

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE
"ASCOLI SATRIANO MASSERIA SAN POTITO" - POTENZA NOMINALE IMPIANTO FOTOVOLTAICO 47,5 MVA
POTENZA NOMINALE SISTEMA DI ACCUMULO ENERGIA 90 MVA

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA di FOGGIA
COMUNE di ASCOLI SATRIANO
Località: Masseria San Potito

PROGETTO DEFINITIVO
Id AU 82BKAH2

Tav.:

Titolo:

R03
rev1

Relazione Tecnica Opere Civili

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

82BKAH2_DocumentazioneSpecialistica_03-rev1

Progettazione:

Committente:

DOTT. ING. Fabio CALCARELLA

Via Bartolomeo Ravenna, 14 - 73100 Lecce
Mob. +39 340 9243575
fablo.calcarella@gmail.com - fablo.calcarella@ingpec.eu
P. IVA 04433020759

Whysol-E Sviluppo S.r.l.

Via Meravigli, 3 - 20123 - MILANO
Tel: +39 02 359605
Info@whysol.it - whysol-e.sviluppo@legalmail.it
P. IVA 10692360968



| Data | Motivo della revisione: | Redatto: | Controllato: | Approvato: |
|---------------|---|------------|--------------|--------------------------|
| Aprile 2020 | Prima emissione | STC S.r.l. | FC | WHYSOL-E Sviluppo s.r.l. |
| Novembre 2020 | Rev1 - Validazione TERNA progetto connessione | STC | FC | WHYSOL-E Sviluppo s.r.l. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Sommario

| | |
|---|----|
| 1. Generalità..... | 2 |
| 2. Caratteristiche generali dell'impianto e dell'area oggetto dell'intervento | 2 |
| 2.1. Caratteristiche generali dell'impianto..... | 2 |
| 2.2. Caratteristiche dell'area..... | 3 |
| 3. IMPIANTO FOTOVOLTAICO – Generalità..... | 3 |
| 3.1. Preparazione del sito | 4 |
| 3.2. Realizzazione strade..... | 4 |
| 3.2.1. Strade perimetrali | 4 |
| 3.2.2. Strade interne..... | 5 |
| 3.3. Realizzazione recinzione perimetrale e cancelli | 5 |
| 3.4. Sistema di videosorveglianza e illuminazione..... | 7 |
| 3.5. Scavi | 9 |
| 3.5.1. Scavi a sezione ristretta..... | 9 |
| 3.5.2. Scavi a sezione ampia..... | 9 |
| 3.6. Strutture metalliche di sostegno dei moduli fotovoltaici | 10 |
| 4. Cavidotti interni..... | 21 |
| 4.1. Scavi..... | 21 |
| 4.1.1. Scavi per cavidotti interni BT ed MT | 21 |
| 5. Gruppi conversione / trasformazione (Shelter)..... | 22 |
| 6. Cabine di Campo..... | 22 |
| 7. Cabina di Smistamento (CdS)..... | 24 |
| 8. Shelter per l'accumulo dell'energia prodotta..... | 25 |
| 9. Linea elettrica interrata MT | 27 |
| 10. Linea elettrica interrata AT | 28 |
| 11. Impianto di terra | 28 |

1. Generalità

La presente relazione ha lo scopo di illustrare gli aspetti tecnici legati alla progettazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare) e di tutte le opere ad esso annesse e necessarie per il collegamento dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale gestita da TERNA S.p.A., ed in particolare per il collegamento alla Stazione Elettrica TERNA 150/380 kV "*Deliceto*". La presente trattazione riguarderà le Opere Civili.

2. Caratteristiche generali dell'impianto e dell'area oggetto dell'intervento

2.1. Caratteristiche generali dell'impianto

L'impianto avrà potenza nominale pari a 47.500,00 kW. Inoltre è prevista l'installazione, nell'area di impianto, di un **Sistema di Accumulo (SdA)** di potenza nominale pari a 90 MVA (equivalenti a una produzione di 270 MWh) costituito da un sistema di batterie al Litio-Ferro-Fosfato. Un Sistema di Accumulo è un insieme di dispositivi, apparecchiature e logiche di gestione e controllo, funzionale ad assorbire e rilasciare energia elettrica, previsto per funzionare in maniera continuativa in parallelo con la rete con obbligo di connessione di terzi o in grado di comportare un'alterazione dei profili di scambio con la rete elettrica (immissione e/o prelievo).

Tutta l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico e proveniente dall'impianto di accumulo saranno raccolte nella Cabina di Smistamento (CdS), ubicata all'interno dell'area di impianto. Le opere di connessione per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale, prevedono la realizzazione:

- 1) di linee MT in cavo interrato di lunghezza pari a 1,5 km circa per il convogliamento dell'energia prodotta in media tensione a 30 kV dalla Cabina di Smistamento alla SSE elettrica di trasformazione che sarà denominata *SSE Renoir*;
- 2) della *SSE Renoir* in cui avviene l'innalzamento di tensione dell'energia prodotta da 30 kV (media tensione) a 150 kV (alta tensione), ubicata nel territorio comunale di Deliceto, ad 1 km circa in linea d'aria dall'impianto fotovoltaico in progetto;
- 3) di una linea AT in cavo interrato di lunghezza pari a circa 600 m, che trasporta l'energia a 150 kV dalla *SSE Renoir* alla ***SSE Elce esistente ed in esercizio*** adiacente alla *SE Terna Deliceto* a cui è elettricamente connessa.;
- 4) di tutte le apparecchiature elettriche AT per il collegamento del cavo in arrivo dalla *SSE Renoir* alle sbarre AT esistenti e predisposte per ulteriori connessioni della *SSE Elce*.

L'impianto fotovoltaico propriamente detto sarà ubicato ad Ovest del Comune di Ascoli Satriano (FG). Il Cavidotto MT a 30 kV interesserà i Comuni di Ascoli Satriano (FG) e di Deliceto (FG) ed avrà una lunghezza complessiva di circa 1,5 km. La SSE *Renoir* è ubicata nel Comune di Deliceto (FG). Il percorso del cavo AT, 600 m circa dalla SSE *Renoir* alla SSE *Elce esistente*, avverrà interamente nel territorio comunale di Deliceto.

2.2. Caratteristiche dell'area

L'impianto fotovoltaico propriamente detto è ubicato ad Ovest del Comune di Ascoli Satriano (FG). Il Cavidotto MT a 30 kV interesserà i Comuni di Ascoli Satriano (FG) e di Deliceto (FG). La SSE Utente sarà "*Renoir*" realizzata nel Comune di Deliceto (FG). L'impianto avrà un'estensione di circa 72,5 ha.

Le caratteristiche dell'area di impianto sono riportate nelle tabelle seguenti:

| Latitudine | Longitudine | Comune |
|-------------------|--------------------|----------------------|
| 41° 12.728'N | 15° 29.569'E | Ascoli Satriano (FG) |

Tabella A – Ubicazione geografica delle opere

| Estensione (ha) | Potenza (MW) | Rapporto ha / MW | Ubicazione NCT |
|------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 72,5 | 47,502 | 1,53 | Foglio 57-21 (Ascoli Satriano) |

Tabella B – Estensione e Potenza installata

3. IMPIANTO FOTOVOLTAICO – Generalità

Come detto, il progetto prevede la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica, per complessivi 47,502 MWp (potenza installata) e di tutte le opere di connessione ed infrastrutture annesse necessarie per cedere l'energia prodotta alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

L'energia prodotta dall'impianto sarà convogliata, dopo la trasformazione da BT in MT, mediante un cavidotto interrato, ad una Sottostazione Elettrica Utente di nuova costruzione

(Renoir) e parte integrante del presente progetto, in prossimità del punto di connessione alla RTN o inviata al sistema di accumulo (storage).

Si riporta di seguito quelle che saranno le Opere Civili e le lavorazioni previste in progetto:

- a) preparazione delle aree mediante pulizia e svellimento di eventuale piantumazione agricola esistente;
- b) realizzazione strade perimetrali e di servizio interne;
- c) montaggio recinzione perimetrale e cancelli;
- d) scavi per posizionamento cabine prefabbricate di Campo e Cabina di Smistamento;
- e) montaggio strutture metalliche di supporto dei moduli fotovoltaici;
- f) scavi per realizzazione linea interrata MT, esterna al parco fotovoltaico, per il collegamento della CdS alla SSE Utente;
- g) scavi per installazione delle apparecchiature AT e per la realizzazione della vasca di raccolta olio dei trasformatori MT/AT all'interno della nuova SSE Utente 30/150 kV (*Renoir*).

3.1. Preparazione del sito

Sarà necessaria una pulizia propedeutica del terreno dalle graminacee e dalle piante selvatiche preesistenti o qualsiasi altro tipo di coltura arborea.

In generale gli interventi di spianamento e di livellamento, dovendo essere ridotti al minimo, saranno ottimizzati in fase esecutiva e quindi di Direzione Lavori.

3.2. Realizzazione strade

3.2.1. Strade perimetrali

La viabilità interna all'impianto fotovoltaico, come indicato negli elaborati di progetto, sarà costituita da una strada perimetrale interna alla recinzione e da una serie di strade che attraversano trasversalmente le aree di impianto. Avrà una larghezza pari a 4,0 metri. Dal punto di vista strutturale, tale strada consisterà in una massiciata tipo "**MACADAM**". Si prevede quindi:

- a) scoticamento superficiale per una profondità massima di 20 cm;
- b) posa di strato di base costituito da materiale lapideo proveniente da cave di prestito o scavi di cantiere, per uno spessore di 20 cm – pezzatura 70-100 mm;
- c) posa di uno strato superiore a formare il piano viabile, in misto di cava per uno

spessore di 10 – pezzatura 0-20 mm.

In base alla tipologia del terreno di sottofondo riscontrato, potrebbe essere necessario l'utilizzo di telo di geo-tessuto ad ulteriore rinforzo del sottofondo, così da evitare cedimenti al passaggio dei mezzi di servizio, e crescita di erbe infestanti durante la fase di esercizio dell'impianto.

Il materiale di cui ai punti a) e b), potrà essere rinvenuto direttamente in sito durante le fasi di scavo per la posa delle Cabine di Campo. La natura del terreno su cui sorgerà il sito infatti, presente una elevata percentuale a componente rocciosa, costituita in alcune zone oltre che da roccia "sciolta", anche da banchi di roccia affiorante.

Tale materiale potrà quindi essere riutilizzato, previa caratterizzazione, per la costituzione delle fondazioni stradali.

Ciò consentirà di ridurre notevolmente l'apporto di materiale da cave di prestito, riducendo così anche i costi dell'intero progetto.

Le strade perimetrali e quelle interne, seguiranno l'andamento orografico attuale, che di per se risulta pressoché pianeggiante.

3.2.2. Strade interne

Le strade interne all'impianto, saranno tutte di nuova costruzione, con caratteristiche come riportato nel paragrafo precedente.

3.3. Realizzazione recinzione perimetrale e cancelli

La recinzione dell'impianto sarà realizzata con pannelli elettrosaldati con maglia 50x200 mm, di lunghezza pari a 2 m ed altezza di 2 m, per assicurare una adeguata protezione dalla corrosione il materiale sarà zincato e rivestito con PVC di colore verde. I pannelli saranno fissati a paletti di acciaio anche essi con colorazione verde. I paletti saranno infissi nel terreno e bloccati da piccoli plinti in cemento (dimensioni di riferimento 40x40x40 cm) completamente annegati nel terreno e coperti con terreno vegetale. Alcuni paletti saranno poi opportunamente controventati.

Alcuni dei moduli elettrosaldati saranno rialzati in modo da lasciare uno spazio verticale di 30 cm circa tra terreno e recinzione, per permettere il movimento interno-esterno (rispetto l'area di impianto) della piccola fauna.

I cancelli saranno realizzati in acciaio zincato anch'essi grigliati e sostenuti da paletti in

tubolare di acciaio.

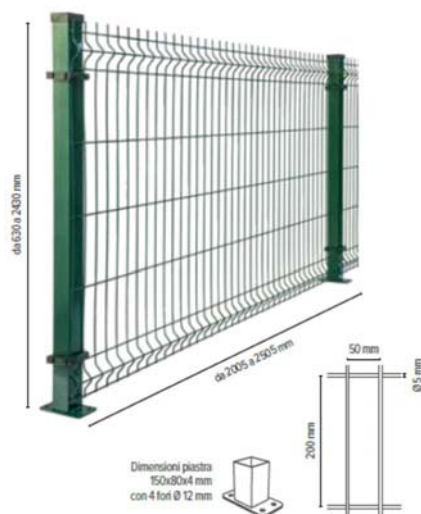


Fig.2- Tipologico di pannello per recinzione perimetrale

La recinzione tipo presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

● **DIMENSIONI**

- Maglia 50x200 mm;
- Tondo diametro 5 mm;
- Larghezza mm 2000;
- Maglie mm 150 x 50;
- Diametro dei fili verticali mm 5 e orizzontali mm 6.

● **MATERIALE**

- Acciaio S235Jr EN 10025 – zincato secondo la Norma EN 10244-2;

● **RIVESTIMENTO**

- Verniciatura con poliestere;

● **COLORE**

- Verde RAL 6005.

In fase di progettazione esecutiva le caratteristiche della recinzione potrebbero subire modifiche.

L'impianto sarà dotato di cancelli carrabili per l'accesso all'impianto.

Al di fuori della recinzione sarà installata una siepe perimetrale di altezza pari a quella della stessa recinzione, il cui scopo è quello di mitigare l'impatto visivo. Nei punti in cui è presente vegetazione spontanea esistente, la siepe potrebbe essere non installata.

3.4. Sistema di videosorveglianza e illuminazione

Video sorveglianza

L'accesso all'area recintata sarà sorvegliato automaticamente da un sistema di Sistema integrato Anti-intrusione composto da:

- N. 115 telecamere TVCC tipo fisso Day-Night, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR, ogni 40 m circa così suddivisi:

Queste saranno installate su pali in acciaio zincato di altezza pari a m 3,50 ed ancorati su opportuno pozzetto di fondazione porta palo e cavi;

- cavo *alfa* con anime magnetiche, collegato a sensori microfonici, aggraffato alle recinzioni a media altezza, e collegato alla centralina d'allarme in cabina;
- barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina e del cancello di ingresso;
- N.1 badge di sicurezza a tastierino, per accesso alla cabina;
- N.1 centralina di sicurezza integrata installata in cabina. I

sistemi appena elencati funzioneranno in modo integrato.

Il cavo *alfa* sarà in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna in caso di tentativo di scavalco o danneggiamento.

Le barriere a microonde rileveranno l'accesso in caso di scavalco o effrazione nelle aree del cancello e/o della cabina. Le telecamere saranno in grado di registrare oggetti in movimento all'interno del campo, anche di notte; la centralina manterrà in memoria le registrazioni.

I badges impediranno l'accesso alla cabina elettrica e alla centralina di controllo ai non autorizzati.

Al rilevamento di un'intrusione, da parte di qualsiasi sensore in campo, la centralina di controllo, alla quale saranno collegati tutti i sopradetti sistemi, invierà una chiamata alla più vicina stazione di polizia e al responsabile di impianto tramite un combinatore telefonico automatico e trasmissione via antenna *gsm*.

Illuminazione

L'impianto di illuminazione sarà costituito da 2 sistemi:

- Illuminazione perimetrale;
- Illuminazione esterno cabina;

Tali sistemi sono di seguito brevemente descritti.

Illuminazione perimetrale

- Tipo lampada: Proiettori LED, Pn = 250W
- Tipo armatura: proiettore direzionabile;
- Numero lampade: 230;
- Numero palificazioni: 115;
- Funzione: illuminazione stradale notturna e anti-intrusione;
- Distanza tra i pali: circa 40 m.

Illuminazione esterno cabine

- Tipo lampade: Proiettori LED - 40 W;
- Tipo armatura: corpo Al pressofuso, forma ogivale;
- Numero lampade: 4;
- Modalità di posa: sostegno su tubolare ricurvo aggraffato alla parete. Posizione agli angoli di cabina;
- Funzione: illuminazione piazzole per manovre e sosta.

Il suo funzionamento sarà esclusivamente legato alla sicurezza dell'impianto. Ciò significa che qualora dovesse verificarsi un'intrusione durante le ore notturne, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori a led, installati sugli stessi pali montanti le telecamere dell'impianto di videosorveglianza. Quindi sarà a funzionamento discontinuo ed eccezionale. Inoltre la direzione di proiezione del raggio luminoso, sarà verso il basso, senza quindi oltrepassare la linea dell'orizzonte o proiettare la luce verso l'altro.

Da quanto appena esposto si può evincere che detto impianto di illuminazione è conforme a quanto riportato all'art.6 della L.R. N.15/05 "Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico", ed in particolare al comma 1, lettere a), b), e) ed f).

3.5. Scavi

Saranno realizzati scavi a sezione ristretta e scavi a sezione ampia. Gli scavi a sezione ristretta saranno realizzati per la posa dei cavidotti interni nonché per la realizzazione della linea interrata MT per il collegamento tra l'impianto fotovoltaico e la SSE Utente 30/150 kV. Al fine di posare correttamente i cavi, le modalità di esecuzione saranno quelle previste dalla normativa vigente *CEI 11-17 "Norme per gli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo" § 4.3 "Condizioni ambientali di posa"*.

Gli scavi a sezione ampia saranno realizzati invece per la posa delle Cabine di Campo, della Cabina di Smistamento.

3.5.1. Scavi a sezione ristretta

Gli scavi a sezione ristretta (*trincee*) necessari per la realizzazione della rete elettrica BT ed MT di impianto e per la realizzazione del cavidotto MT di collegamento tra la CdS e la SSE Utente esistente, avranno ampiezza variabile in relazione al numero di cavi (BT o MT) che dovranno essere posati al loro interno, quindi variabili da un minimo di 40 cm fino ad un massimo di 70 cm e profondità variabile da 1,0 m a 1,2 m.

Gli scavi, effettuati con mezzi meccanici, saranno realizzati evitando scoscendimenti, franamenti, ed in modo tale che le acque scorrenti alla superficie del terreno non abbiano a riversarsi nei cavi. I materiali rinvenuti dagli scavi a sezione ristretta, realizzati per la posa dei cavi, saranno momentaneamente depositati in prossimità degli scavi stessi o in altri siti individuati nel cantiere. Successivamente lo stesso materiale sarà riutilizzato per il rinterro.

Quanto in eccesso sarà trasportato a rifiuto in discarica autorizzata secondo quanto anche riportato nella "*Relazione sul riutilizzo di terre e rocce da scavo*".

3.5.2. Scavi a sezione ampia

Gli scavi a sezione ampia saranno realizzati per consentire la posa delle Cabine di Campo e della Cabina di Smistamento. Avranno larghezza e profondità tali da poter contenere:

- Platea di fondazione in c.a. per il sostegno della cabina;
- Vasca di fondazione prefabbricata della Cabina;
- Anello della rete di terra della cabina.

Il riempimento dello scavo, dopo la posa del manufatto prefabbricato, sarà effettuato con lo stesso materiale di risulta dello scavo.

3.6. Strutture metalliche di sostegno dei moduli fotovoltaici

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori solari monoassiali "Tracker".

I moduli fotovoltaici saranno installati su un'unica fila in configurazione *portrait* (verticale) rispetto all'asse di rotazione del tracker. Le dimensioni principali del tracker sono riportate in figura.

Ciascun tracker monofila si muove in maniera indipendente rispetto agli altri poiché ognuno è dotato di un proprio motore. L'asse di rotazione (asse principale del tracker) è in linea generale orientato nella direzione nord-sud, ma nel caso particolare oggetto di questo studio, avrà una inclinazione (*azimut*) di 0° .

Piccole rotazioni sono possibili in relazione alla conformazione del terreno.

Il *range* di rotazione completo del tracker è pari a 110° ($-55^\circ/+55^\circ$), come indicato nelle figure seguenti.

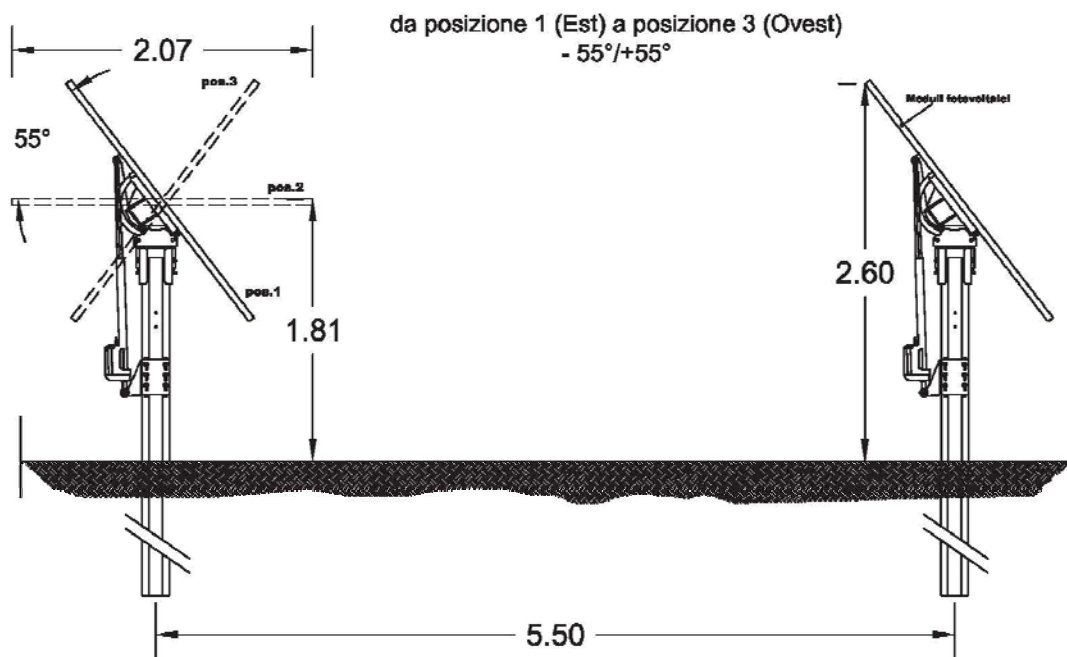


Fig. 3 - Dimensioni principali del tracker

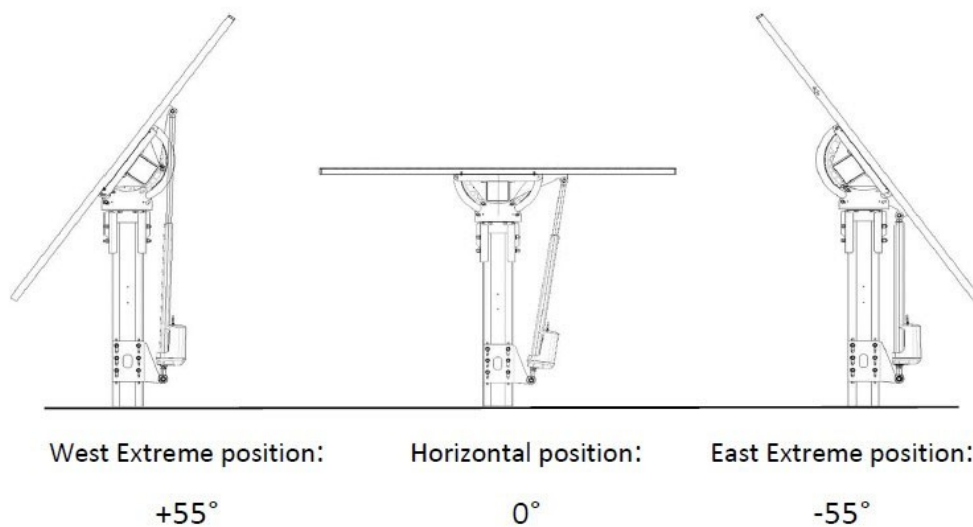


Fig. 4 - Angolo di rotazione del tracker

La movimentazione dei *tracker* nell'impianto fotovoltaico è controllata da un software che include un algoritmo di backtracking per evitare ombre reciproche tra file adiacenti. Quando l'altezza del sole è bassa, i pannelli ruotano dalla loro posizione ideale di inseguimento per evitare l'ombreggiamento reciproco, che ridurrebbe la potenza elettrica delle stringhe. L'inclinazione non ideale riduce la radiazione solare disponibile ai pannelli fotovoltaici, ma aumenta l'output complessivo dell'impianto, in quanto globalmente le stringhe fotovoltaiche sono esposte in maniera più uniforme all'irraggiamento solare.

Da un punto di vista strutturale il tracker è realizzato in acciaio da costruzione in conformità all'Eurocodici, con maggior parte dei componenti zincati a caldo. I tracker possono resistere fino a velocità del vento di 55 km/h, ed avviano la procedura di sicurezza (ruotando fin all'angolo di sicurezza) quando le raffiche di vento hanno velocità superiore a 50 km/h. L'angolo di sicurezza non è zero (posizione orizzontale) ma un angolo diverso da zero, per evitare instabilità dinamica ovvero particolari oscillazioni che potrebbero danneggiare i moduli ed il tracker stesso.

Per quanto attiene le fondazioni i tracker saranno fissati al terreno tramite pali infissi direttamente "*battuti*" nel terreno. La profondità standard di infissione è di 1,5 m, tuttavia in fase esecutiva in base alle caratteristiche del terreno ed ai calcoli strutturali tale valore potrebbe subire anche modifiche non trascurabili. La scelta di questo tipo di inseguitore, evita l'utilizzo di cemento e minimizza i movimenti terra per la loro installazione.

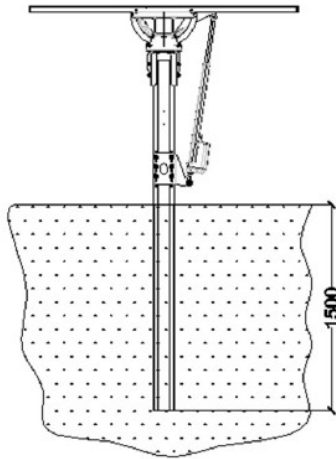


Fig. 5 - Palo del tracker infisso nel terreno



Fig. 6 – esempio file di Tracker

Nell'impianto in oggetto saranno utilizzati tracker come specificato nella tabella seguente:

| Tracker | Pot. Mod. (Wp) | N° moduli | Pot. Tracker (kWp) |
|----------------------|----------------|-----------|--------------------|
| <i>Tracker 24mod</i> | 435 | 24 | 10,44 |
| <i>Tracker 48mod</i> | 435 | 48 | 20,88 |

Tabella C – caratteristiche prestazionali delle stringhe

4. Cavidotti interni

In linea generale, per cavidotto si intende il tubo interrato (o l'insieme di tubi) destinato ad ospitare i cavi di media e/o bassa tensione, compreso il regolare ricoprimento della trincea di posa (reinterro) gli elementi di segnalazione e/o protezione (nastro monitore, cassette di protezione o Manufatti in cls) e le eventuali opere accessorie (quali pozzetti di posa/ispezione, chiusini, ecc.).

Nel caso particolare del presente progetto, si farà uso di cavi in alluminio del tipo Air-Bag, che non necessitano di posa in tubazione. Saranno realizzati nelle modalità previste dalla normativa vigente *CEI 11-17 "Norme per gli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo" § 4.3 "Condizioni ambientali di posa"*.

4.1. Scavi

Come detto, gli scavi per la posa dei cavidotti, sia quelli interni sia quello esterno, saranno a sezione ristretta, con larghezza variabile da 40 a 70 cm, a seconda del numero di cavi da posare al loro interno. Avranno una profondità variabile da 1,00 m nel caso dei collegamenti BT (tra Quadri di Parallelo Stringhe e gruppo conversione/trasformazione) a 1,20 m nel caso dei collegamenti MT (tra le Cabine di Campo e la Cabina di Smistamento e tra la Cabina di Smistamento e la Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV), in ottemperanza a quanto stabilito dalla *CEI 11-17 "Norme per gli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo"*.

4.1.1. Scavi per cavidotti interni BT ed MT

I cavidotti interni BT di collegamento tra i Quadri di Parallelo Stringhe e il gruppo conversione/trasformazione, saranno posizionati parallelamente alle strutture o perpendicolarmente ad esse, ma in modo tale da minimizzare i movimenti di materia; quindi sono stati scelti i percorsi più "economici".

Avranno una profondità massima di 1,00 m ed un pozzetto prefabbricato in cemento di opportune dimensioni sarà posizionato nelle vicinanze di ogni Inverter, per raccogliere i cavi BT fungendo così da rompitratta.

I cavidotti interni MT, di collegamento in entra-esce dalle Cabine di Campo, e da queste alla Cabina di Smistamento (CdS), avranno una profondità minima di 1,20 m dal piano campagna ed una larghezza variabile a seconda del numero di terne di cavi da posare al loro interno.

Allo stesso modo sarà realizzato il cavidotto MT di collegamento tra la Cabina di Smistamento e la SSE Utente 30/150 kV.

Negli elaborati grafici allegati sono riportate le dimensioni dei vari cavidotti.

5. Gruppi conversione / trasformazione (Shelter)

Cabinati preassemblati dal fornitore, dotati di fabbrica al loro interno di Inverter e Trasformatore MT/BT (gruppo conversione-trasformazione), saranno installati in campo. In prossimità delle strutture di sostegno dei moduli saranno installati dei Quadri di Parallelo Stringhe, per la raccolta dell'energia prodotta in c.c. dai gruppi di moduli ed il convogliamento della stessa ai suddetti Shelter.

Ciascun gruppo di conversione / trasformazione è costituito da:

- un Inverter centralizzato da 2.500 kVA per la conversione della corrente proveniente dai Quadri di Parallelo Stringhe, da c.c. a c.a.;
- un trasformatore MT/BT di taglia pari a 2.500 kVA per l'innalzamento di tensione da 0,55 kV a 30 kV.

La corrente in uscita dal gruppo di conversione/trasformazione viene convogliata nella più vicina Cabina di Campo.

È prevista l'installazione di 19 cabinati contenenti i gruppi di conversione/trasformazione, di dimensioni (L x H x p) 3,00 x 2,70 x 2,50 m.

Altri 36 gruppi di conversione/trasformazione saranno installati accanto ai 36 Shelter contenenti le batterie utilizzate per l'accumulo dell'energia prodotta.

6. Cabine di Campo

In linea generale le cabine elettriche svolgono la funzione di edifici tecnici adibiti a locali per la posa dei quadri, degli inverter, del trasformatore, delle apparecchiature di telecontrollo, di consegna e misura.

Nel particolare caso oggetto della presente relazione, le Cabine di Campo saranno a struttura monoblocco del tipo prefabbricato. In ciascuna di esse troveranno alloggio: il quadro generale in BT, il Quadro MT per l'arrivo e la partenza delle linee in cavo e gli organi di comando e protezione MT contenuti negli appositi scomparti, come rappresentato negli elaborati grafici costituenti il progetto.

La cabina, come accennato, sarà a struttura prefabbricata (tuttavia in fase di progettazione esecutiva si potrà optare per una struttura gettata in opera), che pertanto non necessita di

fondazioni in cemento, fatta eccezione per la base di supporto della cabina stessa che sarà costituita da una platea in cemento dello spessore di 30 cm ed armata con rete elettrosaldata 20x20 ϕ 10.

La cabina sarà dotata di impianto di illuminazione ordinario e di emergenza, forza motrice, alimentate da apposito quadro BT installato in loco, nonché di accessori normalmente richiesti dalle normative vigenti (schema del quadro, cartelli comportamentali, tappeti isolanti 30 kV, guanti di protezione 30 kV, estintore ecc.). Il sostegno dei circuiti ausiliari dei quadri per la sicurezza e per il funzionamento continuativo dei sistemi di protezione elettrica avverrà da gruppi di continuità (UPS) installati in loco.



figura 7 – Tipico Cabina di Trasformazione prefabbricata monoblocco

In linea generale, il box viene realizzato ad elementi componibili (il che consente anche in fase esecutiva di modificare le dimensioni della Cabina prevista, semplicemente accoppiando altri elementi ma sempre rimanendo nella sagoma volumetrica del presente progetto) prefabbricati in cemento armato vibrato, materiale a bassa infiammabilità (come previsto dalla norma CEI 11-1 al punto 6.5.2 e CEI 17-63 al punto 5.5) e prodotto in modo tale da garantire pareti interne lisce e senza nervature e una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali come indicato nelle tavole allegate.

Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione degli elementi costituenti il box viene additivato con idonei fluidificanti-impermeabilizzanti al fine di ottenere adeguata protezione contro le infiltrazioni d'acqua per capillarità secondo quanto previsto dalla norma CEI 11-1 al punto 6.5.2.1.

Le dimensioni e le armature metalliche delle pareti sono sovrabbondanti rispetto a quelle occorrenti per la stabilità della struttura in opera, in quanto le sollecitazioni indotte nei vari elementi durante le diverse fasi di sollevamento e di posa in opera sono superiori a quelle che si generano durante l'esercizio.

Come detto, nelle cabine è prevista una fondazione prefabbricata in c.a.v. interrata, costituita da una o più vasche in c.a. unite e di dimensioni uguali a quelle esterne del box e di altezza variabile da 60 cm fino a 100 cm a seconda della tipologia impiegata.

Per l'entrata e l'uscita dei cavi vengono predisposti nella parete della vasca dei fori a frattura prestabilita, idonei ad accogliere le tubazioni in PVC contenenti i cavi; gli stessi fori appositamente flangiati possono ospitare dei passa cavi a tenuta stagna; entrambe le soluzioni garantiscono comunque un grado di protezione contro le infiltrazioni anche in presenza di falde acquifere.

L'accesso alla vasca avviene tramite una botola ricavata nel pavimento interno del box; sotto le apparecchiature vengono predisposti nel pavimento dei fori per permettere il cablaggio delle stesse.

Come già detto, il posizionamento delle Cabine di Campo (e della Cabina di Smistamento) prevede la realizzazione di uno scavo a sezione ampia di profondità che varia dai 65 cm ai 100 cm a seconda delle dimensioni della cabina. Lo sbancamento sarà eseguito per un'area di 1 m oltre l'ingombro massimo della cabina in tutti i lati, questo per consentire la realizzazione dell'impianto di terra esterno secondo quanto previsto dalle specifiche Enel DG10061 ed. V, che a sua volta sarà collegato all'anello perimetrale di terra dell'impianto.

Il materiale di risulta dello scavo, sarà destinato al riutilizzo o al conferimento in idonea discarica.

Nel particolare caso del presente progetto è prevista l'installazione di 10 Cabine di Campo di dimensioni pari a (L, H, p) 10,00 x 3,00 x 2,50 m.

7. Cabina di Smistamento (CdS)

La Cabina di Smistamento raccoglie l'energia prodotta dai sottocampi dell'impianto (già convogliata all'interno delle Cabine di Campo). Dalla CdS, sempre tramite linea in cavo interrato a 30 kV (costituita da 2 terne di cavi Air-Bag da 630 mmq, della lunghezza di circa 1,5 km), l'energia verrà convogliata alla Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV, in cui avviene la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna (in AT a 150 kV) alla SE TERNA 150/380 kV "Deliceto", tramite cavo interrato AT.

La CdS consta essenzialmente di un Quadro MT, con sbarre 36 kV – 1.600 A, 20 kA x 1 sec, costituito dagli interruttori delle linee MT in arrivo dai cinque sottocampi MT ed i sezionatori delle due linee MT in parallelo in partenza verso la SSE. Nello stesso quadro è contenuto un sezionatore MT di protezione del trasformatore ausiliari di cabina (trafo 50 kVA Dyn11).

La CdS avrà dimensioni pari a (L, H, p) 15,00 x 3,10 x 2,50 m.

8. Shelter per l'accumulo dell'energia prodotta

Il sistema di accumulo dell'energia prodotta dall'impianto, sarà costituito dai seguenti elementi:

- 1) **N. 60** Container prefabbricati contenete le batterie agli ioni di litio per l'accumulo dell'energia. Tale container avranno dimensioni pari a $(L \times h \times p) = 12,20 \times 2,59 \times 2,43 \text{ m}$, cioè le dimensioni standard di un container metallico da 40' (piedi);
- 2) **N. 15** Containers da 30' contenenti ciascuno 4 Inverter c.c./c.a. da 1,5 MVA. Tali containers avranno dimensioni $(L \times h \times p) = 9,15 \times 2,90 \times 2,43 \text{ m}$ cioè le dimensioni standard di un container metallico da 30' (piedi);
- 3) **N. 30** trasformatori BT/MT da 3 MVA ciascuno per l'innalzamento della tensione sino a 30 kV.

La scelta di affiancare al generatore fotovoltaico un sistema di accumulo (SdA) di notevoli dimensioni (90 MW) potrebbe comportare una serie di vantaggi non solo sotto l'aspetto di gestione dell'impianto fotovoltaico, **ma soprattutto per il Sistema Elettrico Nazionale, risultando non solo strategico ma addirittura indispensabile**, soprattutto in un'area dove sono presenti numerosi impianti FRNP (Fonti Rinnovabili Non Programmabili – eolico e fotovoltaico).

Infatti per favorire lo sviluppo e il dispacciamento degli impianti FRNP (Fonti Rinnovabili Non Programmabili – eolico e fotovoltaico) in linea con gli obiettivi comunitari, mantenendo inalterata la sicurezza e l'efficienza complessiva del Sistema Elettrico Nazionale (SEN), si rende necessario lo sviluppo dei sistemi di accumulo che consentono:

1. Di limitare/risolvere le **congestioni di rete**. La possibilità di accumulare l'energia nelle zone dove si concentrano le FRNP consentirebbe il riutilizzo dell'energia accumulata qualora venisse meno la disponibilità di energia eolica e solare. Inoltre l'accumulo di energia consente di ottimizzare l'utilizzo della rete esistente sfruttando meglio la sua capacità evitando sovraccarichi nelle ore di massima produzione delle rinnovabili e permettendo anche di fornire servizi di regolazione per migliorare la sicurezza del SEN. Oltre al beneficio economico diretto, legato alle sostituzioni di produzioni meno efficienti con produzioni rinnovabili o comunque più efficienti, il sistema elettrico ne trae un ulteriore beneficio indiretto per la riduzione nella produzione di CO₂. Non dimenticando, inoltre, che un migliore sfruttamento delle risorse energetiche presenti sul territorio nazionale diminuisce la nostra dipendenza da importazioni esteri di energia (nucleare francese, gas algerino o russo utilizzato negli impianti turbo gas);

2. **Livellare i consumi e i relativi picchi** (“peak shaving”) immagazzinando energia nei periodi di basso fabbisogno quando gli impianti di generazione sono costretti a operare in assetti meno efficienti (minimo tecnico) e rilasciandola nei periodi a fabbisogno più alto evitando il ricorso a impianti di punta di minore affidabilità e con elevati costi variabili.
3. **Approvvigionare riserva per il sistema elettrico.** I sistemi di accumulo sono in grado di contribuire in modo particolarmente efficiente al soddisfacimento del fabbisogno di riserva del sistema elettrico a fronte di contingenze che ne impongano l'utilizzo. Potendo immettere o prelevare energia dalla rete con tempi di risposta estremamente rapidi i sistemi di accumulo rappresentano la risorsa più efficiente per il servizio di riserva: ogni MW installato fornisce potenzialmente il doppio in termini di riserva. I tempi di risposta dei sistemi di accumulo li rendono, inoltre, integrabili nel sistema di difesa permettendo di potenziare ulteriormente la gestione delle risorse di rete esistenti.
4. **Fornire**, nel caso di accumulo con batterie opportunamente integrati nei sistemi di sicurezza e regolazione, **capacità di regolazione di frequenza** avendo capacità di fornire tale servizio con livelli prestazionali superiori agli impianti tradizionali.
5. **Fornire risorse di bilanciamento al sistema elettrico.** I sistemi di accumulo si prestano di fornire questo servizio in maniera efficace in quanto riescono a rispondere molto velocemente rispetto alla maggior parte degli impianti di generazione alla necessità di aumentare sia l'immissione di energia elettrica, sia il prelievo. Tali esigenze di bilanciamento rapido sono particolarmente importanti per fronteggiare l'intermittenza di immissione caratteristica della produzione eolica e le rampe di carico delle ore serali accentuate dalla tipica curva di produzione del fotovoltaico.

Gli impianti di accumulo diffuso a batteria rappresentano oggi la soluzione alternativa più competitiva laddove gli impianti di pompaggio non siano realizzabili. Tali sistemi, infatti, consentono di immagazzinare adeguati quantitativi di energia, con restituzione dell'energia accumulata per varie ore a ciclo e sono caratterizzati da:

- Elevata modularità, che garantisce sia facilità di installazione che elevata flessibilità;
- Tempi di realizzazione molto brevi, se confrontati con quelli degli impianti di accumulo di altro tipo;
- Possibilità di localizzazione diffusa sulla rete anche in prossimità dei numerosi punti di immissione delle Fonti Rinnovabili Non Programmabili (FRNP), con particolare riferimento alle aree in cui si ha maggiore diffusione delle fonti rinnovabili (Puglia-Campania, Puglia-

Basilicata, Basilicata-Calabria, Isole maggiori)

L'energia erogata in MT a 30 kV confluirà in una Cabina di Raccolta (CdR – ubicata nei pressi delle batterie di accumulo e degli shelter), da qui poi convogliata alla Cabina di Smistamento (CdS), sempre all'interno dell'area di impianto, in comune con l'impianto fotovoltaico.

Nella stessa cabina di raccolta, confluirà, sempre in MT a 30 kV, l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico, che potrà essere utilizzata per la carica del sistema di accumulo o a sua volta direttamente convogliata verso la SSE Utente per la consegna alla RTN.

Di fatto sulla sbarra a 30 kV della CdS, avverrà lo scambio tra l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico e il Sistema di Accumulo (SDA), e si renderà possibile in tal modo "accumulare" l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico.

Dal momento, poi, che la CdS attraverso la SSE *Renoir* e la SSE *Elce* è collegata alla RTN (SE *Terna Deliceto*), sarà altresì possibile per il Sistema di Accumulo, prelevare direttamente energia dalla rete, in alcuni periodi o ore della giornata (quando abbiamo un surplus di produzione), e accumularla per poter essere utilizzata per fornire servizi di dispacciamento (bilanciamento, peak shaving, regolazione di tensione e frequenza).

Pertanto per quanto concerne il sistema di accumulo, il flusso di energia potrà essere **bidirezionale**: potrà essere infatti accumulata energia direttamente assorbita dalla Rete, per poi essere riversata nella Rete stessa nei momenti necessari (picchi di assorbimento, livellamento di frequenza).

9. Linea elettrica interrata MT

La linea interrata MT a 30 kV sarà realizzata per connettere l'impianto (dalla CdS) alla Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV, di nuova costruzione "*Renoir*" in prossimità della SE TERNA 150/380 kV "*Deliceto*". Il cavidotto sarà realizzato interamente su terreni privati, evitando così scavi su strada pubblica e produzione di rifiuti speciali quali l'asfalto.

La linea interrata MT sarà costituita da:

- 2 terne di cavi Air-Bag da 630 mmq per la connessione dell'Impianto fotovoltaico alla SSE;
- 3 terne di cavi Air-Bag da 630 mmq per la connessione del Sistema di Accumulo alla SSE;

10. Linea elettrica interrata AT

Come detto, la connessione alla RTN avverrà tramite la SSE "Elce" adiacente alla SE Terna "Deliceto". Quindi a valle della trasformazione AT/MT all'interno della nuova SSE "Renoir", un cavo AT di lunghezza pari a circa 600 m, "viaggiando" su terreni privati, si collegherà al sistema di sbarre AT esistente all'interno della SSE Elce. In definitiva per la connessione alla RTN, si sfrutterà una infrastruttura già esistente.

11. Impianto di terra

L'impianto di terra del campo fotovoltaico sarà costituito da:

- un anello perimetrale in corda nuda di rame 50 mmq, posata ad una quota non inferiore a 0,50 m da piano di campagna;
- un anello perimetrale in corda nuda di rame 50 mmq posizionato sul perimetro di ciascuna cabina di Trasformazione, della Cabina di Smistamento e della Cabina di Consegna, collegato poi all'anello perimetrale di cui al punto precedente;
- una rete di corda di rame 50 mmq per il collegamento a terra delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici nonché degli inverter. La corda di rame sarà posata sul fondo dello scavo della rete interna della vie cavi BT, quindi seguirà il suo stesso schema;
- una corda di rame nudo da 50 mmq, posata nel cavidotto esterno MT, per il collegamento di terra dalla Cabina di Smistamento alla SSE Utente.

Quanto sopra riportato è dettagliatamente descritto negli elaborati grafici di progetto concernenti la rete di terra dell'impianto fotovoltaico.

La realizzazione dell'impianto di terra dei fabbricati Cabine di Campo e Cabina di Smistamento (CdS) consisterà nelle seguenti attività:

- Installazione di collettori di terra in piatto di rame 60x6 mm sulle pareti;
- Esecuzione delle derivazioni di messa a terra delle masse metalliche fisse verso i collettori, con piatto di rame 40x3 mm;
- Connessioni di continuità elettrica delle carpenterie mobili, con conduttori flessibili di sezione:
 - 50 mmq per la messa a terra dei pannelli mobili (ante di celle ed armadi);
 - 70 mmq per la messa a terra delle parti mobili tipo aste di manovra.
- Posa e collegamento, con doppio cavo in rame da 70mmq, alla rete di terra del fabbricato che sarà, a sua volta, così costituita:

- anello perimetrale di forma rettangolare in corda di rame nudo di sezione 50 mmq a 7 fili elementari posata a quota -0,65 m, con sviluppo totale L_P del conduttore perimetrale pari a:

$$L_P = 45 \text{ m}$$

- n. 4 dispersori puntuali a picchetto in profilato di acciaio, di lunghezza pari a 1,5 m, posizionati in prossimità dei vertici dell'anello. In alternativa potranno essere utilizzati n. 4 dispersori a piastra in acciaio zincato di lato pari a 0,6 m.

L'installazione dei collettori di terra e delle derivazioni alle masse metalliche dovrà essere opportunamente distanziata dalla parete mediante interposizione di distanziali in resina autoestinguente, ed il fissaggio a parete dovrà essere eseguito con viti in acciaio e tasselli in PVC.

Le sbarre in rame dell'impianto di terra interno ai fabbricati dovranno essere verniciate sulle parti a vista, in GIALLO con strisce VERDI, oppure con il simbolo di terra (verniciato o prestampato, ben adesivo e resistente).