 3” e “Area 4”	Inseguitore monoassiale “standard”
Tipo di strutture di sostegno “Area 5”	Inseguitore monoassiale “avanzato”
Coordinate impianto Area 01	Latitudine 44°38'55.90"N Longitudine 11°53'2.04"E
Coordinate impianto Area 02	Latitudine 44°38'53.83"N Longitudine 11°53'3.43"E
Coordinate impianto Area 03	Latitudine 44°38'51.17"N Longitudine 11°51'34.17"E
Coordinate impianto Area 04	Latitudine 44°38'47.11"N Longitudine 11°51'31.26"E
Coordinate impianto Area 05	Latitudine 44°38'41.42"N Longitudine 11°51'22.60"E
Coordinate cabina utente 36 kV	Latitudine 44°38'45.06"N Longitudine 11°51'36.30"E
Ubicazione cavidotto di connessione	Comuni di Argenta a Portomaggiore (FE)
Lunghezza cavidotto di connessione	2925 m
Ubicazione punto di connessione	Comune di Portomaggiore (FE)
Coordinate punto di connessione	Latitudine 44°39'16.89"N Longitudine 11°51'8.51 E

*Tabella 3-2 – Dati di impianto*

### 3.3 UBICAZIONE INTERVENTO

L'impianto e parte del relativo cavidotto di connessione a 36 kV saranno realizzati nel comune di Argenta (FE).

La restante parte del cavidotto a 36 kV e le opere di connessione saranno invece realizzate nel comune di Portomaggiore (FE).

### 3.4 DESTINAZIONE D'USO

L'area oggetto dell'intervento ha una destinazione d'uso agricolo.

### 3.5 DATI CATASTALI

I terreni interessati dall'area di impianto sono censiti al catasto terreni del comune di Argenta (FE) come segue:

- “Area 01”: FG 75 particelle 399, 400, 401, 402;
- “Area 02”: FG 75 particella 664;
- “Area 03”: FG 73 particella 20;
- “Area 04”: FG 73 particelle 21, 22;
- “Area 05”: FG 73 particella 64.

La cabina utente a 36 kV, che raccoglie l'energia prodotta dall'impianto e consente il collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale, sarà realizzata all'interno della sopracitata “Area 04”.

Il terreno interessato dalla realizzazione della stazione “SE RTN 380/132/36 kV” denominata “Portomaggiore”, autorizzata con D.D. n.DET-AMB\_2024-3386 del 14/06/2024, di connessione alla RTN dell'impianto è censito al catasto terreni del comune di Portomaggiore (FE) come segue:

- Stazione “Portomaggiore”: FG 157 particella 23.

I terreni interessati dalla realizzazione dell'impianto e dalla stazione “Portomaggiore” sono di proprietà privata; il cavidotto AT a 36 kV di interconnessione delle cinque aree di impianto, come il cavidotto AT a 36 kV di connessione dell'impianto, interessano, oltre alle proprietà private, anche la pubblica viabilità.

### 3.6 CONNESSIONE

La Società Engie Eliceo S.r.l ha presentato a Terna S.p.A. (“il Gestore”) la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 22,2 MW. Alla richiesta è stato assegnato Codice Pratica 202203621.

In data 26 Agosto 2024, il gestore ha trasmesso la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG).

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV “Ferrara Focomorto – Ravenna Canala” e alla linea RTN a 132 kV “Portomaggiore – Bando”.

Si fa presente che la nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV “Portomaggiore” è già stata autorizzata con D.D. n.DET-AMB\_2024-3386 del 14/06/2024.

La cabina utente 36 kV e l'elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento dell'impianto alla stazione RTN Portomaggiore costituiscono impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.



## 4 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

L’area presa in considerazione nel presente progetto ricade amministrativamente all’interno del Comune di Argenta (FE), occupando diversi di terreno adiacenti per un’area complessiva recintata di circa 26 ettari.

L’area interessata dal progetto è facilmente raggiungibili grazie ad una fitta rete di strade di vario ordine presenti in zona.



Figura 4-1 – Inquadramento regionale

L’impianto presenta le seguenti coordinate GPS (per maggiori dettagli si vede la precedente Tabella 3-2):

- Latitudine 44°38'45.06"N; Longitudine 11°51'36.30"E
- Altimetria media risulta essere circa 8 m s.l.m..

Per quanto riguarda invece le opere di connessione, site nel comune di Portomaggiore (FE), le coordinate risultano essere le seguenti:

- Latitudine 44°65'10.10"; Longitudine 11°85'15.21"E
- Altimetria media risulta essere circa 8 m s.l.m..

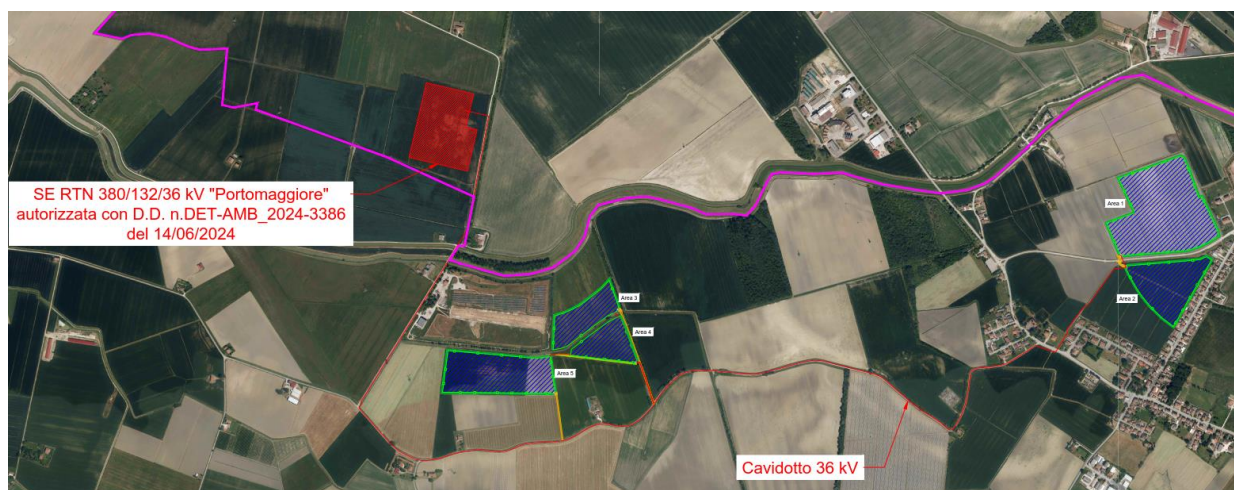


Figura 4-2 – Area impianto su ortofoto

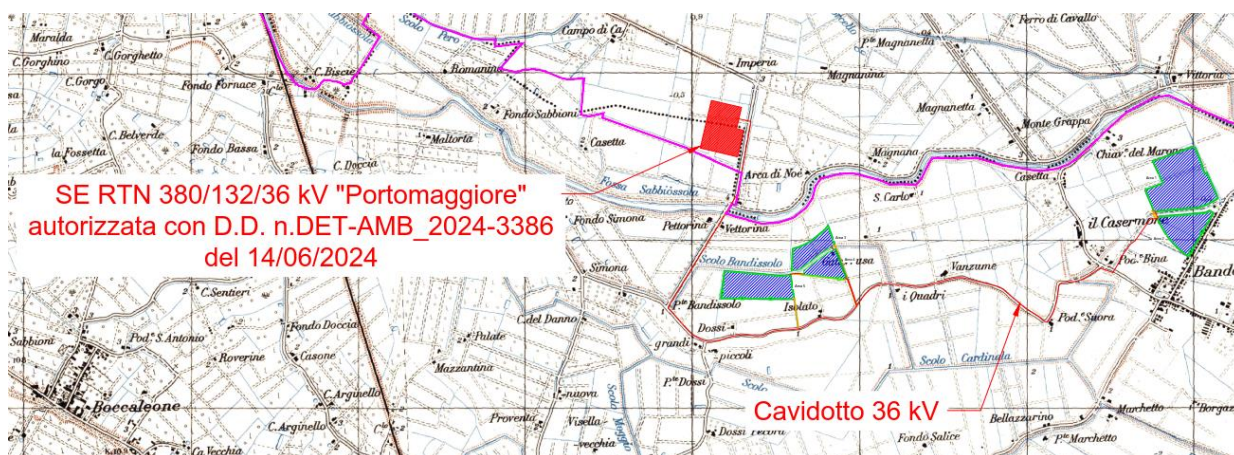


Figura 4-3 – Area impianto su IGM 1:25000

## 5 DESCRIZIONE GENERALE

La realizzazione dell’impianto prevede l’installazione di 30.680 moduli fotovoltaici per ottenere una potenza installabile di 23.010 kWp con una superficie totale occupata dai moduli pari a 95.303 m<sup>2</sup>, così suddivisi:

AREA	SOTTOAREA	N° MODULI	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
AREA 01	1	4004	12437,83
	2	8632	26814,03
AREA 02	3	5200	16153,03
AREA 03	4	3328	10337,94
AREA 04	5	2730	8480,34
AREA 05	6	6786	21.079,70

*Tabella 5-1 – Superficie moduli*

I moduli fotovoltaici saranno installati su tracker mono-assiali disposti lungo l'asse geografico nord-sud come da tavole di progetto.

L'intervento non comporta trasformazioni del territorio e la morfologia dei luoghi rimarrà inalterata.

Non verranno effettuati scavi o livellamenti superficiali, e l’area di impianto non sarà soggetta a nessuno scotico superficiale, in modo da preservare le caratteristiche agronomiche dell’area.

Nell’ambito del progetto è stata eseguita un’attenta valutazione della gestione delle terre e rocce da scavo prodotte, prevedendo di riutilizzare in situ la quasi totalità dei volumi provenienti dagli scavi delle aree dell’impianto fotovoltaico e dalla cabina utente, che costituiscono la frazione volumetrica maggiore derivante dalle operazioni di scavo per la realizzazione dell’opera.

Per quanto concerne le modalità di gestione dei volumi in esubero derivanti dalla realizzazione delle dorsali lungo le strade, il materiale escavato provenendo da massicciate stradali (gli scavi avranno una profondità di circa 1,2 m) non potrà essere idoneo ad opere di ripristino all’interno delle aree dell’impianto fotovoltaico dove dovrà essere mantenuta la capacità agricola del terreno. Nell’impossibilità, pertanto, di prevedere un riutilizzo in sito di tali quantitativi, si è ipotizzata una gestione di tali quantitativi come rifiuti da destinare a recupero/smaltimento.

Le aree interessate dall’intervento sono idonee all’installazione dei tracker e la caratterizzazione delle pendenze delle aree riporta valori compatibili con le tolleranze ammesse dall’installazione delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici, per definire una ottimale posizione dei moduli minimizzando i movimenti di terreno.

Le condizioni morfologiche garantiscono una totale esposizione dei moduli ai raggi solari durante le ore del giorno e queste costituiscono le premesse della progettazione definitiva per ottenere la migliore producibilità nell'arco dell'anno.

Non sono interessati corpi idrici pubblici e non saranno modificate le eventuali linee di impluvio dei corsi d’acqua episodici che insistono all’interno delle aree.

Durante la costruzione e l’esercizio sarà previsto l’utilizzo della sola risorsa suolo legata



all'occupazione di superficie.

La superficie sottratta interessa suoli attualmente destinati a seminativi/pascoli a bassa valenza ecologica. Le superfici sottratte saranno quelle strettamente necessarie alle opere di gestione e manutenzione dell'impianto.

Non è previsto lo stoccaggio, il trasporto, l'utilizzo, la movimentazione o la produzione di sostanze e materiali nocivi. La realizzazione e la gestione dell'impianto fotovoltaico non richiedono né generano sostanze nocive. È prevista la produzione di rifiuti solo durante la fase di cantiere, molti dei quali potranno essere avviati a riutilizzo/riciclaggio. Durante la fase di esercizio la produzione di rifiuti è legata alle sole operazioni di manutenzione dell'impianto.

In fase di dismissione le componenti dell'impianto verranno avviate principalmente a centri di recupero e riciclo altamente specializzati e certificati.

L'adozione per il campo fotovoltaico del sistema di fondazioni costituito da pali in acciaio infissi al suolo azzerà la produzione di rifiuti connessi a questa fase.

In ogni caso i rifiuti, prodotti principalmente durante la fase di cantiere, saranno gestiti secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

L'impianto fotovoltaico è privo di scarichi sul suolo e nelle acque, pertanto, non sussistono rischi di contaminazione del terreno e delle acque superficiali e profonde.

La regolarità del layout, oltre a dare un'immagine ordinata dell'insieme, consente rapidità di montaggio in fase di cantiere. I moduli fotovoltaici verranno installati su supporti metallici dimensionati secondo le normative vigenti in materia.

## 6 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Durante la fase di cantiere si eseguiranno le seguenti operazioni:

- movimentazioni di terra per la realizzazione delle fondazioni per la cabina utente, per l'edificio magazzino e sala controllo, per le differenti cabine dell'impianto, tutte della tipologia Skid outdoor, dei cavidotti BT e 36 kV interni e del cavidotto per la linea 36 kV di connessione alla RTN
- esecuzione delle opere civili ed impiantistiche.

Nella realizzazione dei campi fotovoltaici si procederà alla compattazione in sito delle sole superfici adiacenti le cabine elettriche ospitanti quadri, inverter e trasformatori, lasciando indisturbate le rimanenti aree, in modo da non alterare le caratteristiche esistenti del territorio.

Lungo buona parte del perimetro degli impianti sarà realizzata una fascia a verde con messa a dimora di una siepe e di ulivi a mitigazione e a schermatura visiva in prossimità delle aree esterne.

La realizzazione del sistema di illuminazione e antintrusione perimetrale, che entra in funzione solo in caso di intrusioni o di attività di manutenzione, consiste nell'installazione di lampioni, ogni 50/70 m circa.

Il progetto prevede la realizzazione dei seguenti edifici all'interno della recinzione dell'impianto stesso:

RIF.	DESCRIZIONE EDIFICIO	NR	L <sub>1</sub> [m]	L <sub>2</sub> [m]	H [m] dal p.c.	Vol [m <sup>3</sup> ]
①	Cabina trasformazione	6	6,06	2,44	4,40	390,36
②	Cabina ausiliari	6	3,70	2,70	4,20	251,75
③	Edificio magazzino/sala controllo	1	12,20	2,50	4,40	34,90
④	Cabina Utente 36 kV	1	23,95	5,75	6,10	840,05
						1517,06

*Figura 6-1 – Elenco edifici impianto fotovoltaico*

Le 6 cabine elettriche di trasformazione saranno posate su fondazioni in cemento armato posizionati opportunamente sotto i cabinati. La cabina di raccolta linee 36 kV sarà della tipologia a prefabbricato, con vasca di fondazione in cls prefabbricato dello spessore di 70 cm, per un volume complessivo di cls di circa 5 m<sup>3</sup>.

Le maggiori opere in c.a. dovute alla realizzazione del campo fotovoltaico saranno superficiali e di dimensioni ridotte e saranno facilmente asportabili alla fine del ciclo di vita dell'impianto.

La realizzazione della viabilità interna a carattere agricolo, concepita a servizio delle attività di esercizio e manutenzione dell'impianto fotovoltaico occupa una superficie di circa 8.600 m<sup>2</sup> e sarà realizzata con materiali misto di cava stabilizzato facilmente asportabile a fine vita dell'impianto.

Le superfici occupate saranno quelle strettamente necessarie alla gestione dell'impianto e non pregiudicheranno lo svolgimento delle pratiche agricole che potranno continuare indisturbate sulle aree contigue a quelle interessate dall'intervento. I cavidotti saranno interrati e lì dove

attraversano i campi e le aree esterne alla recinzione dell'impianto avranno profondità non inferiore a 1,2 m dal piano campagna senza pregiudicare l'esecuzione delle arature profonde.

La produzione di rifiuti sarà minima e legata alla sola manutenzione dell'impianto.

Gli eventuali rifiuti prodotti saranno gestiti secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Non si registrano scarichi ed emissioni solide, liquide e gassose di alcun tipo, e quindi contaminazione del suolo, del sottosuolo, dell'aria e delle acque superficiali e profonde.

L'impianto andrà ad insistere su terreni da sempre destinati ad uso agricolo sui quali non si svolgono attività che possano contaminare i terreni.

I volumi di scavo verranno utilizzati interamente in sito per il ripristino della viabilità e delle piazzole di cantiere, il rinterro delle fondazioni superficiali, la riprofilatura dell'intera area di cantiere ed il raccordo con il terreno esistente.

I volumi di terra, prima di essere totalmente riutilizzati per le modalità precedentemente descritte, verranno accantonati localmente nei pressi dell'area d'intervento.

## 7 COMPONENTI ELETTROMECCANICHE

### 7.1 MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli individuati sono della potenza di 750 Wp, essendo al momento la scelta disponibile sul mercato su una proiezione temporale attendibile, con tensione di sistema a 1500 V raccolti in stringhe da 26 moduli con le seguenti caratteristiche tecniche.

Le caratteristiche tecniche del modulo fotovoltaico, tuttavia, potranno cambiare nello stato avanzato della progettazione esecutiva in accordo alle migliori condizioni del mercato.

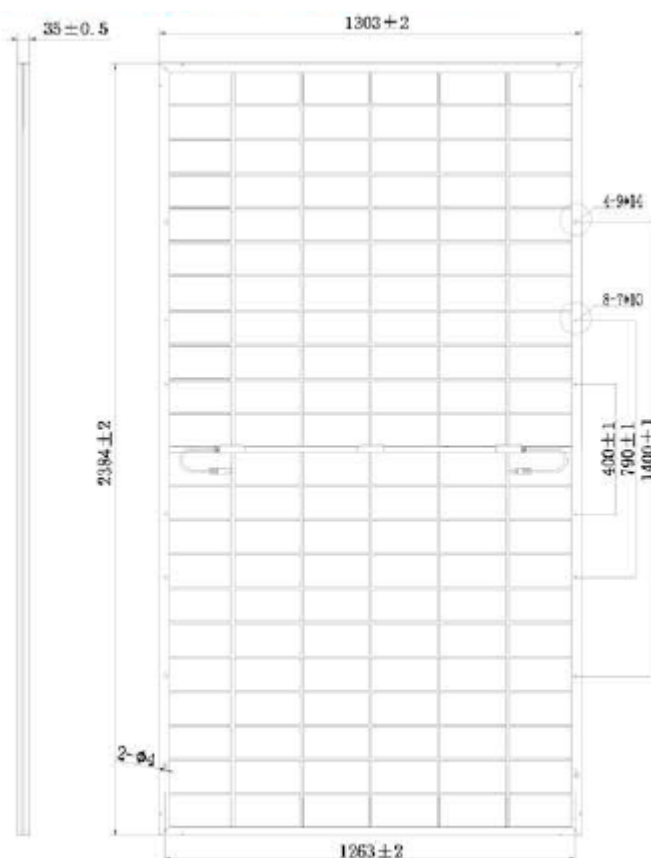


Figura 7-1 – Caratteristiche dimensionali Modulo Fotovoltaico

## ELECTRICAL DATA (STC\*)

Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	730	735	740	745	750
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	42.84	42.98	43.12	43.26	43.40
Maximum Power Current-Impp(A)	17.04	17.10	17.16	17.22	17.28
Open Circuit Voltage-Voc(V)	51.17	51.32	51.47	51.62	51.77
Short Circuit Current-Isc(A)	17.86	17.92	17.98	18.04	18.10
Module Efficiency (%)	23.50	23.66	23.82	23.98	24.14

\*STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, cell temperature 25°C, AM=1.5. Tolerance of Pmax is within +/- 3%.

*Figura 7-2 – Caratteristiche elettriche Modulo Fotovoltaico*

## 7.2 STRUTTURE DI SUPPORTO

L’impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitori di rollio), prevede l’installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti.

Le strutture di supporto sono costituite essenzialmente da tre componenti:

- 1) I pali in acciaio zincato, direttamente infissi nel terreno (nessuna fondazione prevista);
- 2) La struttura porta moduli girevole, montata sulla testa dei pali, composta da profilati in metallo, sulla quale viene posata una fila di moduli fotovoltaici (in totale massimo 52 moduli per struttura disposti su una fila in verticale, considerando la struttura più grande che verrà impiegata sull’impianto);
- 3) L’inseguitore solare monoassiale, necessario per la rotazione della struttura porta moduli. L’inseguitore è costituito essenzialmente da un motore elettrico (controllato da un software), che tramite un attuatore collegato al profilato centrale della struttura di supporto, permette di ruotare la struttura durante la giornata, posizionando i pannelli nell’angolazione ottimale per minimizzare la deviazione dall’ortogonalità dei raggi solari incidenti, massimizzando la produzione di energia elettrica.

Le strutture saranno opportunamente dimensionate per sopportare il peso dei moduli fotovoltaici, considerando il carico da neve e da vento della zona di installazione. La tipologia di struttura prescelta è ottimale per massimizzare la produzione di energia utilizzando i moduli bifacciali.

Sulla base delle considerazioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche, la fondazione su cui poggeranno le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici sarà di tipo ad infissione, costituita da tubolari o omega in acciaio zincato (pali), che saranno infissi direttamente nel terreno mediante l’utilizzo di una macchina specifica. Tale tecnologia è utilizzata nell’ambito dell’ingegneria ambientale e dell’ecoedilizia al fine di non alterare le caratteristiche naturali dell’area soggetta all’intervento. Rispetto alle tradizionali fondazioni in cemento armato tale sistema risulta essere



meno invasivo e permette una maggiore facilità di rimozione al momento della dismissione dell'impianto.

Le fondazioni, oltre ad assicurare le strutture di sostegno al terreno, assumono anche la funzione di zavorra per opporsi all'azione del vento.

La realizzazione di queste opere sarà eseguita in varie fasi:

- Rilievo piano - altimetrico e picchettamento dell'area al fine di individuare le aree di posizionamento dei pali;
- Posizionamento della strumentazione atta a eseguire l'infissione tramite opportuna macchina con sistema a compressione;
- Esecuzione dell'infissione;
- Montaggio delle carpenterie metalliche delle strutture porta moduli.

L'inseguitore solare serve ad ottimizzare la produzione elettrica dell'effetto fotovoltaico (il silicio cristallino risulta molto sensibile al grado di incidenza della luce che ne colpisce la superficie) ed utilizza la tecnica del backtracking, per evitare fenomeni di ombreggiamento a ridosso dell'alba e del tramonto. In pratica nelle prime ore della giornata e prima del tramonto i moduli non sono orientati in posizione ottimale rispetto alla direzione dei raggi solari, ma hanno un'inclinazione minore (tracciamento invertito). Con questa tecnica si ottiene una maggiore produzione energetica dell'impianto fotovoltaico, perché il beneficio associato all'annullamento dell'ombreggiamento è superiore alla mancata produzione dovuta al non perfetto allineamento dei moduli rispetto alla direzione dei raggi solari.

L'algoritmo di backtracking che comanda i motori elettrici consente ai moduli fotovoltaici di seguire automaticamente il movimento del sole durante tutto il giorno, arrivando a catturare il 15-20% in più di irraggiamento solare rispetto ad un sistema con inclinazione fissa.

Come descritto nei precedenti paragrafi saranno adottate due tipologie di strutture di supporto differenti, “standard” per le Aree 01, 02, 03 e 04, sopraelevate per l'Area 05.

Per quanto riguarda l'Area 05, la geometria della struttura di sostegno è stata definita in modo tale da rispettare i requisiti richiesti per un impianto agrivoltaico “integrato innovativo”.

In particolare, l'altezza dei pali di sostegno è stata scelta in modo da avere una minima altezza da terra dei moduli di 2,10 m alla massima inclinazione operativa, come indicato nelle figure seguenti.

La distanza tra file adiacenti di strutture è stata identificata in 5 m, come necessario per consentire un corretto uso agricolo delle aree.

Le caratteristiche principali delle strutture di supporto sono mostrate nelle seguenti figure.

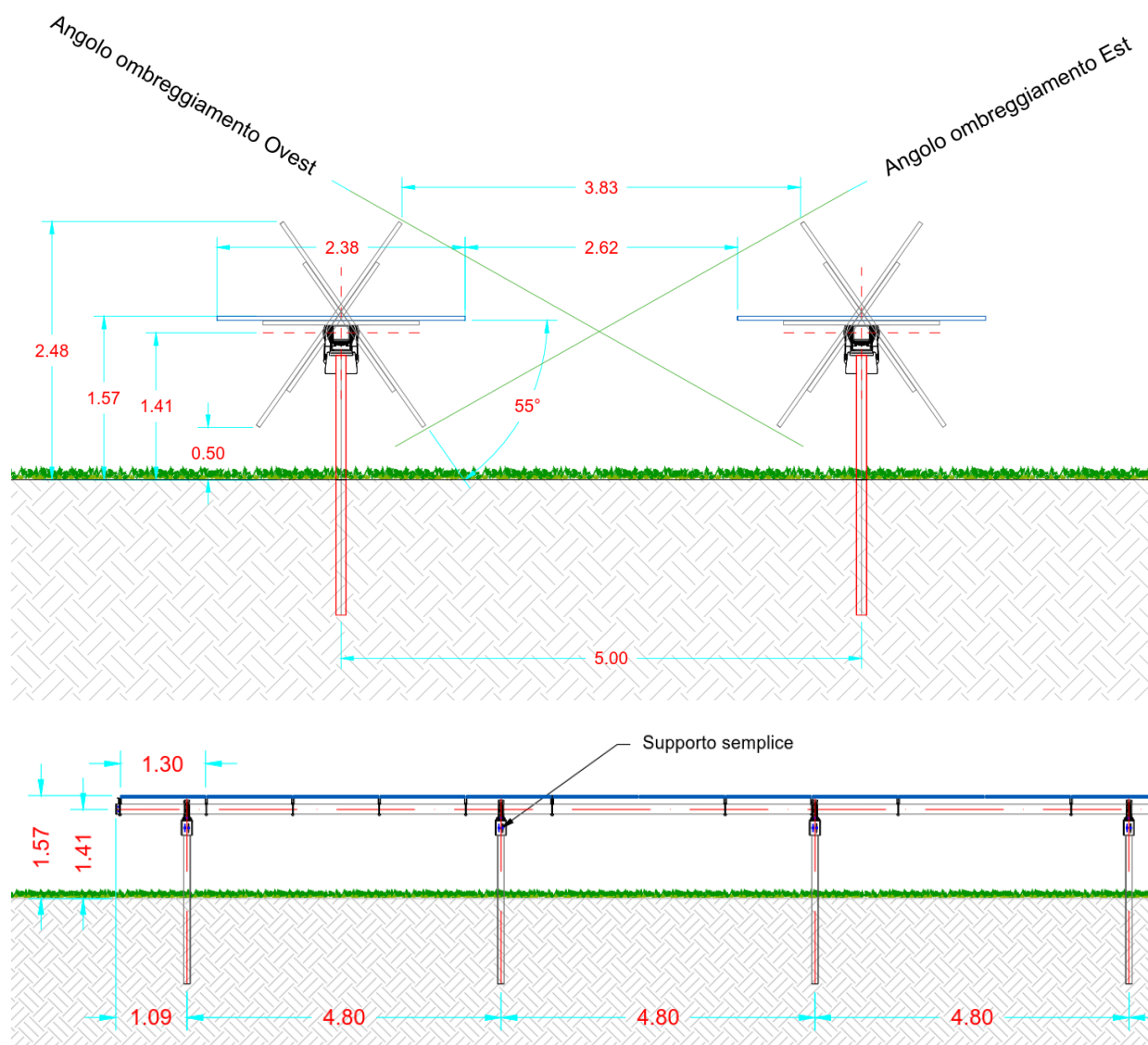


Figura 7-3 – Sezione trasversale e longitudinale tipologica struttura Tracker – Aree 01, 02, 03, 04

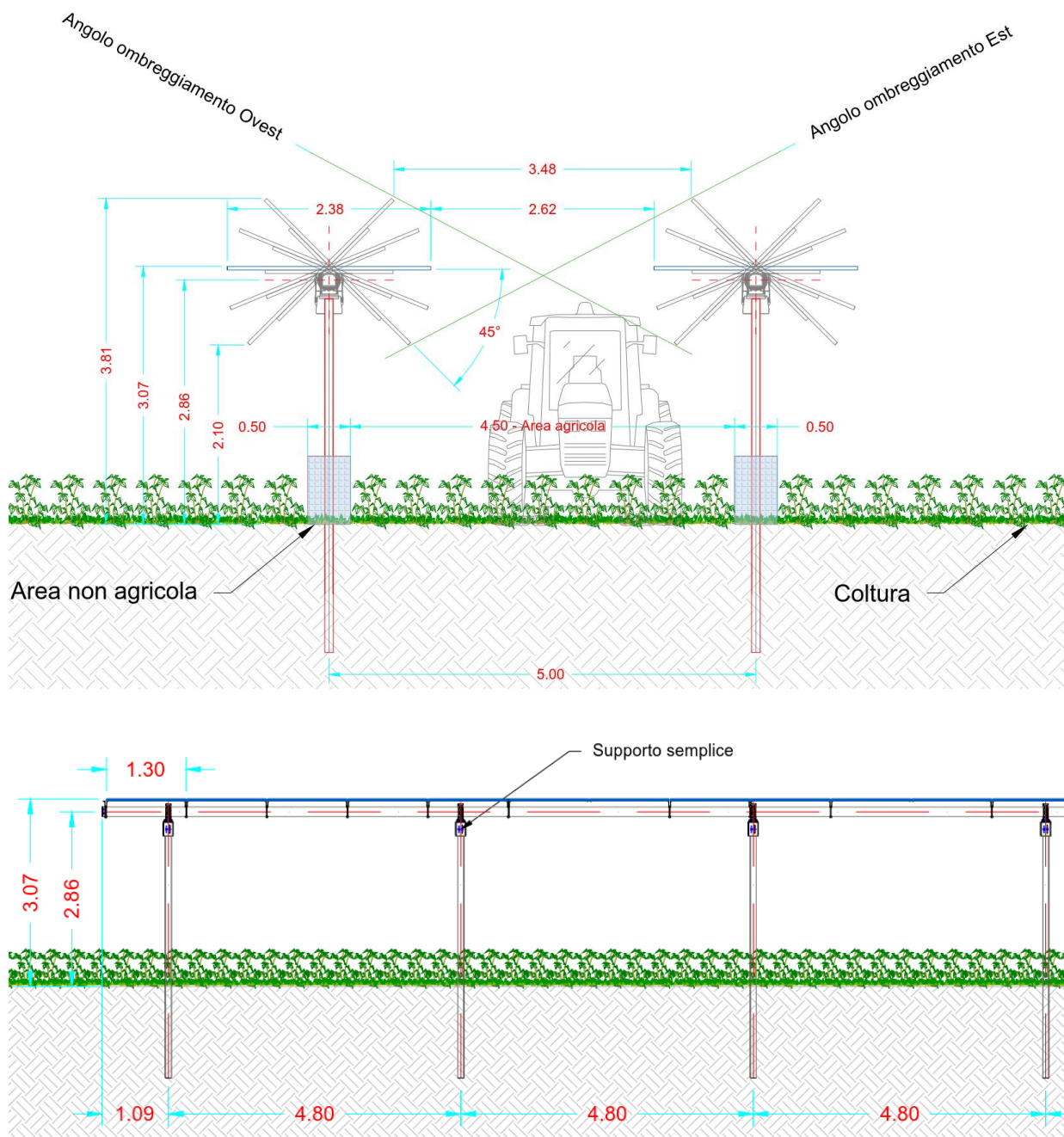


Figura 7-4 – Sezione trasversale e longitudinale tipologica struttura Tracker – Area 05

Nell’impianto saranno utilizzate tre tipologie di strutture di supporto, tutte a singola vela (1V), che si differenziano per il numero di pannelli supportati dalla singola struttura: 13x1, 26x1 e 52x1.

Tali strutture sono posizionate all’interno dell’area di impianto in modo da consentire il massimo riempimento e sfruttamento dell’area di impianto stessa.

### 7.2.1 Considerazioni ecologiche

Il campo di moduli è disposto in modo da consentire alla luce e all'umidità di raggiungere il suolo sottostante, e non impedire in alcun modo la frequentazione di fauna selvatica nell'area. In quest'area si possono così sviluppare condizioni ecologiche di fatto analoghe a quelle riscontrabili su un normale terreno agricolo, privo di copertura dei moduli, a parte alcune (minime) variazioni del microclima, dovute all'ombreggiamento parziale ed alla conseguente riduzione dell'evapotraspirazione.

### 7.2.2 Altezza ottimale

Come ricordato precedentemente, la distanza dallo spigolo inferiore del modulo al suolo è di almeno 2,1 m per l'Area 05, per consentire un corretto uso agricolo, e di 0,5 m per le restanti aree.

### 7.2.3 Montaggio rapido

Tutti i componenti sono preassemblati e confezionati conformemente al tipo di modulo scelto. I moduli devono essere soltanto inseriti dall'alto nei punti d'inserimento. Ciò garantisce una maggiore velocità di installazione.

### 7.2.4 Massima durata

Le strutture sono costruite in acciaio zincato e alluminio mentre la bulloneria è in acciaio inox. L'elevata resistenza alla corrosione garantisce una lunga durata e offre la possibilità di un riutilizzo completo.

## 7.3 COLLEGAMENTO DEI MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici sono collegati tra loro in serie attraverso dei connettori di tipo maschio-femmina (tipo MC4 e/o TS4), formando delle stringhe. Ogni stringa è formata da 26 moduli, per un totale di 1.180 stringhe per l'intero l'impianto fotovoltaico.

## 7.4 GRUPPO DI CONVERSIONE CC/CA (STRING INVERTERS)

La conversione della potenza prodotta dai moduli fotovoltaici in DC in AC alla frequenza di rete avviene attraverso inverter di stringa. Gli inverter sono installati all'esterno, sotto le vele, e il loro involucro garantirà lunga durata e massima sicurezza; Sono previsti 76 inverter ognuno collegato ad un numero di stringhe variabile tra 14 e 17. Essi saranno così distribuiti:

CABINE	N° INVERTER	DISTRIBUZIONE
C01	11	Inverter 1,2,3 (17 stringhe)
		Inverter 4,5,9,10,11 (15 stringhe)
		Inverter 6,7,8 (16 stringhe)
C02	20	Inverter 1,2,3 (14 stringhe)
		Inverter 4,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20 (16 stringhe)
		Inverter 8 (17 stringhe)
		Inverter 5,6,7 (15 stringhe)
C03	13	Inverter 1,2,3,4,6,7,8,9,13 (16 stringhe)
		Inverter 5,10,11,12 (14 stringhe)
C04	8	Tutti da (16 stringhe)
C05	7	Inverter 1,2,5 (16 stringhe)
		Inverter 3,4,6 (14 stringhe)
		Inverter 7 (15 stringhe)
C06	17	Inverter 3,4,5,6,7 (14 stringhe)
		Inverter 1 (15 stringhe)
		Inverter 2,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17 (16 stringhe)

*Tabella 7-1 – Distribuzione stringhe per inverter*



*Figura 7-5 – Esempio di installazione gruppo di conversione CC/CA (String Inverters)*



Gli inverter individuati nel progetto sono del modello SUN2000-330KTL-H1 della Solar Huawei, con una potenza di 300 kW, 330 kVA, consentendo lo sfruttamento ottimale del campo fotovoltaico con la funzione MPPT (maximum power point tracking) integrata, una ogni 2 stringhe.

L’inverter è marcato CE e munito di opportuna certificazione sia sui rendimenti che sulla compatibilità elettromagnetica.



*Figura 7-6 – Tipico String inverter*

Le caratteristiche principali degli inverter sono riportate nella seguente tabella:

GRANDEZZA	VALORE
Tensione massima in ingresso	1500 V
Tensione di uscita alla Pn	800 V
Frequenza di uscita	50 Hz
Cos $\phi$	0,8 – 1,0
Grado di protezione	IP 66
Range di temperatura di funzionamento	-25 +60 °C
Range di tensione in ingresso	880 – 1325 V
Corrente massima in ingresso (25°C / 50°C)	65 A
Potenza nominale in uscita (CA)	300 kW
Rendimento europeo	98,8 %

*Tabella 7-2 – Caratteristiche preliminari string inverter*

## 7.5 CABINE DI TRASFORMAZIONE

Le cabine di trasformazione (Transformer Station) saranno della tipologia a JUPITER-9000K-H1.

Saranno installate 6 cabine di trasformazione (di cui tre a 3MVA-11 e tre a 6MVA-22).

Ciascuna delle 6 cabine di trasformazione converte la corrente alternata a bassa tensione generata dall'inverter fotovoltaico in corrente alternata alla tensione di 36 kV. La cabina integra il quadro principale 36 kV per la connessione alla rete interna, il trasformatore elevatore, il quadro a bassa tensione e l'alimentazione ausiliaria, in un container parzialmente aperto con struttura in acciaio per fornire una soluzione di trasformazione e distribuzione integrata per impianti fotovoltaici da collegare alla rete 36 kV.

Di seguito si riportano i dettagli della cabina di trasformazione:

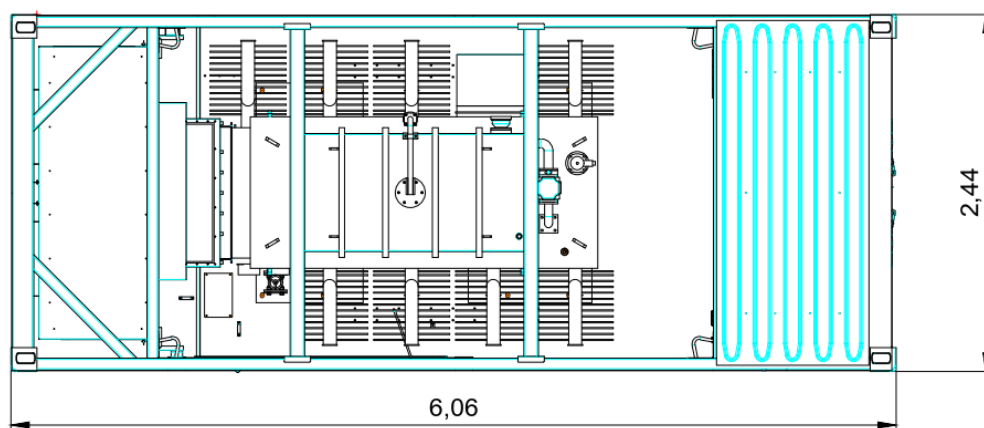


Figura 7-7 – Cabina di trasformazione – Planimetria

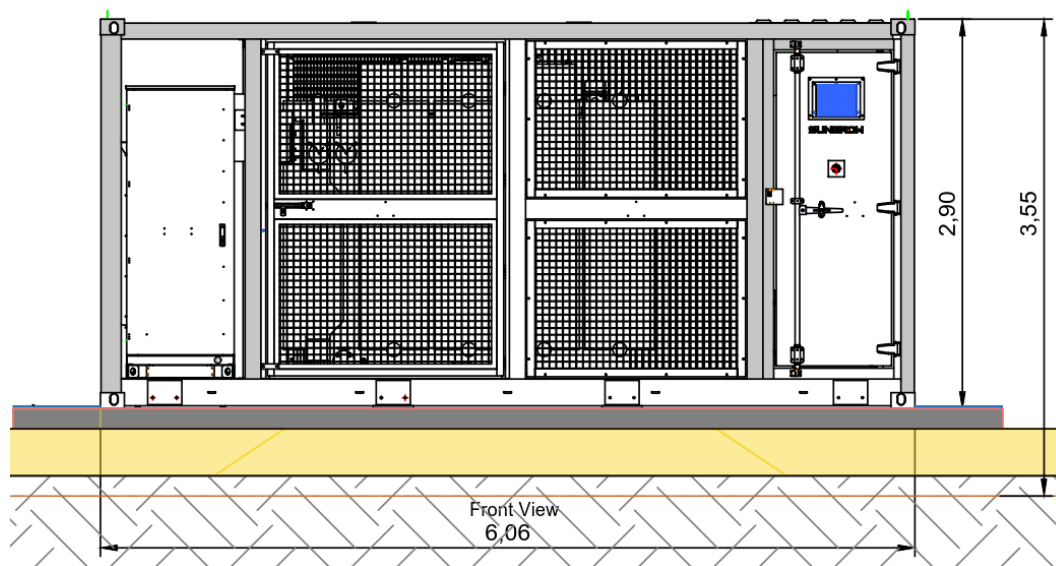


Figura 7-8 – Cabina di trasformazione – Vista laterale

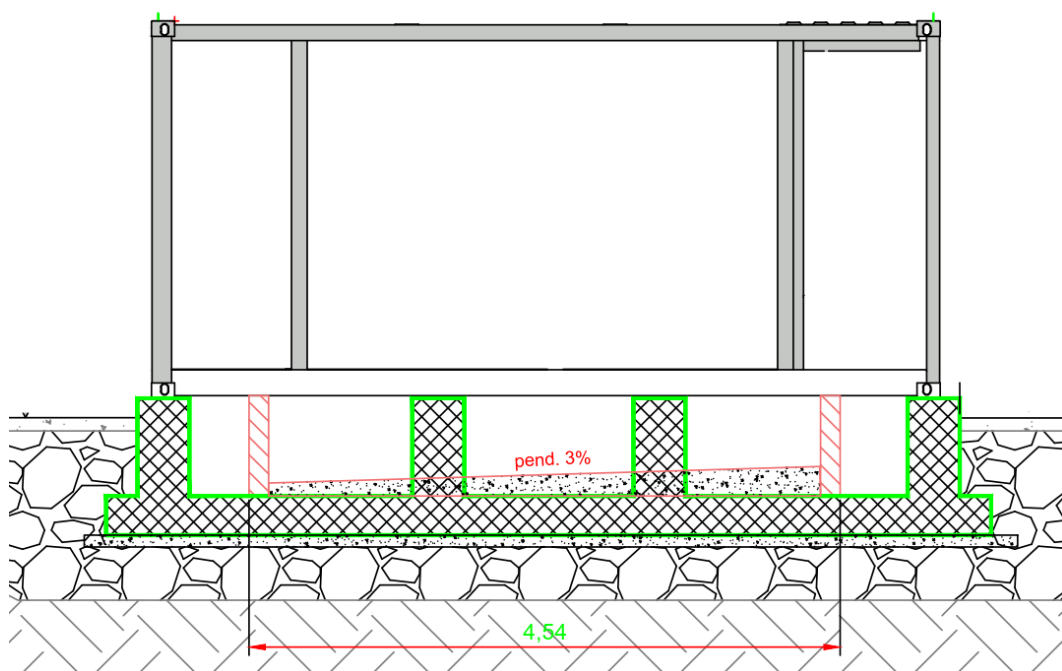


Figura 7-9 – Cabina di trasformazione – Fondazione

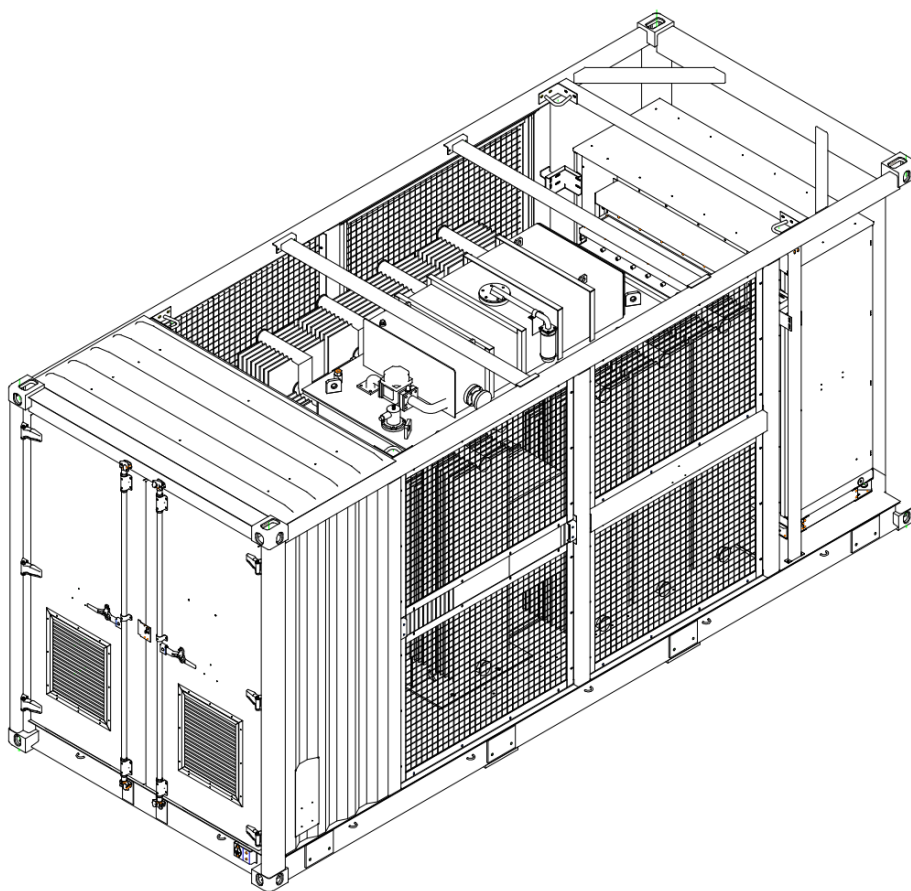


Figura 7-10 – Cabina di trasformazione – Vista 3D



### 7.5.1 Trasformatore Elevatore

Il trasformatore eleva la tensione c.a. in uscita dagli inverter al valore della rete (36 kV). Il trasformatore sarà del tipo a conservatore, isolato in olio, completo di vasca di raccolta dell'olio in acciaio inox, adeguatamente dimensionata.

In fase di selezione della fornitura saranno inoltre preferite soluzioni in olio estere, piuttosto che in olio minerale.

Il trasformatore è corredato dei relativi dispositivi di protezione elettromeccanica, quali sensori di temperatura, livello olio, relè Buchholz., ecc.

Di seguito le caratteristiche principali preliminari dei trasformatori di cabina:

GRANDEZZA	VALORE
Tensione primario	36000 V
Tensione secondaria	800 / 800 V
Frequenza	50 Hz
Raffreddamento	ONAN
Potenza nominale	3000 / 6000 kVA
Gruppo vettoriale	Dy11y11
Impedenza	8 %
Rendimento europeo	Eco Design

*Tabella 7-3 – Caratteristiche preliminari trasformatore elevatore*

Il trasformatore dovrà inoltre essere conforme al Reg.548/2014 (Tier 2) della direttiva EU Ecodesign.

### 7.5.2 Quadro 36 kV

All'interno delle cabine di trasformazione, in comparto separato, è installato il quadro 36 kV isolato in gas, composto da 3 celle, per l'entra-esce verso un'altra cabina di trasformazione e il collegamento al trasformatore (cella di ingresso, cella di uscita e cella trasformatore elevatore). Le connessioni alle dorsali 36 kV ed al trasformatore elevatore saranno realizzate in cavo.

GRANDEZZA	VALORE
Tensione operativa/nominale	36 / 40.5 kV
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico	185 kV
Tensione nominale di tenuta a 50 Hz (1min)	85 kV
Corrente nominale	≥ 630 A
Corrente di breve durata (3s)	≥ 12 kA
Corrente di picco	≥ 30 kA
Isolamento	SF6
Classificazione d'arco interno	IAC AFLR 12 kA – 1 s
Categoria di perdita di continuità di servizio	LSC 2A

*Tabella 7-4 – Caratteristiche preliminari quadri 36 kV*

Con riferimento all'isolamento si darà preferenza ad eventuali soluzioni disponibili sul mercato con gas differenti dall'SF<sub>6</sub>, che garantiscano un coefficiente effetto serra nettamente inferiori di quest'ultimo.

### 7.5.3 Compartimento BT

Il compartimento BT ospita le seguenti apparecchiature di bassa tensione:

- Quadro BT principale di raccolta delle linee BT in ingresso dagli inverter di stringa e di collegamento, tramite condotto sbarre, al trasformatore elevatore. Il quadro BT è suddiviso in due sezioni, ciascuna collegata ad un secondario del trasformatore e in grado di accettare fino a 15 connessioni ad inverter di stringa.
- Trasformatore in resina per alimentazione servizi ausiliari.

## 7.6 CABINE SERVIZI AUSILIARI

Si prevede l'installazione di una serie di cabine ausiliarie distribuite uniformemente sulla superficie dell'impianto, contenenti le seguenti apparecchiature:

- Quadro BT generale del sottocampo corrispondente;
- Quadro BT alimentazione tracker del sottocampo corrispondente;
- Quadro BT prese F.M, illuminazione, antintrusione, TVCC ecc. del sottocampo corrispondente;
- Sistema di monitoraggio, controllo e comando sottocampo di appartenenza tracker;
- Sistema di monitoraggio e controllo sottocampo di appartenenza Impianto Fotovoltaico;
- Sistema di monitoraggio e controllo stazioni meteo di appartenenza;
- Sistema di trasmissione dati sottocampo di appartenenza;

Anche le cabine dei servizi ausiliari saranno della tipologia a SKID, prefabbricate in modo da minimizzare le opere civili richieste e le attività di montaggio in sito.

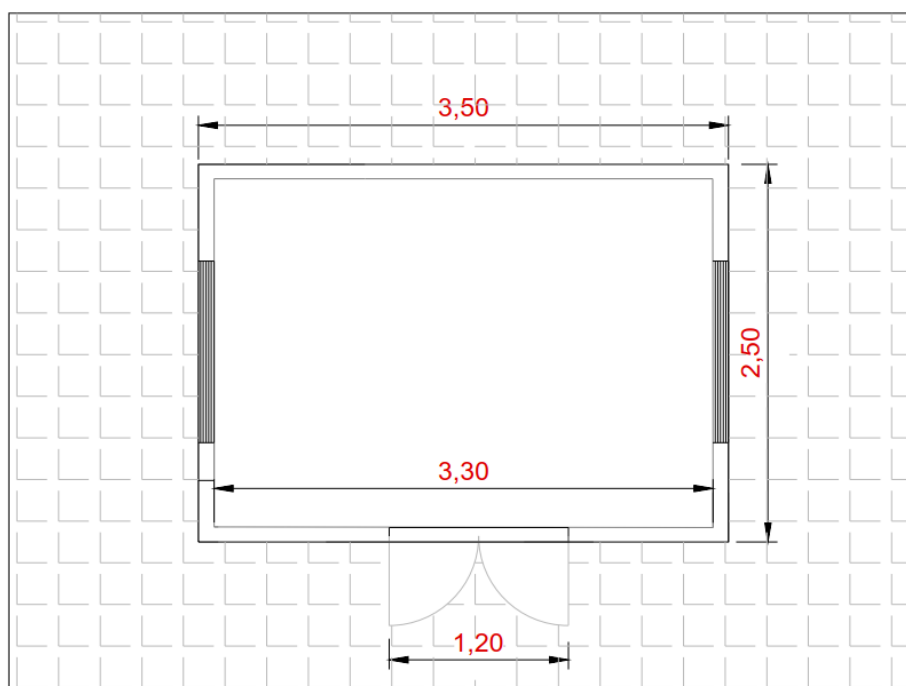


Figura 7-11 – Cabina servizi ausiliari – Planimetria

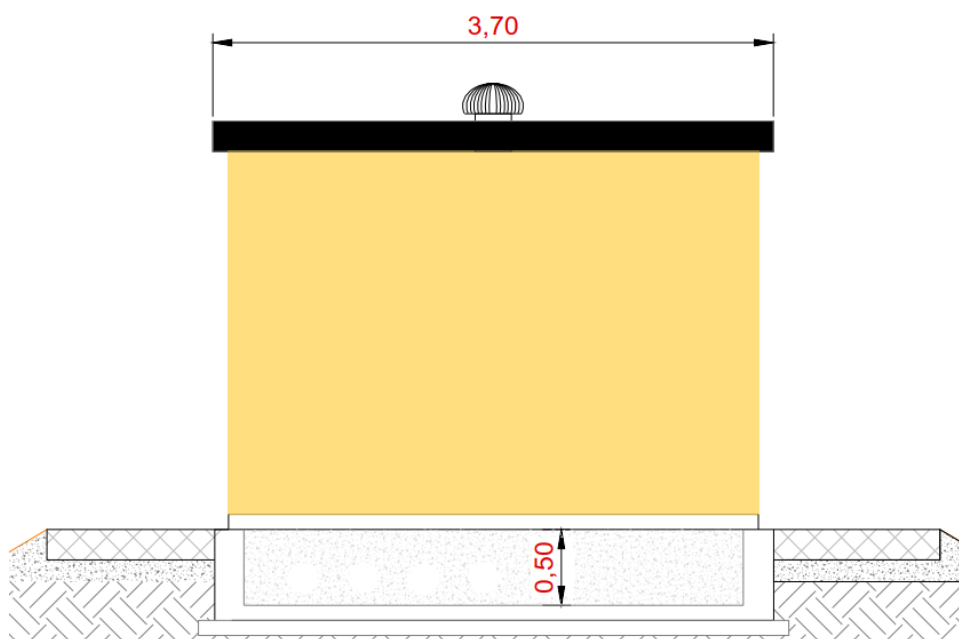


Figura 7-12 – Cabina servizi ausiliari – Vista laterale

## 7.7 MAGAZZINO E SALA CONTROLLO

L'edificio magazzino e sala controllo verrà realizzato utilizzando un container navale da 12 m, suddiviso in due metà, una per la sala controllo e una adibita a magazzino.

Tale edificio sarà opportunamente coibentato e dotato di quanto necessario per poter consentire la presenza diurna di personale di servizio all'impianto.

Questo container, come gli altri in impianto e le cabine della tipologia skid, sarà posizionato su fondazioni in cemento armato.

Si riporta di seguito un esempio di tale soluzione.

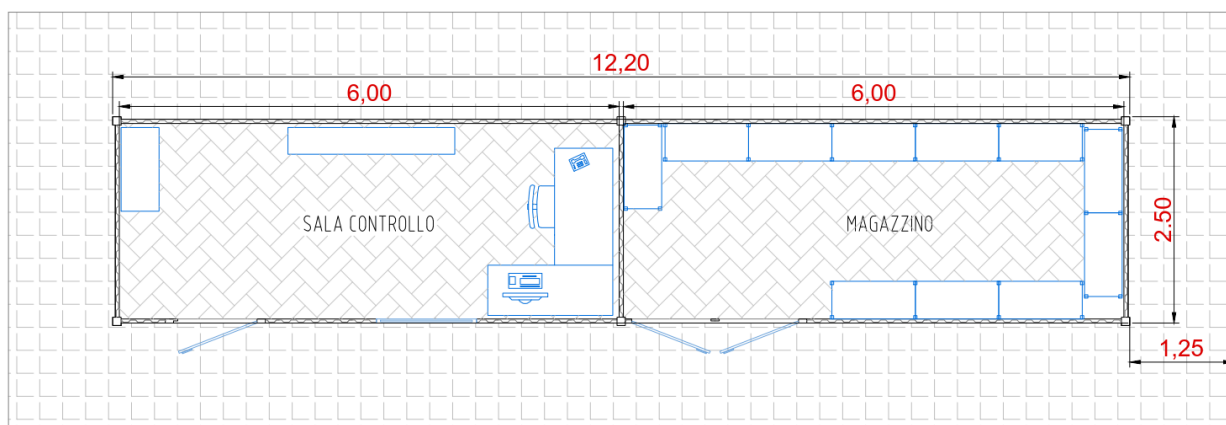


Figura 7-13 – Magazzino e sala controllo – Planimetria

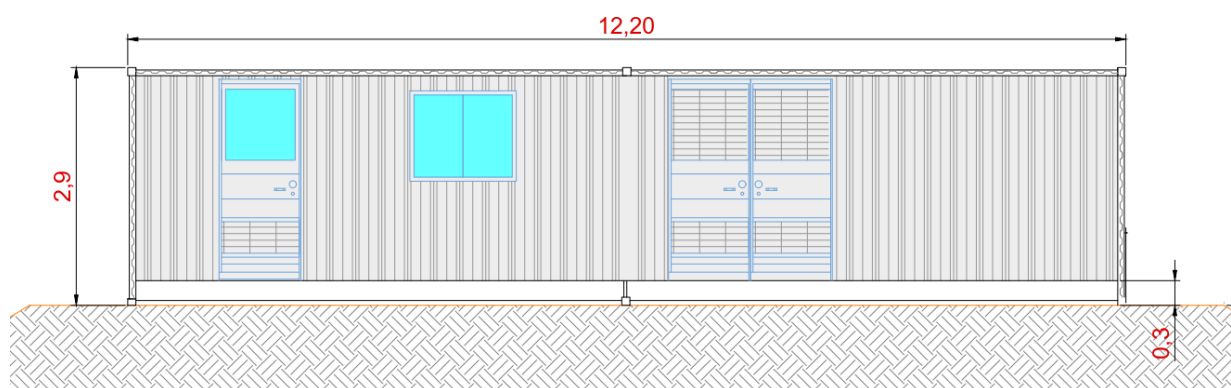


Figura 7-14 – Magazzino e sala controllo – Vista laterale

## 7.8 CAVI

### 7.8.1 Cavi solari di stringa

Sono definiti cavi solari di stringa i cavi che collegano le stringhe (i moduli in serie) ai quadri DC di parallelo e hanno una sezione variabile da 6 a 10 mm<sup>2</sup> (in funzione della distanza del collegamento).

I cavi solari di stringa sono alloggiati all'interno del profilato della struttura e interrati per brevi tratti (tra inizio vela e quadro DC di parallelo).

I cavi saranno del tipo H1Z2Z2-K o equivalenti (rame o alluminio) indicati per interconnessioni dei vari elementi degli impianti fotovoltaici. Si tratta di cavi unipolari flessibili con tensione nominale 1500 V c.c. per impianti fotovoltaici con isolanti e guaina in mescola reticolata a basso contenuto di alogeni testati per durare più di 25 anni.

Essi sono adatti per l'installazione fissa all'esterno ed all'interno, senza protezione o entro tubazioni in vista o incassate oppure in sistemi chiusi similari, sono resistenti all'ozono secondo EN50396, ai raggi UV secondo HD605/A1. Inoltre, sono testati per durare nel tempo secondo la

EN 60216.

Le condizioni di posa sono:

- Temperatura minima di installazione e maneggio: -40 °C
- Massimo sforzo di tiro: 15 N/mm<sup>2</sup>
- Raggio minimo di curvatura per diametro del cavo D (in mm): 4D

### 7.8.2 Cavi BT

Questi cavi saranno utilizzati per collegare gli inverters di stringa alle cabine di trasformazione.

I cavi BT sono cavi adatti per l'alimentazione di energia negli impianti industriali, cantieri, in edilizia e sono adatti alla posa interrata ed all'installazione su passerelle, in tubazioni, canalette e sistemi simili.

Cavi BT sono anche impiegati per alimentare elettricamente i motori dei trackers presenti sulle strutture, o anche per alimentare utenze secondarie (es: stazioni meteo, antintrusione, videosorveglianza, ecc.).

Questi cavi sono alloggiati sia sulle strutture (nei profilati metallici della struttura), sia interrati con protezione, a seconda del percorso previsto dal quadro BT del sottocampo di appartenenza fino al motore elettrico da alimentare. In alternativa i motori potrebbero essere alimentati dalle string box con alimentatori DC/AC, senza modificare né le caratteristiche dei cavi né il tipo di posa.

La scelta dei cavi BT dipenderà dalla tensione di esercizio dettata dall'impiego cui saranno destinati.

I cavi per il collegamento degli inverter alle cabine di trasformazione saranno del tipo ARG16R16 con conduttore in alluminio, indicati per interconnessioni dei vari elementi degli impianti fotovoltaici. Si tratta di cavi unipolari flessibili con tensione nominale 1000 V a.c. per impianti fotovoltaici con isolanti e guaina in miscela reticolata a basso contenuto di alogeni testati per durare più di 25 anni. I cavi avranno sezione di 300 mm<sup>2</sup> per lunghezze fino a 300 m e sezione di 400 mm<sup>2</sup> per lunghezze superiori.

Le caratteristiche funzionali saranno:

- Tensione nominale  $U_0$ : 600/1000 V c.a.; 1.500 V c.c.;
- Tensione Massima  $U_m$ : 1.200 V c.a.; 1.800 V c.c.;
- Massima Temperatura di esercizio: 90°C;
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C.

Per utilizzi con tensioni di 400 V ac si utilizzeranno invece cavi per energia, isolati con gomma etilpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina di PVC, non propagante l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi (FG16R16 - FG16OR16).

### 7.8.3 Cavi Dati

Costituiscono i cavi di trasmissione dati riguardanti i vari sistemi (fotovoltaico, trackers, stazioni meteo, antintrusione, videosorveglianza, contatori, apparecchiature elettriche, sistemi di sicurezza, connessione verso l'esterno, ecc.)

Le tipologie di cavo possono essere di due tipi:

- Cavo RS485 per tratte di cavo di lunghezza limitata;
- Cavo in F.O., per i tratti più lunghi.

### 7.8.4 Cavi 36 kV

#### 7.8.4.1 *Tracciato dei cavi*

I cavi 36 kV collegano i vari gruppi di trasformazione tra loro fino alla cabina utente. Il tracciato dei cavi 36 kV si può distinguere in:

- Interno al perimetro dell'impianto fotovoltaico:  
interessa il collegamento dei gruppi di trasformazione all'interno di ogni area. I cavi sono posati a lato delle strade interne dell'impianto fotovoltaico. I tracciati interni che collegano i gruppi di trasformazione sono progettati per ridurre al minimo il percorso stesso.
- Esterno al perimetro dell'impianto:  
la dorsale al di fuori dell'impianto fotovoltaico prevede il tracciato riportato nelle tavole allegate al presente progetto.

Lungo le strade provinciali o comunali, i cavi sono posati in banchina o al di sotto della carreggiata.

In entrambi i casi, i cavi selezionati sono realizzati con adeguata protezione meccanica tale da consentire la posa direttamente interrata, senza la necessità di prevedere ulteriori protezioni. La posa dei cavi è prevista ad una profondità minima di 1,2 m e in formazione a trifoglio. È prevista la posa di apposito nastro segnalatore e ball marker per individuare il percorso dei cavi, i giunti, le interferenze con altri sottoservizi ed i cambi di direzione. I tipici di posa dei cavi 36 kV sono rappresentati nelle Tav. 12 e Tav. 13.

#### 7.8.4.2 *Caratteristiche dei cavi*

Ciascun tratto di collegamento tra i gruppi di conversione e la stazione utente è stato opportunamente dimensionato in accordo alla normativa tecnica, secondo i criteri di portata, corto circuito, e massima caduta di tensione ammissibile. Le principali caratteristiche tecniche dei cavi 36 kV sono riportate nella seguente tabella (dati preliminari).

Grandezza	Valore
Tipo	Unipolari
Materiale conduttore	Alluminio
Materiale isolante	XLPE
Schermo metallico	Alluminio
Guaina esterna	PE resistente all'urto (adatti alla posa direttamente interrata)
Tensione nominale ( $U_0/U_{Um}$ ):	20,8/36/42 kV
Frequenza nominale:	50 Hz
Sezione	95 ÷ 630 mm <sup>2</sup>

Tabella 7-5 – Caratteristiche cavi 36 kV

Un esempio del cavo utilizzato per le dorsali 36 kV è riportato nella seguente figura:

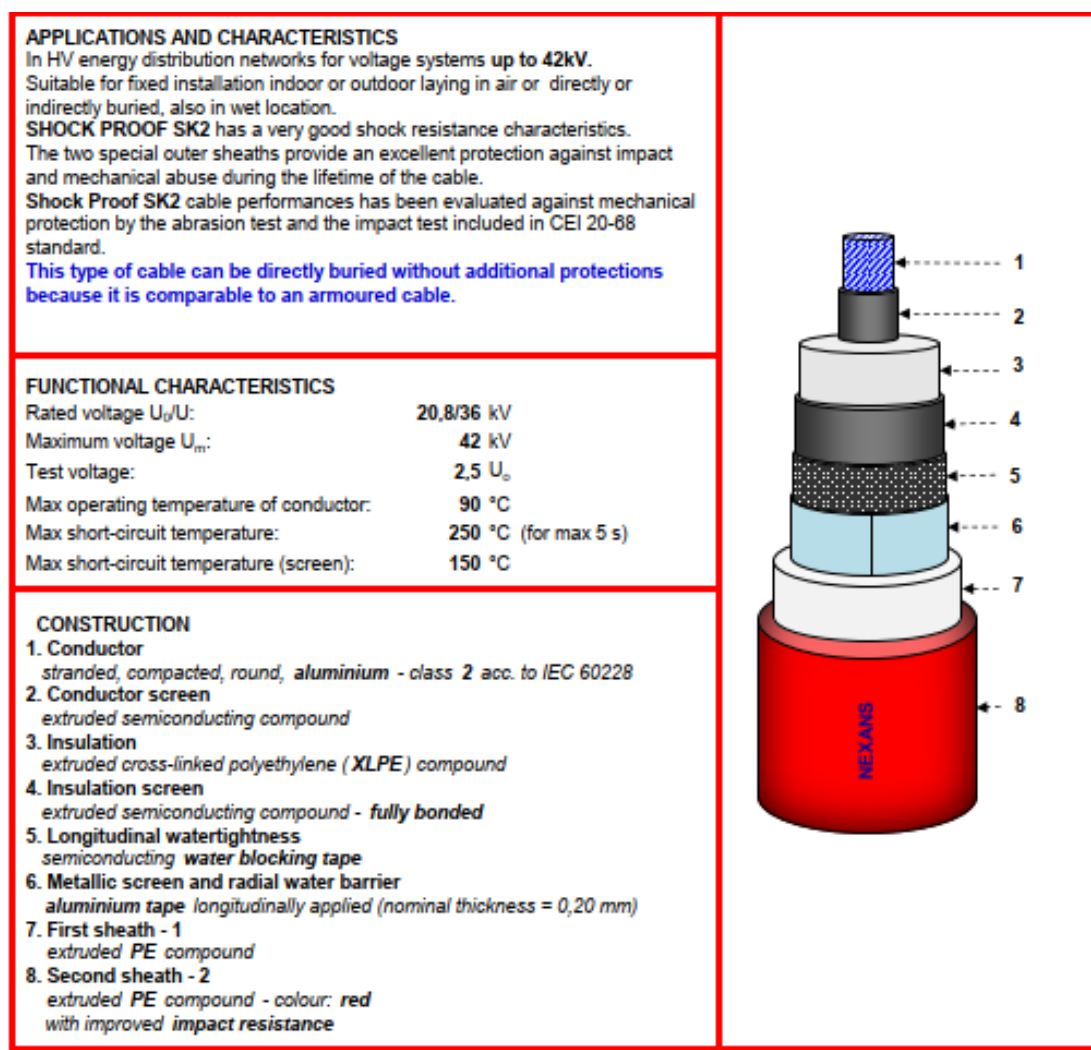


Figura 7-15 – Esempio cavi 36 kV

#### 7.8.4.3 *Messa a terra dello schermo dei cavi 36 kV*

Lo schermo dei cavi 36 kV va collegato a terra ad entrambe le estremità.

Per collegamenti di grande lunghezza è preferibile mettere a terra il rivestimento metallico anche in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km. Per collegamenti corti, normalmente non superiori al km, è tuttavia ammessa la messa a terra del rivestimento metallico in un solo punto purché vengano adottate le opportune cautele indicate nella norma CEI 11-17 al par 5.3.2 (CEI 20-89).

La norma, tuttavia, consente di collegare a terra lo schermo di un cavo, lungo fino a 1 km, ad una sola estremità nei casi in cui:

- Lo schermo, se accessibile, sia considerato a tensione pericolosa all'estremità non collegata a terra e nelle giunzioni
- La guaina di materiale isolante che ricopre lo schermo sopporti la tensione totale dell'impianto di terra al quale è collegata l'altra estremità.

### 7.9 RETE DI TERRA

La rete di terra è realizzata in accordo alla normativa vigente (CEI EN 50522 e CEI 82-25) in modo da assicurare il rispetto dei limiti di tensione di passo e di contatto che la stessa impone.

Il dispersore è costituito da una maglia in corda di rame interrata, opportunamente dimensionata e configurata, sulla base della corrente di guasto a terra dell'impianto, delle caratteristiche elettriche del terreno e della disposizione delle apparecchiature.

Dopo la realizzazione, saranno eseguite le opportune verifiche e misure previste dalle norme.

### 7.10 MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA

#### 7.10.1 Protezione contro il corto circuito

Per la parte di rete in corrente continua, in caso di corto circuito la corrente è limitata a valori di poco superiori alla corrente dei moduli fotovoltaici, a causa della caratteristica corrente/tensione dei moduli stessi. Tali valori sono dichiarati dal costruttore. A protezione dei circuiti sono installati, in ogni cassetta di giunzione dei sottocampi, fusibili opportunamente dimensionati.

Nella parte in corrente alternata la protezione è realizzata da un dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter stesso. L'interruttore posto sul lato CA dell'inverter serve da ricalzo al dispositivo posto nel gruppo di conversione.

#### 7.10.2 Misure di protezione contro i contatti diretti

La protezione dai contatti diretti è assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- Installazione di prodotti con marcatura CE;
- Utilizzo di componenti con adeguata protezione meccanica (IP);
- Collegamenti elettrici effettuati mediante cavi rivestiti con guaine esterne protettive, con adeguato livello di isolamento e alloggiati in condotti portacavi idonei in modo da renderli



non direttamente accessibili (quando non interrati).

### 7.10.3 Misure di protezione contro i contatti indiretti

Le masse delle apparecchiature elettriche situate all'interno delle varie cabine sono collegate all'impianto di terra principale dell'impianto.

Per i generatori fotovoltaici viene adottato il doppio isolamento (apparecchiature di classe II). Tale soluzione consente, secondo la norma CEI 64-8, di non prevedere il collegamento a terra dei moduli e delle strutture che non sono classificabili come masse.

### 7.10.4 Misure di protezione dalle scariche atmosferiche

L'installazione dell'impianto fotovoltaico nell'area, prevedendo mediamente strutture di altezza contenuta e omogenee tra loro, non altera il profilo verticale dell'area medesima. Ciò significa che le probabilità della fulminazione diretta non è influenzata in modo sensibile. Considerando inoltre che il sito non sarà presidiato, la protezione della fulminazione diretta sarà realizzata soltanto mediante un'adeguata rete di terra che garantirà l'equipotenzialità delle masse.

Per quanto riguarda la fulminazione indiretta, bisogna considerare che l'abbattersi di un fulmine in prossimità dell'impianto può generare disturbi di carattere elettromagnetico e tensioni indotte sulle linee dell'impianto, tali da provocare guasti e danneggiarne i componenti. Per questo motivo gli inverter sono dotati di un proprio sistema di protezione da sovratensioni, sia sul lato in corrente continua, sia su quello in corrente alternata.

### 7.10.5 Trasformatori in olio

I trasformatori elevatori delle singole cabine di trasformazione possono avere isolamento in olio minerale (dipende dal tipo di cabina di trasformazione selezionata in fase esecutiva del progetto).

In questo caso vengono prese tutte le precauzioni necessarie ad evitare lo spargimento del fluido in caso di perdite dal cassone: nella fondazione del trasformatore viene installata una vasca in acciaio inox, con capacità sufficiente ad alloggiare l'intero volume d'olio della macchina.

I trasformatori ausiliari sono invece isolati in resina (dry type) e quindi non presentano questa problematica.

In fase di progetto esecutivo si cercherà di massimizzare l'utilizzo di olio estere per i trasformatori in olio, in modo da minimizzare gli impatti sull'ambiente. L'olio estere, che può essere naturale o sintetico, ha infatti delle altissime proprietà di biodegradabilità e di tenuta al fuoco, consentendo anche un eventuale alleggerimento delle misure antincendio.

## 7.11 MISURA DELL'ENERGIA

La misura dell'energia attiva e reattiva scambiata al punto di connessione con la rete è effettuata tramite contatore conforme alle specifiche del gestore della rete, di tipo bidirezionale, ubicato nell'edificio della Cabina Utente 36 kV.

Le apparecchiature di misura sono tali da fornire valori dell'energia su base quart'oraria e

consentire l'interrogazione e l'impostazione da remoto (anche da parte del gestore della rete), in accordo a quanto richiesto dal Codice di Rete.

## 7.12 SISTEMI AUSILIARI

### 7.12.1 Sistema di sicurezza e sorveglianza

L'impianto di videosorveglianza è dimensionato per coprire i perimetri recintati delle aree di impianto.

Il sistema è di tipo integrato ed utilizza:

- Telecamere per vigilare l'area della recinzione, accoppiate a lampade a luce infrarossa per assicurare una buona visibilità notturna;
- Telecamere tipo DOME nei punti strategici e in corrispondenza delle cabine/power station;
- Cavo microfonico su recinzione o in alternativa barriere a microonde installate lungo il perimetro, per rilevare eventuali effrazioni;
- Rivelatori volumetrici da esterno in corrispondenza degli accessi (cancelli di ingresso) e delle cabine/power station e da interno nelle cabine e/o container;
- Sistema d'illuminazione vicino le cabine a LED o luce alogena ad alta efficienza, da utilizzare come deterrente. Nel caso sia rilevata un'intrusione l'illuminazione relativa a quella cabina viene attivata.

È quindi possibile rilevare le seguenti situazioni:

- Sottrazione di oggetti;
- Passaggio di persone;
- Scavalco o intrusione in aree definite;
- Segnalazione di perdita segnale video, oscuramento, sfocatura e perdita di inquadratura.

L'impianto è dotato di sistema di controllo e monitoraggio centralizzato tale da permettere la visualizzazione in ogni istante delle immagini registrate, eventualmente anche da remoto.

L'archiviazione dei dati avviene mediante salvataggio su Hard Disk o Server.

### 7.12.2 Sistema di monitoraggio e controllo

Il sistema di monitoraggio e controllo è costituito da una serie di sensori atti a rilevare, in tempo reale, i parametri ambientali, elettrici, dei tracker e del sistema antintrusione/TVCC dell'impianto e da un sistema di acquisizione ed elaborazione dei dati centralizzato (SAD – Sistema Acquisizione Dati), in accordo alla norma CEI EN 61724.

I dati raccolti ed elaborati servono a valutare le prestazioni dell'impianto, il corretto funzionamento dei tracker, la sicurezza dell'impianto e a monitorare la rete elettrica.

I sensori sono installati direttamente in campo, nelle stazioni meteorologiche (costituite da termometro, barometro, piranometri/albedometro, anemometro), string box o nelle cabine e misurano, le seguenti grandezze:

- Irraggiamento solare;
- Temperatura ambiente;
- Temperatura dei moduli;
- Tensione e corrente in uscita all'unità di generazione;
- Potenza attiva e corrente in uscita all'unità di conversione;
- Tensione, potenza attiva ed energia scambiata al punto di consegna;
- Stato interruttori generali 36 kV e BT;
- Funzionamento tracker.

### 7.12.3 Sistema di illuminazione e forza motrice

In tutti i gruppi di conversione e nelle cabine ausiliarie sono previsti i seguenti servizi minimi:

- illuminazione interna;
- illuminazione di emergenza interna mediante lampade con batteria incorporata;
- illuminazione esterna della zona dinanzi alla porta di ingresso, realizzata con proiettore accoppiato con sensore di presenza ad infrarossi;
- impianto di forza motrice costituito da una presa industriale 1P+N+T 16 A - 230 V e una o più prese bipasso 10/16 A Std ITA/TED.

Nelle altre aree esterne non sono in genere previsti punti di illuminazione. Solo in corrispondenza degli accessi (cancelli di ingresso) saranno installati dei proiettori aggiuntivi sempre con sensore di presenza ad infrarossi.

## 7.13 CONNESSIONE ALLA RTN

Le dorsali di collegamento a 36 kV, realizzata mediante due terne di cavo in parallelo, raccoglie la potenza prodotta dall'intero impianto agrivoltaico, dalla Cabina Utente fino alla stazione della RTN Portomaggiore.

### 7.13.1 Cabina Utente 36 kV

Come da documentazione di progetto, all'interno dell'area dedicata alla Cabina Utente sarà realizzato un Edificio (di seguito “Edificio Utente”) al cui interno saranno ubicate la sala quadri a 36 kV (con uno spazio separato dedicato al trasformatore ausiliario) e la sala quadri BT/sala controllo/quadri misure.

La Cabina Utente sarà principalmente costituita dalle seguenti apparecchiature elettromeccaniche:

- N. 1 quadro elettrico 36 kV;
- Altri componenti in media e bassa tensione, ubicati nell'Edificio Utente:
  - N. 1 trasformatore 36/0,42 kV, isolato in resina, per l'alimentazione dei servizi ausiliari di impianto;

- Sistemi di alimentazione di bassa tensione dei servizi ausiliari di impianto, in corrente alternata (c.a.) ed in corrente continua (c.c.);
- Sistema di protezione;
- Sistema di monitoraggio e controllo (SCADA);
- N. 1 generatore diesel (potenza nominale 15 kVA), per installazione esterna, completo di pannello di protezione e controllo e di serbatoio gasolio incorporato su basamento.

L'impianto e le apparecchiature installate saranno conformi alle Norme CEI applicabili ed al Codice di Rete di Terna. Nel seguito si descrivono in dettaglio le apparecchiature che costituiscono le opere elettriche di Utenza.

#### 7.13.1.1 Quadro elettrico 36 kV

Il quadro 36 kV avrà le seguenti caratteristiche, da confermare in fase di progetto esecutivo:

GRANDEZZA	VALORE
Tensione operativa/nominale	36 / 40.5 kV
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico	185 kV
Tensione nominale di tenuta a 50 Hz (1min)	85 kV
Corrente nominale	$\geq 630$ A
Corrente di breve durata (3s)	$\geq 12$ kA
Corrente di picco	$\geq 30$ kA
Isolamento	SF6
Classificazione d'arco interno	IAC AFLR 12 kA – 1 s
Categoria di perdita di continuità di servizio	LSC 2A

Tabella 7-6 – Caratteristiche preliminari quadro 36 kV

Relativamente all'isolamento del quadro, in fase di progetto esecutivo, si cercheranno di individuare soluzioni alternative all'utilizzo dell'SF6 che utilizzino invece gas non ad effetto serra, al fine di migliorare ulteriormente l'impatto ambientale del progetto.

Il quadro includerà le seguenti unità funzionali:

- 3 unità arrivo dorsali 36 kV provenienti dalle cabine di trasformazione, equipaggiate con interruttore;
- 1 unità per le linee di connessione a 36 kV verso la Stazione RTN, equipaggiata con interruttore;
- 1 partenza verso il trasformatore ausiliario, equipaggiata con interruttore o con sezionatore sotto carico e fusibili;
- 1 cella misure.

Il quadro sarà equipaggiato con unità elettroniche di protezione e misura. Sarà inoltre prevista l'interfaccia con il sistema di controllo remoto della Cabina Utente.

#### 7.13.1.2 Trasformatore ausiliario

Il trasformatore ausiliario, di tipo a secco, completo di involucro di protezione, sarà dimensionato per alimentare tutti i servizi ausiliari della Cabina Utente ed avrà le caratteristiche preliminari riportate nella seguente tabella.

GRANDEZZA	VALORE
Potenza nominale	100 kVA
Tipo di raffreddamento	AN
Tensione nominale	36/0,42 kV
Tensione massima	40.5/1 kV
Classe ambientale e climatica	E1 - C1
Classe di comportamento al fuoco	F1

*Tabella 7-7 – Caratteristiche preliminari trasformatore ausiliario*

Il trasformatore dovrà inoltre essere conforme al Reg.548/2014 (Tier 2) della direttiva EU Ecodesign.

#### 7.13.1.3 Servizi ausiliari

Tutti i servizi ausiliari della Cabina Utente saranno alimentati da un quadro elettrico BT, installato in una sala dell’Edificio Utente, tramite il trasformatore ausiliario derivato dal quadro 36 kV.

Il gruppo elettrogeno di emergenza sarà installato in un’area coperta di circa 15 m<sup>2</sup> adiacente all’Edificio Utente. Il gruppo elettrogeno di emergenza fornirà l’alimentazione ai servizi essenziali in caso di mancanza tensione sulle sbarre del quadro BT.

Le utenze essenziali più critiche, quali i sistemi di protezione e controllo e i circuiti di comando di interruttori, saranno alimentati da un sistema di alimentazione non interrompibile in corrente continua (110 V) o in corrente alternata, dotati di batterie in tampone con un’autonomia prevista di 4 ore.

#### 7.13.1.4 Sistema di protezione, monitoraggio, comando e controllo

Il sistema di protezione, monitoraggio, comando e controllo, installato nella sala quadri BT, avrà la funzione di provvedere al comando, al rilevamento segnali e misure ed alla protezione della Cabina Utente, agli interblocchi tra le apparecchiature, all’acquisizione dei dati ed all’interfaccia con il centro di controllo Terna.

#### 7.13.1.5 Rete di terra

La rete di terra sarà realizzata nell’area della Cabina Utente (attorno all’Edificio Utente) e sarà in accordo alla normativa vigente CEI EN 61936-1 e CEI EN 50522 in modo da assicurare il rispetto dei limiti di tensione di passo e di contatto.

Il dispersore sarà costituito da una maglia in corda di rame interrata, opportunamente dimensionata e configurata sulla base del valore e del tempo di eliminazione della corrente di guasto a terra, delle caratteristiche elettriche del terreno e della disposizione delle apparecchiature.

Dopo la realizzazione, saranno eseguite le opportune verifiche e misure previste dalle norme.

#### 7.13.1.6 Edificio Utente

L’Edificio Utente ospiterà la sala quadri a 36 kV, con uno spazio separato dedicato al trasformatore ausiliario, una sala quadri BT/sala controllo. È inoltre previsto uno spazio coperto per alloggiare il generatore diesel di emergenza. L’edificio sarà realizzato in muratura, con superfici non combustibili, nel rispetto di quanto definito nella norma CEI EN 61936-1. Il pavimento della sala quadri BT potrà essere realizzato di tipo flottante con area sottostante adibita al passaggio cavi.

La pianta dell’edificio sarà rettangolare, di dimensioni esterne 21,25 m x 5,75 m e con orientamento est-ovest. L’edificio è ad un solo piano, con copertura a tetto piano, e ha altezza massima pari a 4,60 m, corrispondente all’estradosso del coronamento. L’altezza interna dei locali è di 4,00 m (quota calpestio p.p.f. +0,20 m).

La copertura dell’Edificio Utente non prevede un accesso diretto. La cabina sarà dotata di linee di ancoraggio (linee vita) e/o dispositivi di ancoraggio per permettere la manutenzione della copertura da parte di ditte specializzate.

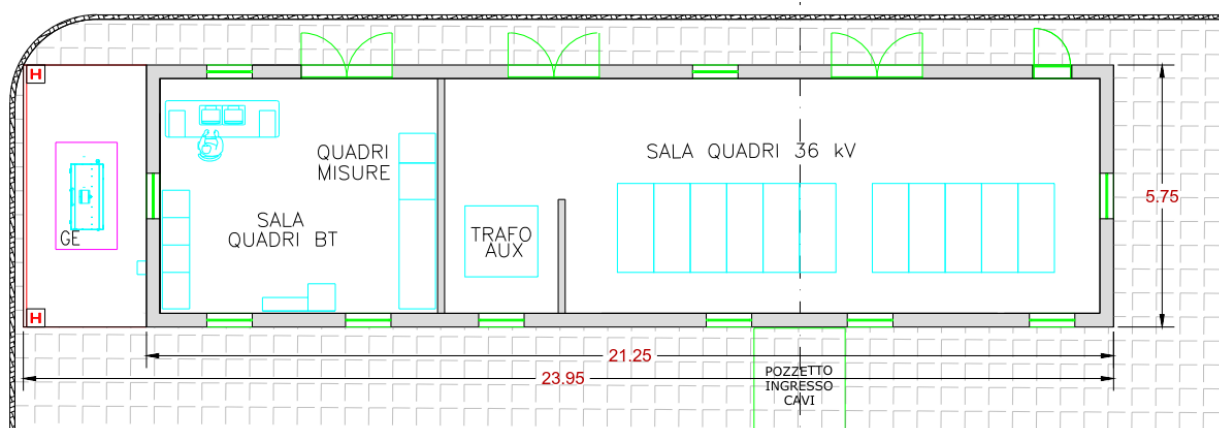


Figura 7-16 – Cabina utente – Planimetria

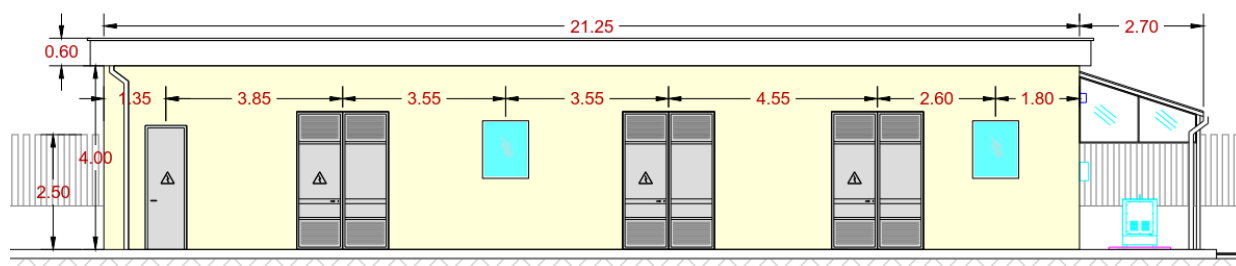


Figura 7-17 – Cabina utente – Vista

#### 7.13.1.7 Sistema di illuminazione

E’ previsto un sistema di illuminazione analogo a quello degli edifici all’interno del parco fotovoltaico:

- illuminazione interna tale da garantire almeno un livello di illuminazione medio di 100 lux;

- illuminazione di emergenza interna mediante lampade con batteria incorporata;
- illuminazione dell’area esterna dinanzi all’Edificio Utente e del cancello di ingresso, realizzata con proiettori LED accoppiati con sensore di presenza ad infrarossi montati direttamente sulle pareti dell’edificio;
- impianto di forza motrice costituito da prese industriali 1P+N+T 16 A - 230 V, prese bivalenti 10/16 A Std ITA/DEU e prese CEE 3P+N+PE 16 A 400V.

### 7.13.2 Collegamento alla Stazione RTN

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l’impianto venga collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV “Ferrara Focomorto – Ravenna Canala” e alla linea RTN a 132 kV “Portomaggiore – Bando”.

Si fa presente che la nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV “Portomaggiore” è già stata autorizzata con D.D. n.DET-AMB\_2024-3386 del 14/06/2024.

Il collegamento tra la stazione utente e la stazione Portomaggiore è costituito da una doppia terna di cavi interrati a 36 kV che si innesteranno nel rispettivo stallo Produttore della sezione a 36 kV della Stazione RTN. Le caratteristiche dei cavi sono del tutto analoghe a quelle delle dorsali riportate nel precedente paragrafo 7.8.4.

Come specificato nell’Allegato 68 del Codice di Rete di Terna, alle linee di collegamento a 36 kV saranno affiancati cavi in fibra ottica con coppie di fibre disponibili e indipendenti per lo scambio di segnali, misure e controlli con la Stazione RTN.



## 8 OPERE CIVILI

Le opere di costruzione dell’impianto constano in:

- realizzazione della recinzione e sistemazione dell’area;
- realizzazione della viabilità interna a carattere agricolo con accessi dalla viabilità esistente;
- posa in opera e installazione delle strutture di supporto inclusi i moduli fotovoltaici;
- realizzazione degli scavi per la posa di condotti e pozzetti interrati per gli impianti elettrici e per la realizzazione degli impianti di terra;
- posa in opera delle cabine elettriche di impianto, comprese le relative fondazioni;
- realizzazione della cabina utente;
- posa in opera del sistema di illuminazione/videosorveglianza, comprese le relative fondazioni;
- posa in opera delle essenze arboree perimetralmente all’area.

### 8.1 RECINZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di una recinzione perimetrale di lunghezza pari a circa 5 km e di altezza pari a 2,0 m con rete elettrosaldata a maglie rettangolari in tonalità RAL 6005 verde muschio da fissare su profili tubolari infissi nel terreno, come meglio specificato nelle tavole che fanno parte integrante del progetto e, in sintesi, nell’immagine che segue.

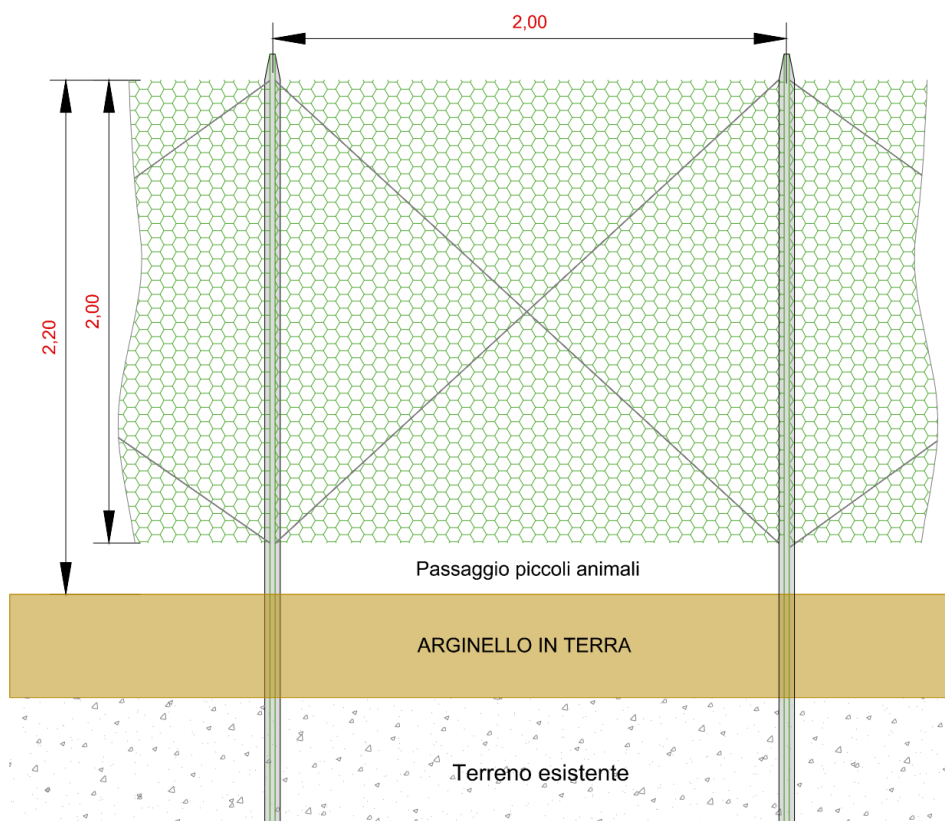


Figura 8-1 – Tipologia tipica recinzione



I paletti saranno di altezza fuori terra di circa 230 cm, infissi per una profondità variabile tra 60 e 150 cm direttamente nel terreno. L’interasse dei paletti sarà di 200 cm. La rete elettrosaldata sarà sollevata da terra di 20 cm al fine di permettere il passaggio di fauna di piccola taglia evitando conseguentemente che la recinzione assuma carattere di barriera ecologica.

Lungo tutto il percorso della recinzione verrà realizzato un arginello in terra con altezza variabile, al fine di contenere le acque meteoriche all’interno del sito in caso di eventi meteorici di intensità rilevante, come da dettaglio seguente.

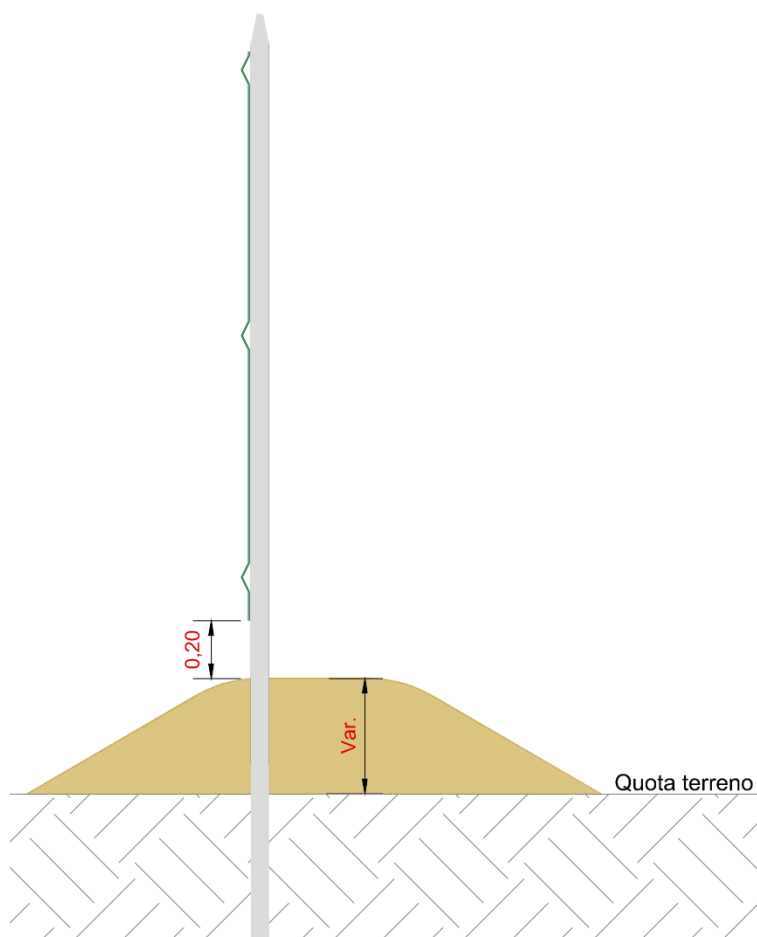


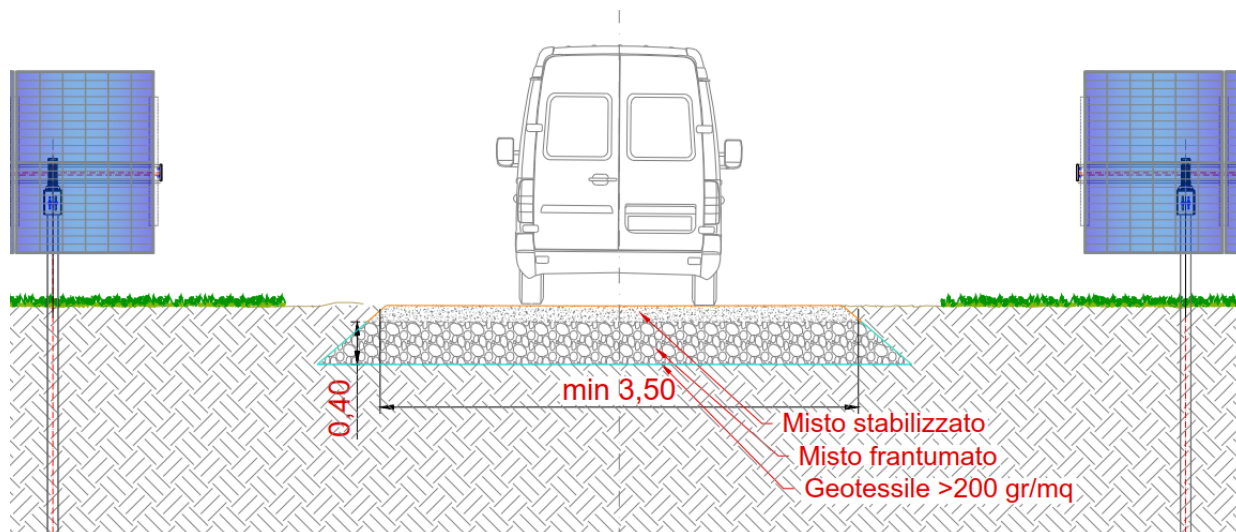
Figura 8-2 – Arginello in terra

## 8.2 VIABILITÀ INTERNA

L’impianto è caratterizzato da accessi su viabilità interpoderale e strade vicinali a servizio dell’impianto fotovoltaico, e da una viabilità interna di servizio, che conduce alle piazzole previste intorno ai cabinati, necessaria, sia in fase di realizzazione dell’opera che durante l’esercizio dell’impianto, per l’accesso alle parti funzionali dell’impianto e per le operazioni di controllo e manutenzione. Le viabilità interna sarà di larghezza pari a 3,5 m e avrà un raggio minimo di curvatura interno di 5 m, per consentire un agevole passaggio dei mezzi in entrambe le direzioni di marcia, come da tavole di progetto e figure seguenti.

Le nuove piazzole e la viabilità a carattere agricolo saranno realizzate, previo opportuno scavo, in misto stabilizzato dello spessore di 10 cm su sottofondo in misto frantumato dello spessore di circa 40 cm.

La sezione tipica delle strade interne all’impianto è riportata nella seguente figura.



*Figura 8-3 – Sezione tipica strada interna*

### 8.3 MITIGAZIONE PERIMETRALE

Come indicato nelle tavole di progetto, sono previste tre differenti fasce di mitigazione perimetrale:

- Tipologia A: recinzione interna all’impianto senza nessuna fascia di mitigazione perimetrale, per una lunghezza complessiva di circa 600 m
- Tipologia B: fascia di mitigazione perimetrale di 5 m di larghezza di nuova realizzazione, per una lunghezza complessiva di circa 4 km
- Tipologia C: fascia di mitigazione perimetrale di 5 m di larghezza con rinfoltimento di vegetazione esistente, per una lunghezza di circa 400 m

Nella seguente tabella sono riportate le lunghezze delle diverse tratte e tipologie previste per le aree di impianto:

Tipologia fasce	Area	Larghezza (m)	Lunghezza (m)
<b>Recinzione - TIPOLOGIA A</b>	3	0	310
	4	0	260
<b>Fascia di mitigazione - TIPOLOGIA B</b>	1	5	1370
	2	5	915
	3	5	490
	4	5	180
	5	5	1115
<b>Fascia di mitigazione esistente da rinfoltire - TIPOLOGIA C</b>	4	5	360

*Tabella 8-1 – Tipologie fasce di mitigazione*

Le fasce di mitigazione perimetrale saranno realizzate utilizzando specie arboree autoctone, quali per esempio il *ligustrum vulgare*, il *laurus nobilis* e *prunus spinosa* per la parte ad arbusti e il *carpinus betulus* e l'*acer campestre* per gli alberi.

La fascia arborea perimetrale contribuirà a schermare l'impianto e contribuirà all'inserimento paesaggistico e ambientale dell'opera.

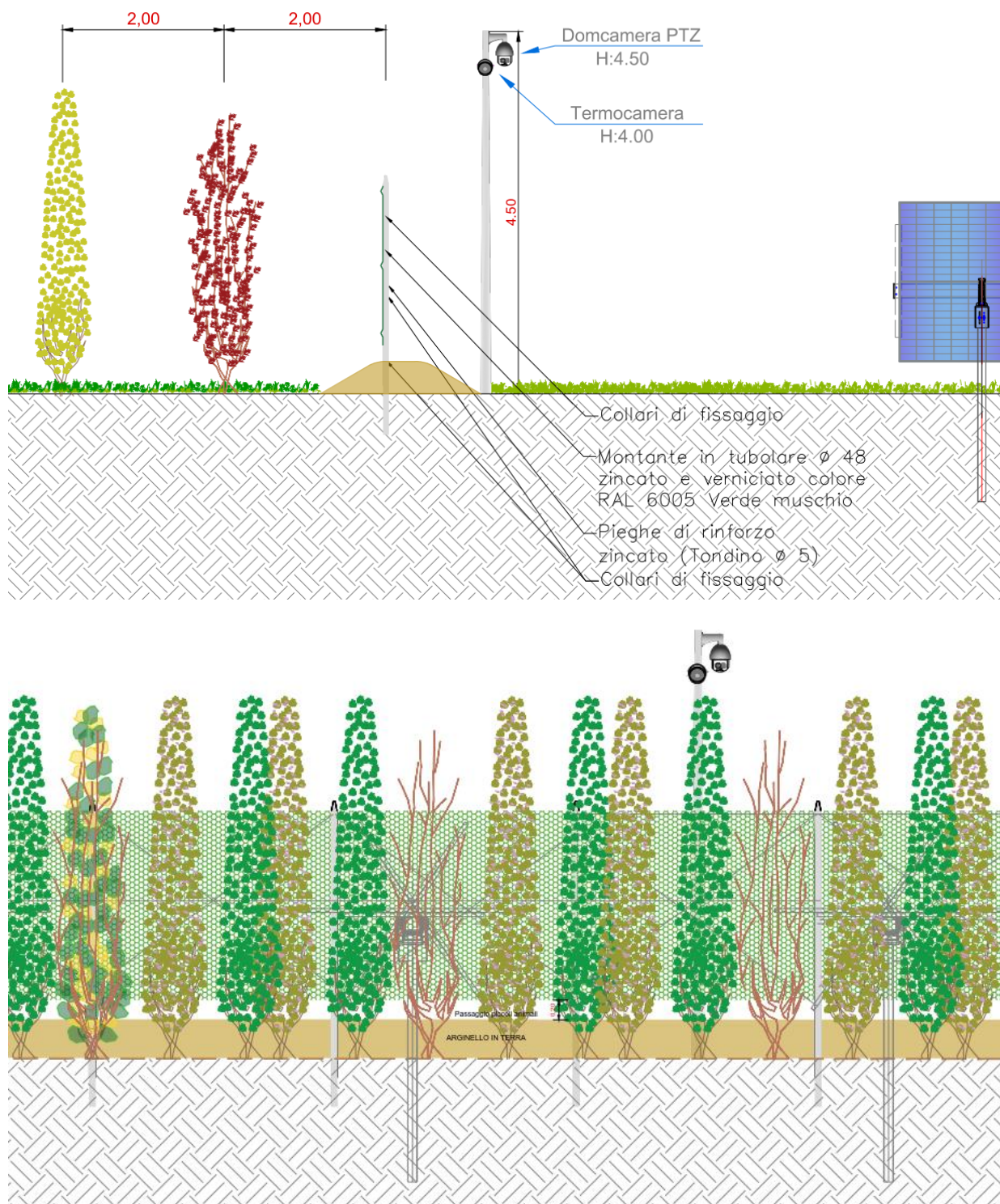


Figura 8-4 – Fascia di mitigazione perimetrale

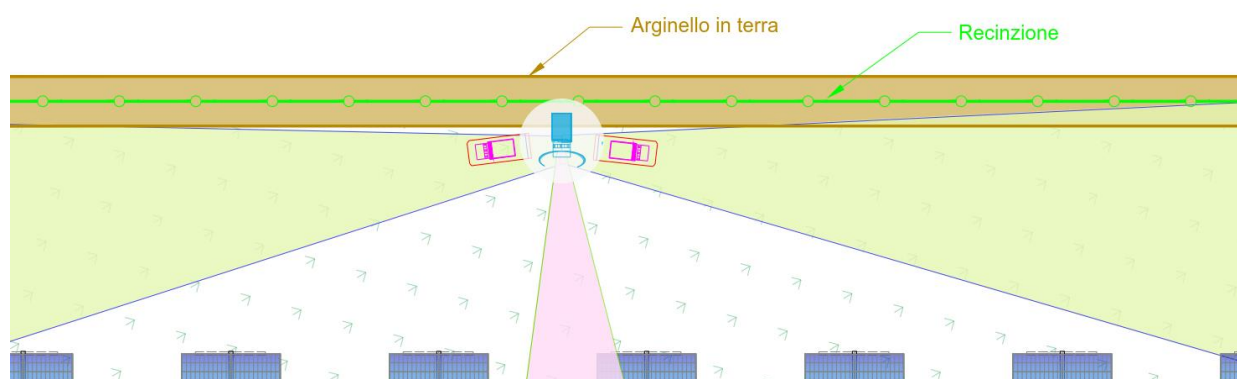


Figura 8-5 – Fascia di mitigazione perimetrale – Tipologia A

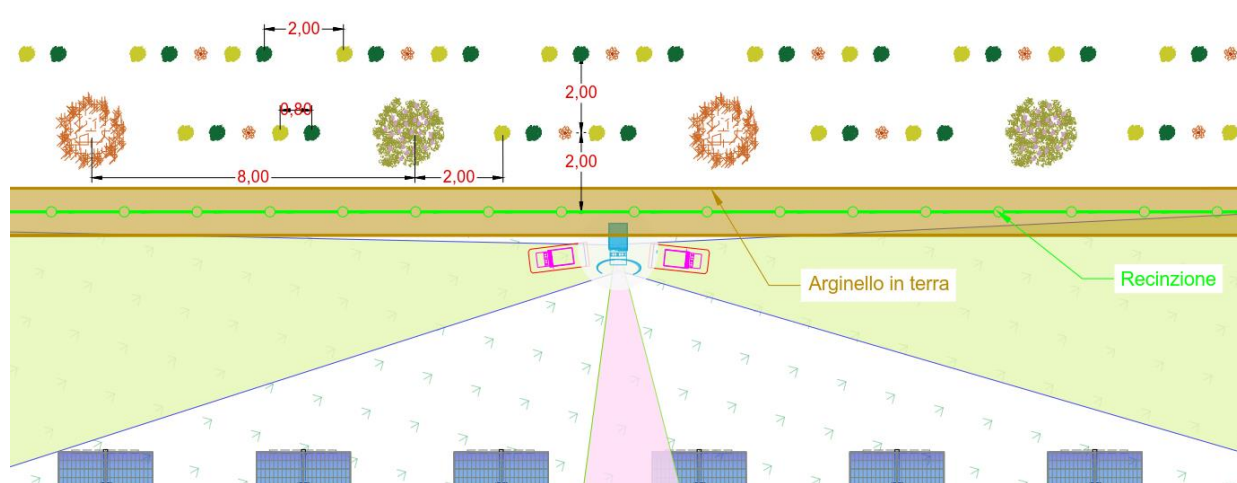


Figura 8-6 – Fascia di mitigazione perimetrale – Tipologia B

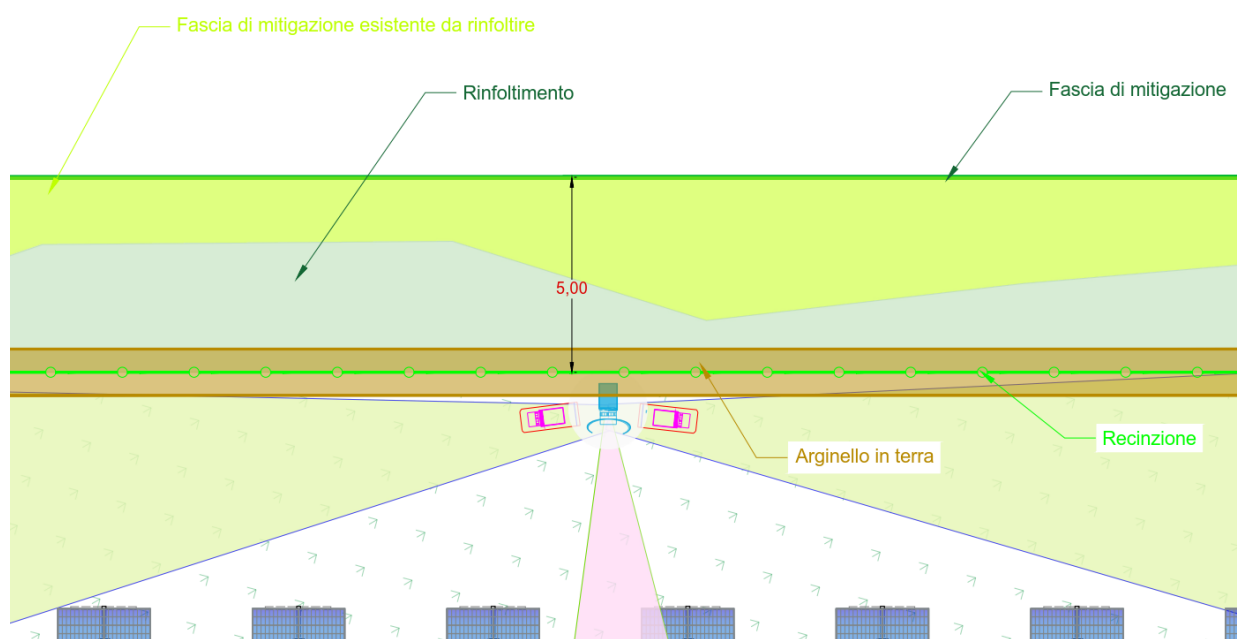


Figura 8-7 – Fascia di mitigazione perimetrale – Tipologia C



## 8.4 CAVIDOTTI

All'interno del campo fotovoltaico verranno realizzati cavidotti per il reticolo dei collegamenti elettrici in bassa tensione utili al collegamento tra gli inverter e le cabine di trasformazione.

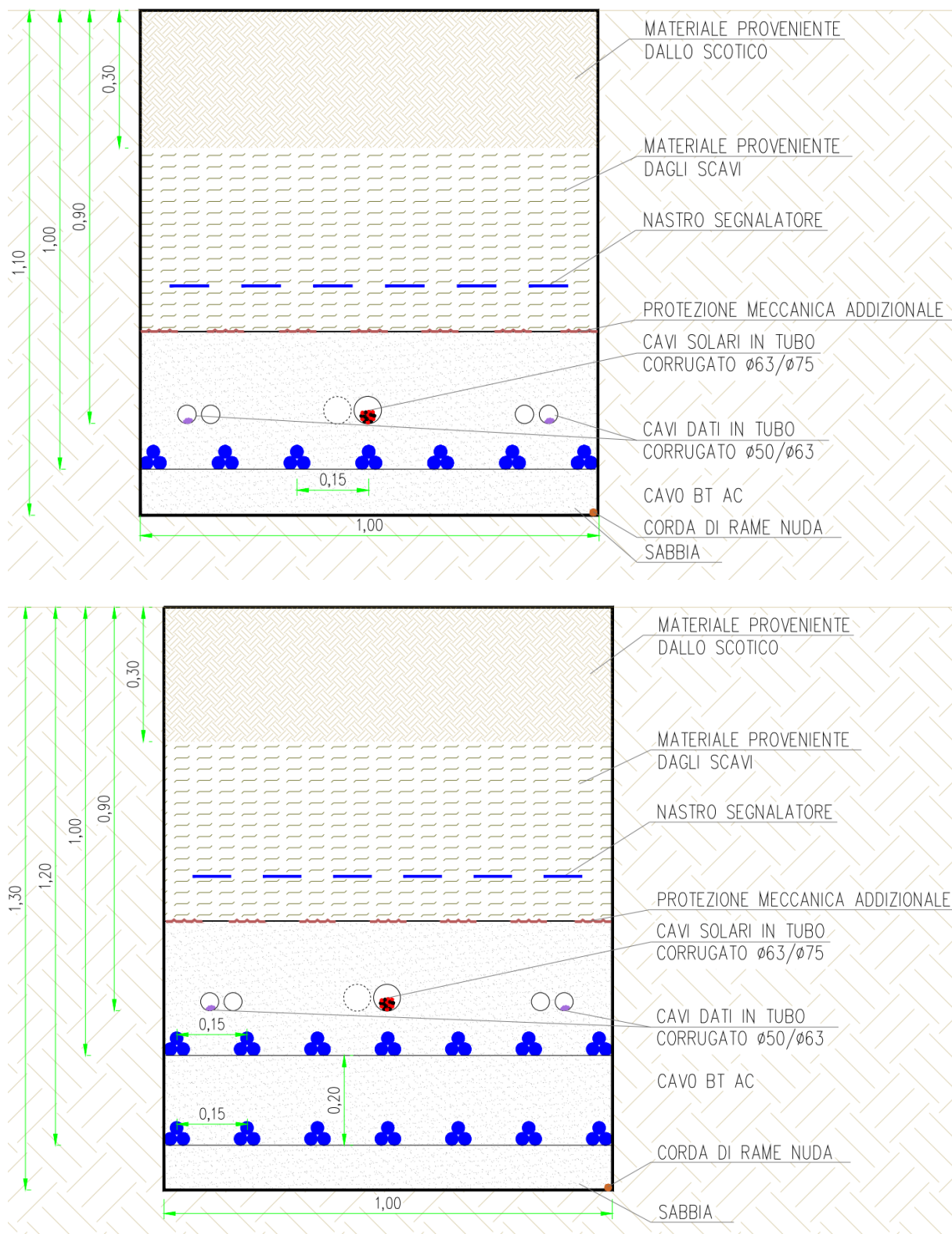
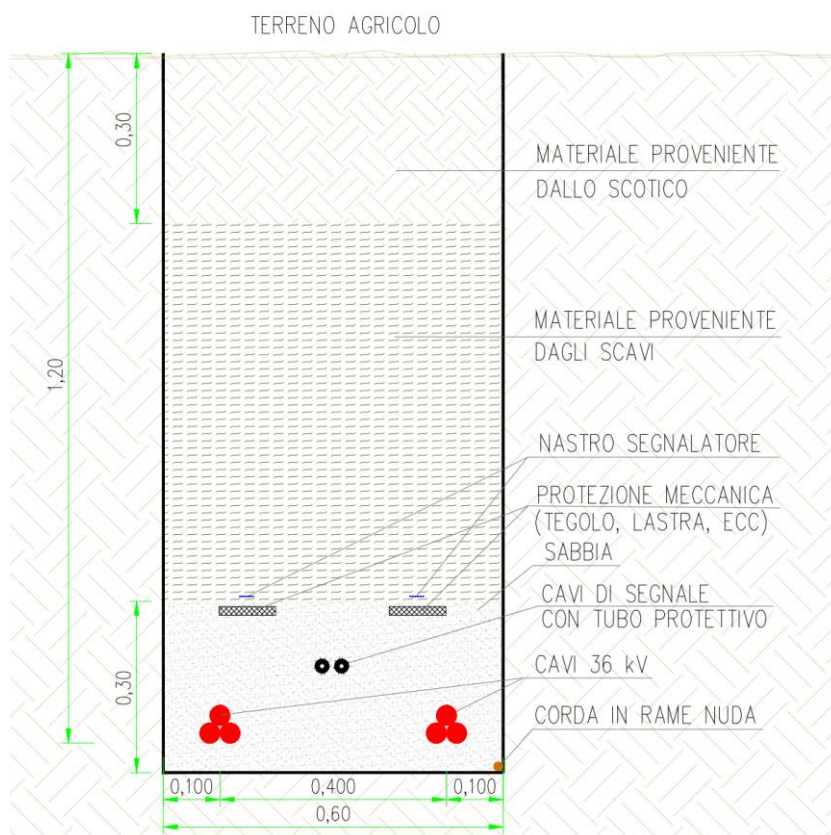


Figura 8-8 – Sezioni tipiche posa cavi BT

Oltre alla rete di distribuzione in bassa tensione verranno realizzate le dorsali 36 kV per collegare le cabine di trasformazione alla cabina utente e poi fino alla stazione RTN.



*Figura 8-9 – Sezione tipica posa cavi 36 kV*

#### 8.4.1 Pozzetti

E' prevista la realizzazione di pozzetti in calcestruzzo per canalizzazioni elettriche e idrauliche, per ispezione di dispersori di terra, etc., secondo i disegni di progetto e le disposizioni impartite in loco dalla D.L.; la loro profondità è legata a quella delle relative canalizzazioni e, qualora ubicati in terreni agricoli, devono sporgere di circa 40 cm per impedire il transito su di essi di macchine agricole.

Può essere richiesto, oltre alla esecuzione del pozzetto e relativa copertura attrezzata, il solo completamento di pozzetti esistenti fino alla quota definitiva del piano campagna mediante rialzamento delle pareti ed installazione di chiusini, griglie, lastre di copertura, oppure la esecuzione parziale di pozzetti ed in questo caso si deve provvedere all'apposizione di chiusure provvisorie atte comunque ad evitare danni ed infortuni.

#### 8.4.2 Pozzetti realizzati in opera

Debbono essere costruiti in calcestruzzo con classe di resistenza minima Rck 25 N/mm<sup>2</sup>, con pareti di spessore 15 o 20 cm, con fondo in calcestruzzo di tipo e spessore pari alle pareti o con fondo drenante costituito da cm 25÷30 di ciottoli di fiume o di cava, con armatura in Fe B 38 K nel cordolo portatelaio. Debbono avere dimensioni nette interne di cm 50x50, 70x70, 80x80, 100x100, 220x220 con lunghezza variabile, secondo disegni di progetto.

Lo spessore delle pareti e del fondo è previsto di 20 cm solo per pozzetti con dimensioni interne superiori a 80x80 cm.

#### 8.4.3 Pozzetti prefabbricati

Debbono essere forniti e posti in opera pozzetti in c.a.v. di dimensioni nette interne da cm 40x40 a cm 100x100, compatibilmente con le disposizioni previste nei disegni di progetto o quelle impartite dalla D.L., sia del tipo ad elemento unico con profondità standard e sia del tipo ad anelli. I pozzetti debbono essere provvisti di lapidino in c.a.v. con relativo chiusino e debbono essere allettati su sottofondo in calcestruzzo con classe di resistenza minima Rck 20 N/mm<sup>2</sup> dello spessore minimo di 10 cm. I pozzetti con dimensioni interne maggiori di 50x50 cm debbono avere spessore delle pareti non inferiore a 10 cm. I pozzetti prefabbricati vengono generalmente impiegati in zone non carrabili sia per la raccolta e il raccordo di pluviali, sia per scarichi civili, sia per la derivazione ed il raccordo delle vie cavi.

#### 8.4.4 Chiusini e griglie per pozzetti

Debbono essere forniti e posti in opera, secondo le indicazioni fornite dal D.L. se non espressamente riportate in progetto, chiusini e griglie in ghisa del tipo unificato e conforme alle normative vigenti. I chiusini debbono avere coperchio antisdrucchiabile con nervature portanti, piani di chiusura rettificati, telaio bullonato smontabile, ed essere adatti al carico di transito di 6 ton. per asse; debbono essere dati in opera, completi di verniciatura con due mani di vernice bituminosa nera. I chiusini debbono avere dimensioni tali da poter essere posti direttamente sulle pareti sia dei pozzetti aventi dimensioni interne di cm 50x50 sia di quelli aventi dimensioni interne di cm 70x70; per pozzetti con dimensioni interne superiori la posa dei chiusini richiede l'esecuzione di apposito cordolo in calcestruzzo armato solidale con le pareti. I chiusini in ghisa per pozzetti con dimensioni interne cm 70 x 70 possono pure essere richiesti nella versione ermetica tipo Lamperti. Infine possono essere richiesti chiusini prefabbricati in cemento armato vibrato (spessore minimo 10 cm) per pozzetti ubicati fuori delle aree di transito pesante (autocarri).

L' Appaltatore deve farsi approvare dalla D.L. il tipo e relativo peso di ciascun elemento in ghisa che intende porre in opera, pena la rimozione e la sostituzione dei manufatti. Nell'effettuare la posa in opera dei telai metallici si deve aver cura di collegare gli stessi al cordolo in c.a. dei pozzetti e di mantenerne la parte superiore allo stesso livello del piano finito della strada o del piazzale, come risulta dai particolari dei disegni di progetto.

### 8.5 SISTEMA DI REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE

Il progetto dove necessario potrà prevedere la realizzazione di cunette drenanti, per la raccolta e l'allontanamento delle acque superficiali di varia provenienza mediante l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica. Tali interventi consentiranno un'azione protettiva del terreno.

### 8.6 FONDAZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO

#### 8.6.1 Requisiti dei materiali da impiegare, contenuto d'acqua

I materiali da utilizzarsi per la preparazione dei calcestruzzi devono corrispondere a quanto prescritto dalle "Norme Tecniche" approvate con Decreto Ministeriale del 17.01.2018 al quale si fa riferimento per il tipo ed il numero dei controlli e le prove sui materiali da eseguire, salvo



quanto diversamente specificato nel presente Capitolato Tecnico.

Il rapporto acqua/cemento deve essere scelto opportunamente (vedi UNI EN 206-1) 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; deve 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 viene effettuato, su richiesta della D.L., verificando sia la quantità di acqua immessa nell'impasto sia l'umidità degli inerti (metodo SPEEDY TEST).

#### 8.6.2 Leganti

I leganti da impiegare devono essere conformi alle prescrizioni e definizioni contenute nella Legislazione vigente ed alla Norma UNI EN 206-1 e UNI ENV 197-1.

Per le opere destinate ad ambiente umido deve essere utilizzato cemento tipo pozzolanico.

Il dosaggio minimo di cemento per m<sup>3</sup> di calcestruzzo deve essere determinato in funzione del diametro massimo degli inerti, secondo la Norma UNI 8981 - Parte 2° sulla durabilità del calcestruzzo, il tutto come riportato negli elaborati di progetto o secondo le disposizioni impartite dalla D.L.

#### 8.6.3 Inerti

Gli inerti possono provenire sia da cave naturali che dalla frantumazione di rocce di cave coltivate con esplosivo e possono essere sia di natura silicea che calcarea, purché di alta resistenza alle sollecitazioni meccaniche. Devono essere 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.

Gli aggregati da utilizzare nella confezione dei calcestruzzi devono soddisfare i requisiti richiesti nel Decreto Ministeriale del 17/01/2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” ed essere conformi alle prescrizioni relative alla Norma UNI 8520.

La granulometria degli inerti deve essere scelta in modo 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.

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 deve essere esibita alla Committente dall'Appaltatore, cui ne compete l'onere.

Per getti particolari, a discrezione della D.L., è a carico dell'Appaltatore provvedere allo studio dei più idonei dosaggi dei vari componenti in base ad apposite ricerche condotte da un Laboratorio Ufficiale.

#### 8.6.4 Classe di resistenza a compressione dei calcestruzzi

Tutte le strutture per fondazioni, platee, pozzetti, muri ecc. devono essere realizzate con calcestruzzo della classe specificata sugli elaborati progettuali per ogni singola opera e/o indicata

dalla D.L. (di norma classe di resistenza minima  $R_{ck}$  25 N/mm<sup>2</sup>).

I getti di sottofondazione, rinfilanco ed allettamento nonché eventuali getti per finiture stradali vengono realizzati utilizzando calcestruzzo confezionato con classe di resistenza minima  $R_{ck}$  20 N/mm<sup>2</sup>).

Lo slump deve essere costantemente controllato nel corso del lavoro dall'Appaltatore mediante il cono di Abrams e non può mai superare i valori prescritti dalla D.L. per ogni classe, mentre detti valori possono essere ridotti quando sia possibile ed opportuno per migliorare la qualità del calcestruzzo.

La classe di resistenza minima non dovrà in alcun modo essere inferiore ai valori indicati nel Decreto Ministeriale del 14/01/2008.

Per ogni singola classe di calcestruzzo, durante la posa in opera, vengono effettuati prelievi dagli impasti in ragione di almeno un prelievo in media ogni 50 m<sup>3</sup> di getto, e in numero maggiore ove specificato, e comunque in numero non inferiore a 2 prelievi di tre cubetti per ogni diversa fase di getto, al fine di accertare la rispondenza del calcestruzzo secondo le modalità indicate dal D.M. del 17/01/2018.

I provini prelevati dall'Appaltatore su ordine della D.L., datati e contrassegnati in modo indelebile con riferimento al manufatto cui si riferiscono, sono conservati a cura del Committente che provvede a trasmetterli ad un Laboratorio ufficiale affinché siano sottoposti alle prove di schiacciamento. Il Committente stesso trasmette i risultati delle analisi alla D.L. per le opportune valutazioni.

L'onere del prelievo dei provini e del costo per le prove di schiacciamento presso il Laboratorio Ufficiale è a carico dell'Appaltatore.

La determinazione delle Classi viene eseguita separatamente:

- per ogni singola opera di volume superiore o uguale a 100 m<sup>3</sup>;
- per singole e/o gruppi di opere che vengono definite dalla D.L. in cantiere.

Qualora dalle prove di Laboratorio riferite a manufatti singoli, si ottenesse una Classe inferiore a quella prescritta, la D.L. la Committente può rifiutare l'opera realizzata con tale anomalia. In questo caso, resta all'Appaltatore l'onere di demolire e ricostruire, a sue spese, ogni opera alla quale si riferiscono i prelievi le cui prove hanno dato risultati insufficienti.

In questo caso, resta all'Appaltatore l'onere di demolire e ricostruire, a sue spese, ogni opera alla quale si riferiscono i prelievi le cui prove hanno dato risultati insufficienti.

Durante la ricostruzione delle opere in discorso vengono effettuati nuovi prelievi, secondo le modalità sopra stabilite, i cui risultati devono dimostrare l'appartenenza del cls. alla Classe richiesta.

Tuttavia, la Committente - a suo insindacabile giudizio - può accettare, in luogo della demolizione che l'Appaltatore esegua a sua cura e spese, quelle opere di rafforzamento delle strutture che tecnicamente potessero ritenersi idonee e che consentissero alle strutture in questione di raggiungere una resistenza equivalente alla prescritta.

Tale idoneità ed equivalenza debbono essere esplicitamente accertate ed approvate dalla D.L. e quindi dalla Committente; in questo caso detti manufatti vengono esclusi dalla determinazione statistica della Classe del calcestruzzo.

#### 8.6.5 Modalità esecutive dei getti di cls.

Oltre a quanto previsto nel D.M. 17.01.2018 e nella UNI 9858 si precisa che il cls. deve essere posto in opera, appena confezionato, in strati successivi fresco su fresco, possibilmente per tutta la superficie interessante il getto, convenientemente pistonato e vibrato con vibratorii meccanici ad immersione o percussione, evitando accuratamente la segregazione degli inerti; si precisa che non possono essere eseguite interruzioni nei getti di cls se non previste nei disegni di progetto, ovvero preventivamente concordate con la Committente.

Le eventuali riprese di getto da fase a fase debbono avvenire previa opportuna preparazione delle superfici di ripresa, che devono essere scalpellate e pulite con getti di aria ed acqua in pressione.

I basamenti non aventi armatura metallica devono essere gettati in unica fase affinché il getto stesso risulti monolitico.

Per necessità logistiche od esecutive, in accordo con la D.L., i getti potranno essere effettuati con l'ausilio di pompa da calcestruzzo, naturalmente a cura e spese dell'Appaltatore, evitando nel contempo la caduta libera dell'impasto da altezze superiori a 1,5 m.

Tutte le superfici orizzontali dei getti di cls che rimarranno in vista devono essere rifinite e lisciate a fratazzo fine, in fase di presa del getto. E' vietato porre in opera i calcestruzzi a temperatura inferiore a zero gradi centigradi. I getti di cls devono essere eseguiti con una tolleranza massima di errore geometrico di  $\pm 0,5$  cm, errori superiori devono essere eliminati, a cura e spese dell'Appaltatore, e solo con le modalità che la D.L. riterrà opportune.

Al momento del getto, fermo restando l'obbligo di corrispondere alla Classe di resistenza a compressione prescritta, il calcestruzzo deve avere una Classe di consistenza tale da permettere una buona lavorabilità e nello stesso tempo da limitare al massimo i fenomeni di ritiro, nel rispetto del rapporto acqua/cemento sopra definito; tutti i getti dovranno comunque essere mantenuti convenientemente bagnati durante la prima fase della presa (almeno tre giorni) e protetti con sacchi di juta inumiditi.

Il trasporto del calcestruzzo fresco, dall'impianto di betonaggio alla zona del getto, deve avvenire mediante l'utilizzo di mezzi e con metodi idonei al fine di evitare la separazione degli inerti e di assicurare un approvvigionamento continuo del calcestruzzo per ogni fase di getto. L'intervallo di tempo tra l'esecuzione dell'impasto e la messa in opera del calcestruzzo non deve superare un ora avendo cura, per tutto il suddetto periodo, di mantenere la miscela in movimento. Particolare cura deve essere rivolta al controllo delle perdite di acqua per evaporazione durante il trasporto a mezzo di autobetoniere; a questo scopo, deve essere controllata la consistenza o la plasticità del calcestruzzo con prelievi periodici (slump), a giudizio della D.L.

#### 8.6.6 Benestare ai getti

L'Appaltatore non può iniziare alcun getto di calcestruzzo senza aver prima ottenuto dalla D.L. apposito e specifico benestare.

Inoltre, l'Appaltatore, almeno 10 g. prima dell'inizio del primo getto, deve presentare alla Committente la Relazione Tecnica sulla granulometria degli inerti, riportante pure la provenienza e la qualità degli stessi, integrandola con le notizie sulla marca ed il dosaggio del cemento e le quantità d'acqua che intende impiegare per la confezione del cls. di ciascuna Classe di resistenza, anche in relazione alle additivazioni previste che devono essere analiticamente descritte.

#### 8.6.7 Acciaio per cemento armato

L'acciaio e la rete elettrosaldata devono corrispondere alle caratteristiche specificate dalle Norme Tecniche cui a D.M. 17.01.2018.

Le dimensioni della maglia, il diametro del filo e la misura base dei pannelli della rete elettrosaldata sono stabiliti dal progetto costruttivo.

L'Appaltatore deve fornire i certificati di controllo, come prescritto dalla normativa succitata, per ciascuna partita di acciaio approvvigionato, in originale e copia conforme all'originale ai sensi dell'Art. 14 della Legge n. 15 del 4/01/1968. La D.L. provvede, in cantiere, al prelievo dei vari spezzoni da sottoporre agli accertamenti sulle caratteristiche fisico-chimiche, coerentemente a quanto disposto nel D.M. citato; detti spezzoni vengono inviati ad un Laboratorio Ufficiale di analisi a cura e spese dell'Appaltatore al quale spettano anche gli oneri relativi alle prove stesse.

La costruzione delle armature e la loro messa in opera devono effettuarsi secondo le prescrizioni delle vigenti leggi per le opere in c.a. L'armatura deve essere posta in opera nelle casseforme, secondo le posizioni assegnate dai disegni di progetto, facendo particolare attenzione che le parti esterne di detta armatura vengano rivestite del prescritto spessore di calcestruzzo (copriferro).

### 8.7 TRATTAMENTO DEL SUOLO

Al termine dei lavori di installazione dell'impianto seguiranno interventi di compensazione delle irregolarità, dei solchi e la risoluzione dei problemi di compattazione causati dal transito di mezzi pesanti su terreno bagnato. A seguito di tali interventi il suolo agrario verrà lasciato a riposo. Si avrà cura, comunque, nell'evitare che le erbe spontanee si sviluppino in modo eccessivo, in maniera tale da limitarne la diffusione; tramite sistematici interventi con macchine operatrici per la lavorazione del terreno si provvederà ad effettuare interventi sia negli spazi interfila che nelle aree libere.

A partire dall'inizio dell'estate verranno eseguite una serie di lavorazioni finalizzate innanzitutto all'eliminazione della vegetazione secca, e poi ad ottenere una completa preparazione del letto di semina su tutte le aree oggetto di coltivazione.

Le operazioni colturali inizieranno con il dissodamento meccanico di tutte le aree perimetrali “di colletto” di qualsiasi palo, basamento, pozzetto o comunque di tutto ciò che emerge dal terreno, e delle aree dove i pannelli sono più vicini al suolo e dovunque ci siano strutture che possano limitare il passaggio in altezza al di sotto dei due metri con macchine operatrici adeguate (es. trattore con aratro, falciatrice, imballatrice). Il passaggio successivo sarà di intervenire con un erpice snodato, trainato/portato da un trattore di medie dimensioni con arco di protezione reclinabile, per ridurre al minimo l'ingombro in altezza, in modo da poter lavorare senza problemi su tutta la superficie sottostante i pannelli.

Solo a questo punto sarà possibile procedere alla preparazione meccanica del terreno nelle aree di impianto e nelle aree perimetrali, da eseguire con un trattore di maggiore potenza, tramite aratura, seguita da diversi passaggi di affinamento mediante erpice snodato in periodi in cui il terreno sia in idonee condizioni di tempera, per evitare la formazione di zolle persistenti, di difficile gestione in relazione alla germinazione delle sementi di dimensioni ridotte.

Dopo che tutto il terreno sarà stato preparato, durante i mesi autunnali, si procederà alla semina delle foraggere e al trapianto delle piante arboree e arbustive lungo le fasce di mitigazione perimetrale. Tali operazioni verranno effettuate così come previsto dal piano agronomico

proposto dagli elaborati di progetto.

## 8.8 TRASPORTO DI MATERIALI

Per quanto possibile si farà ricorso a strutture preassemblate e preverniciate, al fine di ridurre al minimo i trasporti e le attività di cantiere.

Per quanto riguarda la posa in opera dei cavidotti interrati è stimabile che siano necessari 6 escavatore per realizzare i cunicoli su cui posare i cavi e circa 8 autocarri per il trasporto della terra e per il trasporto delle cabine skid che giungeranno già assemblate e predisposte per il collegamento elettrico.

## 8.9 USO DI RISORSE

Durante le attività di cantiere l’approvvigionamento elettrico sarà garantito da gruppi elettrogeni.

L’approvvigionamento idrico avverrà a mezzo stoccaggio in appositi serbatoi serviti da autobotte.