

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI FOGGIA
COMUNE DI CERIGNOLA

LOCALITÀ LAGNANO

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 17.57 MWp E POTENZA NOMINALE PARI A 17.31 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE H - ELABORATI PROGETTUALI SISTEMA ELETTRICO

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

Nome file stampa:

FV.CRG01.PD.H.07.pdf

Codifica Regionale:

IRS75R7_RelazioneCalcoloImpianti

Scala:

- -

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

FV.CRG01.PD.H.07

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY 0 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 16774611004



E-WAY 0 S.R.L
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 - Roma
C.F./P.IVA 16774611004
PEC: e-way0srl@legalmail.it

Progettista:

E-WAY 0 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 16774611004



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
FV.CRG01.PD.H.07	00	02/2023	A.Tizzano	A.Bottone	A.Bottone

E-WAY 0 S.r.l.

Sede legale
Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
PEC: e-way0srl@legalmail.it tel. +39 0694414500



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	2 di 41

INDICE

1	PREMESSA.....	8
2	INTRODUZIONE.....	9
3	UBICAZIONE	10
4	CABINA DI RACCOLTA E MISURA	10
4.1	Caratteristiche apparati.....	11
4.2	Celle a media tensione (36 kV).....	11
4.3	Servizi Ausiliari.....	12
4.4	Control Room – Sistema di Monitoraggio	12
5	MISURA DELL'ENERGIA ELETTRICA	14
6	IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO	15
6.1	Layout e Configurazione d'Impianto.....	15
6.2	Tecnologia di Progetto.....	18
6.2.1	Modulo FV.....	18
6.2.2	Tracker mono-assiale	22
6.2.3	Quadro di Stringa	22
6.2.4	Inverter Centralizzato	23
6.2.5	Power Station.....	24
7	CONNESSIONI INTERNE AL CAMPO AGRO-FOTOVOLTAICO IN DC.....	26
7.1	Cavo Solare H1Z2Z2-K.....	26
7.2	Cavo BT (DC) ARG16R16	27
8	LINEE MT DI INTERCONNESSIONE CAMPO AGRO-FOTOVOLTAICO – SE	28
8.1	Cavidotto Interno ed Esterno	28
8.2	Tipologia Cavi.....	30
8.3	Tipologia Posa	31
9	DIMENSIONAMENTO CAVI DC	34
9.1	Cavo Parallelo Stringhe – Quadro di Stringa	34
9.2	Cavo Quadro di Stringa – Inverter Centralizzati.....	36
10	DIMENSIONAMENTO CAVI 36 KV	38
11	SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO.....	41



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	3 di 41



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	4 di 41

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1. Inquadramento Generale su IGM</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2. Layout dell'impianto Agro-fotovoltaico su ortofoto</i>	<i>16</i>
<i>Figura 3. Layout della stazione elettrica 150/36 kV sita in Castelluccio dei Sauri</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4. Datasheet moduli FV (Parte 1).....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5. Datasheet moduli FV (Parte 2).....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6. Tracker 1P - Vista Longitudinale in condizione di riposo.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 7. Tracker 1P con Moduli FV - Vista Longitudinale</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8. Schema Elettrico Unifilare Power Station</i>	<i>25</i>
<i>Figura 9. Cavo Solare H1Z2Z2-K.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 10. Cavo BT ARG16R16 0,6/1 kV.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11. Collegamento entra-esce PS Sottocampo A e Sottocampo B</i>	<i>28</i>
<i>Figura 12. Collegamento entra-esce PS Sottocampo D e Sottocampo C</i>	<i>29</i>
<i>Figura 13. Collegamento Cabina di Raccolta alla Stazione Elettrica RTN 150/36 kV</i>	<i>30</i>
<i>Figura 14. Immagine indicativa del tipo di Cavo.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 15. Modalità di Posa (CEI 11-17)</i>	<i>31</i>
<i>Figura 16. Sezione Cavidotto Singola Terna su Terreno.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 17. Sezione Cavidotto Singola Terna su Strada Asfaltata</i>	<i>33</i>
<i>Figura 18. Estratto Schema Elettrico Unifilare.....</i>	<i>41</i>



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	5 di 41



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	6 di 41

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1. Caratteristiche generali d'impianto.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 2. Sintesi Impianto Agro-Fotovoltaico.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabella 3: Tracker/Stringa</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 4. Quadri di Stringa</i>	<i>23</i>
<i>Tabella 5. Inverter interni alle Power Station (PS)</i>	<i>23</i>
<i>Tabella 6. Power Station.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabella 7. Dati per Dimensionamento cavi DC per collegamento moduli FV.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabella 8. Dati cavo H1Z2Z2-K scelto.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabella 9: Dati per Dimensionamento cavi BT (DC) per collegamento Quadri di Stringa.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabella 10. Dati cavo ARG16R16 scelto</i>	<i>37</i>
<i>Tabella 11. Dati di Progetti per Dimensionamento Elettrico</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 12. Dimensionamento Cavi</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 13. Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 14. Perdite d'impianto.....</i>	<i>40</i>



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	7 di 41



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	8 di 41

1 PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agro-fotovoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare, sito in agro di Cerignola (FG), località Lagnano.

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 17.57 MWp e una potenza nominale di 17.31 MW ed è costituito dalle seguenti sezioni principali:

1. Un campo agro-fotovoltaico suddiviso in 4 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici bifacciali aventi potenza nominale pari a 670 Wp cadauno ed installati su strutture ad inseguimento solare mono-assiali (tracker);
2. Una stazione integrata per la conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "Power Station", per ogni sottocampo dell'impianto;
3. Una Cabina di Raccolta e Misura a 36 kV;
4. Linee elettriche a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione delle Power Station di cui al punto 2, con la Cabina di Raccolta e Misura;
5. Una linea elettrica a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la Futura SE satellite 150/36 kV alla SE RTN 380/150 Castelluccio dei Sauri.

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way 0 S.R.L., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4 - 00198 Roma (RM), P.IVA 16774611004.



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	9 di 41

2 INTRODUZIONE

Oggetto del presente studio è la descrizione dei criteri di calcolo dell'impianto elettrico necessario per l'interconnessione dell'impianto Agro-Fotovoltaico alla RTN.

La Soluzione Tecnica Minima Generale di connessione alla RTN prevede che l'impianto venga *collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 150/36 kV da collegare con due nuovi elettrodotti RTN a 150 kV a una futura SE RTN a 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV "Deliceto - Foggia".*

Avendo a disposizione la sezione a 36 kV nella nuova SE, non ci sarà bisogno di una SE Utente da condividere con altri produttori per la connessione ad uno stallo AT Terna.

La tecnologia relativa alle opere previste in progetto (pannelli, tracker, inverter etc..) e adottate per il dimensionamento del campo Agro-Fotovoltaico sono da intendersi come indicative e tipologiche. In fase esecutiva potranno di fatto essere adottati elementi tecnologici di fornitori differenti da quelli indicati, con caratteristiche comunque non dissimili a quelle proposte.

3 UBICAZIONE

Le opere di progetto ricadono nel comune di Cerignola (FG), Stornarella (FG), Ortona (FG) ed Orta Nova (FG). L'ubicazione complessiva delle opere e della SE 150/36 kV, si rileva dall'allegato FV.CRG01.PD.B.01 – "Inquadramento generale su IGM e Coordinate":

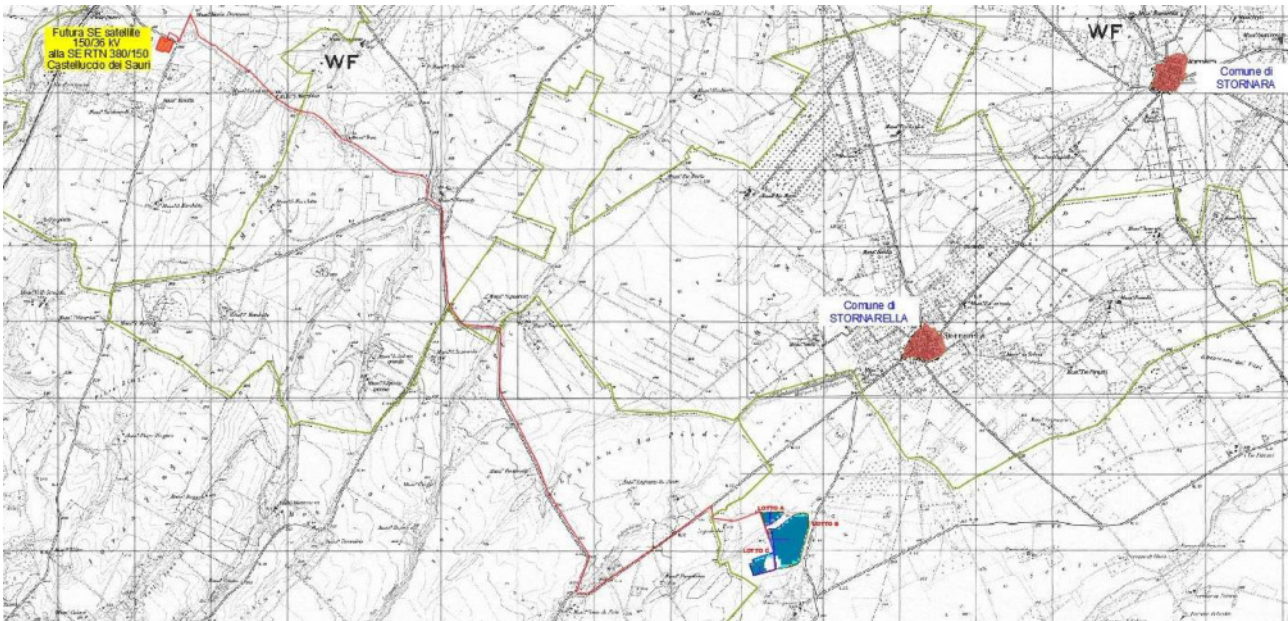


Figura 1. Inquadramento Generale su IGM

4 CABINA DI RACCOLTA E MISURA

Il sistema sarà costituito da tutte le apparecchiature necessarie per l'interconnessione delle Power Station (di cui si parlerà in seguito) dell'impianto agro-fotovoltaico e il loro controllo.

In particolare, il sistema sarà costituito da:

- Cavi MT tra Power Station ed il quadro MT a 36 kV;
- Tre scomparti con interruttore automatico e sezionatore a protezione delle Power Station, collegate fra loro in modalità "entra-esce";
- Uno scomparto con interruttore automatico e sezionatore a protezione della rete a 36 kV del campo Agro-Fotovoltaico;



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	11 di 41

- Uno scomparto con interruttore automatico e sezionatore di scorta;
- Uno scomparto con IMS e fusibili a protezione del trasformatore di alimentazione dei servizi ausiliari di impianto;
- Uno scomparto misura con IMS, fusibili e TV in MT.

All'interno del prefabbricato saranno installati inoltre gli apparati di misura, comando, controllo e protezione necessari per la corretta funzionalità dell'impianto.

4.1 Caratteristiche apparati

Come dati di progetto si adottano i seguenti valori:

- Tensione nominale: 36 kV
- Livello di isolamento:
 - Tensione a frequenza industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace): 70 kV
 - Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50 μ s) (cresta): 170 kV
- Corrente nominale di cortocircuito: 40 kA
- Tempo di estinzione del guasto: 0,5 s

Per il sistema a 36 kV all'interno della sottostazione si utilizzeranno cavi isolati e segregati in apposite canalizzazioni prefabbricate, collaudate e certificate dal Costruttore secondo procedure a norma di legge per il livello di isolamento indicato.

4.2 Celle a media tensione (36 kV)

Da punto di vista della struttura, queste celle saranno del tipo incapsulato metallico, isolate in SF₆, per installazione all'interno.

Le celle da installare saranno le seguenti:

- N°4 celle di linea (con interruttore automatico);
- N°1 cella protezione trasformatore servizi ausiliari;
- N° 1 cella per alimentazione futura;
- N°1 cella per misure di tensione.



RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	12 di 41

4.3 Servizi Ausiliari

Per i Servizi Ausiliari del Campo Agro-FV sono previsti diversi sistemi di alimentazione, sia in corrente alternata che in corrente continua, necessari per i sistemi di controllo, comando, protezione e misura.

In particolare, è stata prevista l'alimentazione di tutti i servizi ausiliari mediante:

- trasformatore 36/0,4 kV dedicato;
- trasformatore BT/BT delle Power Station;
- sistema raddrizzatore/inverter/batterie.

I servizi di corrente alternata e continua saranno alloggiati in diversi armadi destinati a realizzare le rispettive distribuzioni.

4.4 Control Room – Sistema di Monitoraggio

Verrà installato un sistema di monitoraggio e controllo basato su architettura SCADA in conformità alle specifiche della piramide CIM, al fine di garantire una resa ottimale dell'impianto fotovoltaico in tutte le situazioni. Il sistema sarà connesso a diversi sistemi e riceverà informazioni:

- di produzione del campo solare;
- di produzione degli apparati di conversione;
- di produzione e scambio dai sistemi di misura;
- di tipo climatico ambientale dalle stazioni di rilevamento dati meteo;
- di allarme da tutti gli interruttori e sistemi di protezione.

Il sistema di monitoraggio ambientale avrà il compito di misurare dati climatici e dati di irraggiamento sul campo fotovoltaico. I parametri rilevati puntualmente dalla stazione di monitoraggio ambientale saranno inviati al sistema di monitoraggio SCADA e, abbinati alle specifiche tecniche del campo FV, contribuiranno alla valutazione della producibilità teorica, parametro determinante per il calcolo delle performance dell'impianto FV.

I dati monitorati saranno gestiti e archiviati da un sistema di monitoraggio SCADA. Il sistema nel suo complesso avrà ottime capacità di precisione di misura, robusta insensibilità ai disturbi, capacità di auto-diagnosi e auto-tuning.

I dati ambientali monitorati saranno:



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	13 di 41

- dati di irraggiamento;
- dati ambientali;
- temperatura moduli.



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	14 di 41

5 MISURA DELL'ENERGIA ELETTRICA

L'impianto elettrico previsto garantisce la possibilità di effettuare misure dell'energia elettrica assorbita ed immessa nei seguenti punti:

- Nel Campo Agro-Fotovoltaico, negli inverter centralizzati, in corrispondenza della linea di collegamento con la Cabina di Raccolta – Totalizzatore energia lorda prodotta;
- Sul Lato MT a 36 kV in corrispondenza della Cabina di Raccolta, Totalizzatore energia prodotta al netto delle perdite del campo Agro-Fotovoltaico;
- Sul lato MT a 36 kV della SE, in corrispondenza della linea di collegamento con la Cabina di Raccolta – Totalizzatore energia prodotta al netto delle perdite della linea.

6 IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO

L'impianto prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici bifacciali montati su strutture atte a garantire la massima captazione di irraggiamento seguendo il percorso solare e consentendo, di conseguenza, ai moduli di essere sempre nella posizione ottimale di lavoro. Tali strutture sono dette "tracker" o "inseguitori solari", proprio per questa loro caratteristica funzionale.

Si vuole evidenziare il ricorso ad un ulteriore sistema di efficientamento produttivo del campo fotovoltaico: il sistema di Backtracking, il quale consente di ridurre le perdite per auto-ombreggiamento, cioè le perdite da ombreggiamento indotto dai tracker stessi alle file retrostanti. Ciò avviene per mezzo di un sistema logico-adattivo che gestisce contemporaneamente piccoli gruppi di tracker, al fine di ottimizzare dunque le prestazioni del campo FV.

Nelle seguenti tabelle si riportano le principali caratteristiche generali d'impianto:

Tabella 1. Caratteristiche generali d'impianto

<i>Temperatura Verifica minima (°C)</i>	0
<i>Temperatura Verifica max (°C)</i>	60
<i>Soluzione Progettuale</i>	Tracker in configurazione 1P (Portrait)
<i>Margine altezza tracker dal suolo [m]</i>	0,4
<i>Max Inclinazione Tracker [°]</i>	± 55
<i>Tipologia</i>	Agro-Fotovoltaico
<i>Pitch [m]</i>	7,0

6.1 Layout e Configurazione d'Impianto

Si riporta di seguito un estratto dall'allegato FV.CRG01.PD.B.02 – "Corografia generale su Ortofoto e CTR", in cui sono messi in luce:

- Campo FV, suddiviso in quattro sottocampi funzionali;
- Cavidotto:
 - Interno, relativo al campo FV;
 - Esterno, che dalla Cabina di Raccolta arriva alla sezione a 36 kV della Futura SE



Figura 2. Layout dell'impianto Agro-fotovoltaico su ortofoto

Focalizzando l'attenzione sulla Stazione elettrica 150/36 kV si ha:

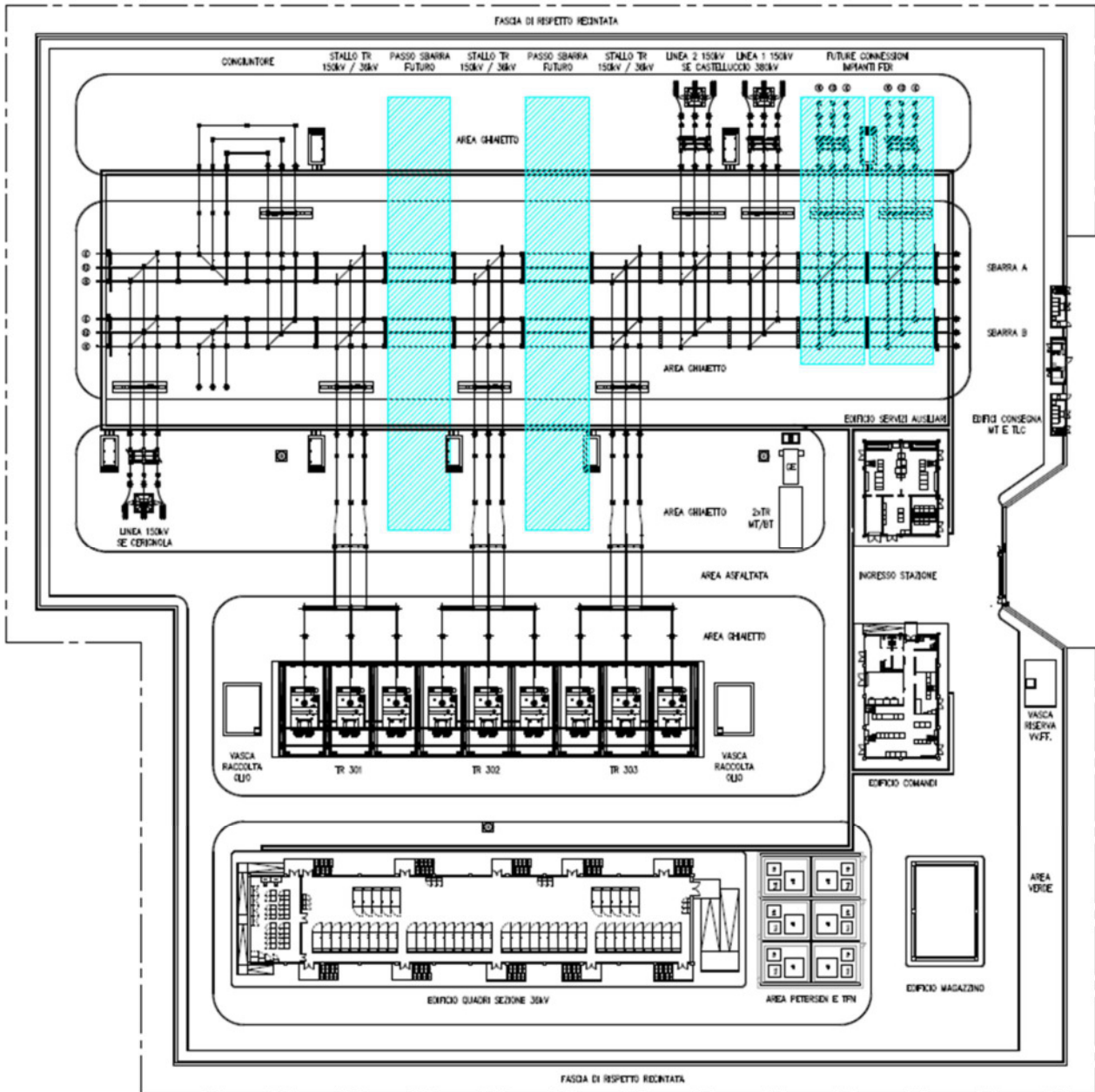


Figura 3. Layout della stazione elettrica 150/36 kV sita in Castelluccio dei Sauri

Si riporta di seguito una sintesi tecnica dell'impianto per ogni sottocampo:

Tabella 2. Sintesi Impianto Agro-Fotovoltaico

	SottocampoA	SottocampoB	SottocampoC	SottocampoD
Tipologia di Pannelli	3.BiHiKu7 CS7N 670MB-AG	3.BiHiKu7 CS7N 670MB-AG	3.BiHiKu7 CS7N 670MB-AG	3.BiHiKu7 CS7N 670MB-AG
N° Pannelli x Stringa	30	30	30	30
Applicazione	Agro FV	Agro FV	Agro FV	Agro FV
N° Tracker "Grandi"	54	336	345	87
Totale Tracker "Grandi"	822			
N° Tracker "Piccoli"	12	36	20	36
Totale Tracker "Piccoli"	104			
N° Stringhe	60	354	355	105
Totale Stringhe	874			
N° Pannelli	1800	10620	10650	3150
Totale Pannelli	26220			
N° QdS	10	59	60	18
Totale QdS	147			
Potenza [kWp]	1206	7115,4	7135,5	2110,5
Potenza Totale [MWp]	17,5674			
Tipologia Inverter	1170TL B450	1800TL B690	1800TL B690	1800TL B690
N° Inverter x PS	1	4	4	1
Potenza [kWac] a cos φ	1169	7172	7172	1793
Sovraccaricabilità [%] a cos φ	103%	99%	99%	118%
Potenza Totale [MWac] cos φ	17,3060			
Potenza [kWac] a cos φ = 1	1169	7172	7172	1793
Sovraccaricabilità [%] a cos φ = 1	103%	99%	99%	118%
Potenza Totale [MWac] cos φ = 1	17,3060			
N° Power Station (PS)	5			

6.2 Tecnologia di Progetto

6.2.1 Modulo FV

I moduli fotovoltaici (o pannelli solari) sono costituiti da celle solari (o celle fotovoltaiche), semiconduttori che convertono l'energia della luce solare incidente in elettricità tramite l'effetto fotovoltaico. Si tratta di una tipologia di cellula fotoelettrica, le cui caratteristiche elettriche, cioè corrente, tensione e resistenza, possono variare quando è esposta alla luce. Il progetto prevede l'utilizzo di moduli FV bifacciale.

Il modulo fotovoltaico bifacciale è un particolare tipo di pannello che riesce a generare energia da entrambi i lati della cella fotovoltaica, aumentando in tal modo la produzione di energia rispetto a un modulo fotovoltaico standard. Il termine che indica la capacità della cella fotovoltaica di sfruttare la luce sia frontalmente che posteriormente viene definito, appunto, "bifaccialità": un fenomeno reso possibile, in fisica, dal cosiddetto Fattore di Albedo della superficie su cui i moduli vengono installati.

L'albedo è l'unità di misura che indica la capacità riflettente di un oggetto o di una superficie. Solitamente viene espressa con un valore da 0 a 1, che può variare a seconda dei singoli casi. Ad esempio:

- neve e ghiaccio hanno un alto potere riflettente, quindi un Fattore di Albedo pari a 0,75;
- superfici chiare di edifici (in mattoni o vernici chiare) possono raggiungere anche lo 0,6;
- superfici scure di edifici (in mattoni o vernici scure) vedono un dato più ridotto (attorno allo 0,27).



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	19 di 41

Maggiore è l'albedo di una superficie, maggiore è la quantità di luce che è in grado di riflettere: di conseguenza, anche la produzione di energia dei pannelli fotovoltaici bifacciali sarà più o meno elevata.

I moduli, catturando la luce riflessa sulla parte posteriore, garantiscono un incremento di produzione che può oscillare tra il 10 e il 25% in più rispetto a un modulo mono-facciale a seconda dell'albedo. Proprio per questi motivi i moduli bifacciali si candidano a rivestire un ruolo di primo piano nei prossimi anni. L'appeal di questi prodotti li rende versatili per diversi tipi di installazioni: grandi tetti piani con superfici riflettenti, pensiline fotovoltaiche per il ricovero e la ricarica dei veicoli elettrici, installazioni agro-fotovoltaiche, impianti galleggianti o integrati nelle facciate degli edifici sono alcuni esempi.

Ritornando alla tecnologia progettuale, l'impianto è stato progettato in riferimento a dei moduli bifacciali, realizzati in silicio monocristallino con caratteristiche tecniche dettagliate nel datasheet di seguito riportato (Canadian Solar BiHiKu7) e potenza nominale indicativa di 670 Wp.

Ogni modulo dispone di diodi di by-pass alloggiati in una cassetta IP68 e posti in antiparallelo alle celle così da salvaguardare il modulo in caso di contro-polarizzazione di una o più celle dovuta ad ombreggiamenti o danneggiamenti.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici sarà messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

Si vuole sottolineare che, data la rapida evoluzione del mercato dei moduli fotovoltaici, la scelta commerciale qui proposta potrà essere aggiornata in fase esecutiva, al fine di garantire l'installazione di un prodotto di ultima generazione, che rappresenti la migliore soluzione disponibile in termini prestazionali.

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	20 di 41

NEW

BiHiKu7
BIFACIAL MONO PERC
640 W ~ 670 W
CS7N-640 | 645 | 650 | 655 | 660 | 665 | 670MB-AG

MORE POWER

- Module power up to 670 W
Module efficiency up to 21.6 %
- Up to 8.9 % lower LCOE
Up to 4.6 % lower system cost
- Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
- Compatible with mainstream trackers, cost effective product for utility power plant
- Better shading tolerance

MORE RELIABLE

- 40 °C lower hot spot temperature, greatly reduce module failure rate
- Minimizes micro-crack impacts
- Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa*

12 Years Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship*

30 Years Linear Power Performance Warranty*

1st year power degradation no more than 2%
Subsequent annual power degradation no more than 0.45%

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
ISO 45001:2018 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO / MCS / UKCA
CEC listed (US California) / FSEC (US Florida)
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716 / IEC 60068-2-68
Take-e-way

* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

CSI Solar Co., Ltd. is committed to providing high quality solar photovoltaic modules, solar energy and battery storage solutions to customers. The company was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey. Over the past 20 years, it has successfully delivered over 63 GW of premium-quality solar modules across the world.

* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

CSI Solar Co., Ltd.
199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

Figura 4. Datasheet moduli FV (Parte 1)

ENGINEERING DRAWING (mm)

Rear View

Frame Cross Section A-A

Mounting Hole

CS7N-650MB-AG / I-V CURVES

ELECTRICAL DATA | STC*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)	Module Efficiency
CS7N-640MB-AG	640 W	37.5 V	17.07 A	44.6 V	18.31 A	20.6%
Bifacial Gain**	5%	672 W	37.5 V	17.92 A	44.6 V	21.6%
	10%	704 W	37.5 V	18.78 A	44.6 V	22.7%
	20%	768 W	37.5 V	20.48 A	44.6 V	24.7%
CS7N-645MB-AG	645 W	37.7 V	17.11 A	44.8 V	18.35 A	20.8%
Bifacial Gain**	5%	677 W	37.7 V	17.97 A	44.8 V	21.8%
	10%	710 W	37.7 V	18.84 A	44.8 V	22.9%
	20%	774 W	37.7 V	20.53 A	44.8 V	24.9%
CS7N-650MB-AG	650 W	37.9 V	17.16 A	45.0 V	18.39 A	20.9%
Bifacial Gain**	5%	683 W	37.9 V	18.03 A	45.0 V	22.0%
	10%	715 W	37.9 V	18.88 A	45.0 V	23.0%
	20%	780 W	37.9 V	20.59 A	45.0 V	25.1%
CS7N-655MB-AG	655 W	38.1 V	17.20 A	45.2 V	18.43 A	21.1%
Bifacial Gain**	5%	688 W	38.1 V	18.06 A	45.2 V	22.1%
	10%	721 W	38.1 V	18.93 A	45.2 V	23.2%
	20%	786 W	38.1 V	20.64 A	45.2 V	25.3%
CS7N-660MB-AG	660 W	38.3 V	17.24 A	45.4 V	18.47 A	21.2%
Bifacial Gain**	5%	693 W	38.3 V	18.10 A	45.4 V	22.3%
	10%	726 W	38.3 V	18.96 A	45.4 V	23.4%
	20%	792 W	38.3 V	20.69 A	45.4 V	25.5%
CS7N-665MB-AG	665 W	38.5 V	17.28 A	45.6 V	18.51 A	21.4%
Bifacial Gain**	5%	698 W	38.5 V	18.14 A	45.6 V	22.5%
	10%	732 W	38.5 V	19.02 A	45.6 V	23.6%
	20%	798 W	38.5 V	20.74 A	45.6 V	25.7%
CS7N-670MB-AG	670 W	38.7 V	17.32 A	45.8 V	18.55 A	21.6%
Bifacial Gain**	5%	704 W	38.7 V	18.20 A	45.8 V	22.7%
	10%	737 W	38.7 V	19.05 A	45.8 V	23.7%
	20%	804 W	38.7 V	20.78 A	45.8 V	25.9%

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.
** Bifacial Gain: The additional gain from the back side compared to the power of the front side at the standard test condition. It depends on mounting (structure, height, tilt angle etc.) and albedo of the ground.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)
CS7N-640MB-AG	480 W	35.2 V	13.64 A	42.2 V	14.77 A
CS7N-645MB-AG	484 W	35.3 V	13.72 A	42.3 V	14.80 A
CS7N-650MB-AG	487 W	35.5 V	13.74 A	42.5 V	14.83 A
CS7N-655MB-AG	491 W	35.7 V	13.76 A	42.7 V	14.86 A
CS7N-660MB-AG	495 W	35.9 V	13.79 A	42.9 V	14.89 A
CS7N-665MB-AG	499 W	36.1 V	13.83 A	43.1 V	14.93 A
CS7N-670MB-AG	502 W	36.3 V	13.85 A	43.3 V	14.96 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	132 [2 x (11 x 6)]
Dimensions	2384 x 1303 x 35 mm (93.9 x 51.3 x 1.38 in)
Weight	37.9 kg (83.6 lbs)
Front Glass	2.0 mm heat strengthened glass with anti-reflective coating
Back Glass	2.0 mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm² (IEC), 10 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	460 mm (18.1 in) (+) / 340 mm (13.4 in) (-) or customized length*
Connector	T4 series or MC4-EVO2
Per Pallet	31 pieces
Per Container (40' HQ)	527 pieces or 465 pieces (only for US)

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

ELECTRICAL DATA

Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Max. System Voltage	1500 V (IEC/UL) or 1000 V (IEC/UL)
Module Fire Performance	TYPE 29 (UL 61730) or CLASS C (IEC61730)
Max. Series Fuse Rating	35 A
Application Classification	Class A
Power Tolerance	0 ~ + 10 W
Power Bifaciality*	70 %

* Power Bifaciality = $P_{max_{rear}} / P_{max_{front}}$, both $P_{max_{rear}}$ and $P_{max_{front}}$ are tested under STC, Bifaciality Tolerance: ± 5 %

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

PARTNER SECTION

CSI Solar Co., Ltd.
199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

March 2022. All rights reserved, PV Module Product Datasheet V2.2_EN

Figura 5. Datasheet moduli FV (Parte 2)

6.2.2 Tracker mono-assiale

I tracker (o inseguitori solari) ipotizzati garantiscono compatibilità totale con i moduli FV sopra indicati. Di seguito una tabella riepilogativa con le caratteristiche chiave e un disegno preliminare della struttura:

Tabella 3: Tracker/Stringa

Brand / Modello	Convert / TRJ
Tipologia	1 Portrait (1P)
Tecnologia	Mono-assiale con backtracking
Angolo di Rotazione	$\pm 55^\circ$
Massima inclinazione terreno N-S	15% (8° ca)
Numero di moduli per Tracker/Stringa	1x30
Lunghezza Tracker [m]	41,26
Larghezza [m]	2,38
Altezza del fulcro dal suolo [m]	2,4
Pitch [m]	7,0

Si riportano alcuni dettagli della tavola “FV.CRG01.PD.F.01 - Particolari costruttivi tracker e pannelli FV Pianta, prospetti e sezione”:



Figura 6. Tracker 1P - Vista Longitudinale in condizione di riposo

Il sistema “tracker + moduli FV”, avrà quest’aspetto:

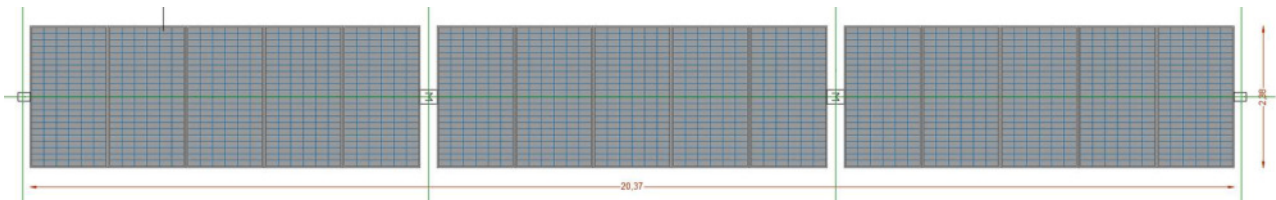



Figura 7. Tracker 1P con Moduli FV - Vista Longitudinale

6.2.3 Quadro di Stringa

I cavi DC in uscita dai tracker verranno indirizzato ad appositi quadri di stringa: ogni quadro di stringa avrà a disposizione un numero di input limitato ove verranno collegati i cavi in uscita dalle varie stringhe.

Disponibile in modelli da 8 a 24 ingressi e con una tensione massima DC di 1500 V, è stato scelto il quadro di stringa prodotto da INGETEAM, gli INGECON SUN 12B. I quadri della serie INGECON SUN sono inoltre caratterizzati dalla presenza all'interno di portafusibili in DC, fusibili in DC, scaricatori di sovratensione DC indotti da fulmini e interruttore sezionatore sotto carico:

Tabella 4. Quadri di Stringa

Brand / Modello	INGETEAM / INGECON SUN StringBox 12B	
N° max di stringhe in input FV	12/24	
Corrente di corto-circuito I_{sc} [A]	13,98	
Corrente di impiego I_{mp} [A]	13,12	
Corrente max di corto-circuito [A]	167	
Tensione max DC [V]	1500	
Fusibile	Uno per polo	
Scaricatore	Tipo I e II	
Sezionatore DC	250 A, 2 poli	
Peso [kg]	40	
Dimensioni (L x A x P) [mm]	930 x 730 x 260	

6.2.4 Inverter Centralizzato

In fase progettuale si è cercato di uniformare la tecnologia inverter da utilizzare a vantaggio dell'economicità e in modo da facilitare la manutenzione. Si riportano di seguito le caratteristiche principali dei due modelli utilizzati in fase di dimensionamento preliminare:

Tabella 5. Inverter interni alle Power Station (PS)

Brand / Modello	INGETEAM / 1170TL B450	INGETEAM / 1800TL B690
Potenza Nominale in Input da Stringa FV [kWp]	1157	1775
Potenza Massima in Input da Stringa FV [kWp]	1520	2330
V_{mpp} min [V]	643	977
V_{mpp} max [V]		1300
Tensione Massima [V]		1500
Massima corrente [A]		1870
Potenza di uscita [kVA] @ 30°C	1169	1793
Tensione di uscita [V]	450 (Sistema IT)	690 (Sistema IT)

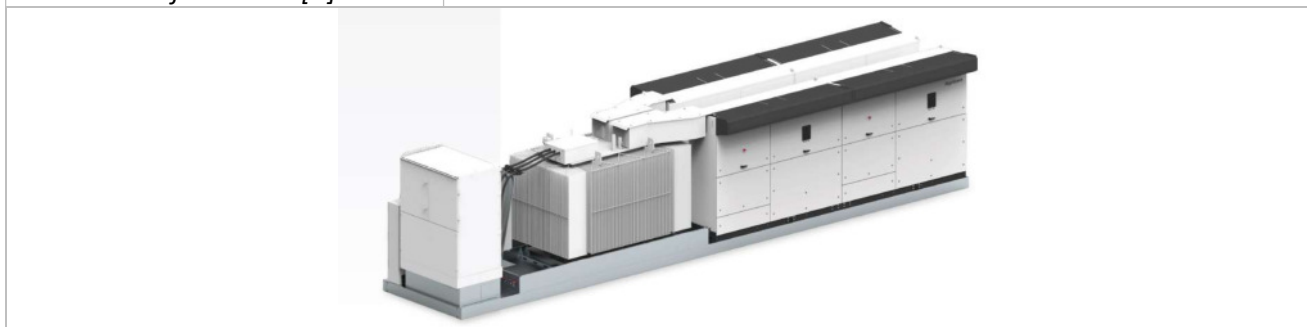


6.2.5 Power Station

Ogni Power Station effettua una trasformazione continua/alternata in BT per mezzo degli inverter prima indicati e, successivamente, con l'ausilio di trasformatori BT/MT eleva la tensione a 36 kV.

Tabella 6. Power Station

<i>Brand / Modello</i>	INGECON / SUN FSK	
<i>Tipo</i>	1800 B SERIES	4200 B SERIES
<i>N° Inverter</i>	1	3
<i>Potenza Output [kVA] @30°C</i>	1793	4209
<i>Tensione Trafo lato BT [V]</i>	690	540
<i>Tensione Trafo lato MT [V]</i>	36	



Le Power Station con la configurazione "entra-esce" permettono di collegare diversi sottocampi dislocati geograficamente. Uno schema elettrico tipo di una Power Station è il seguente:

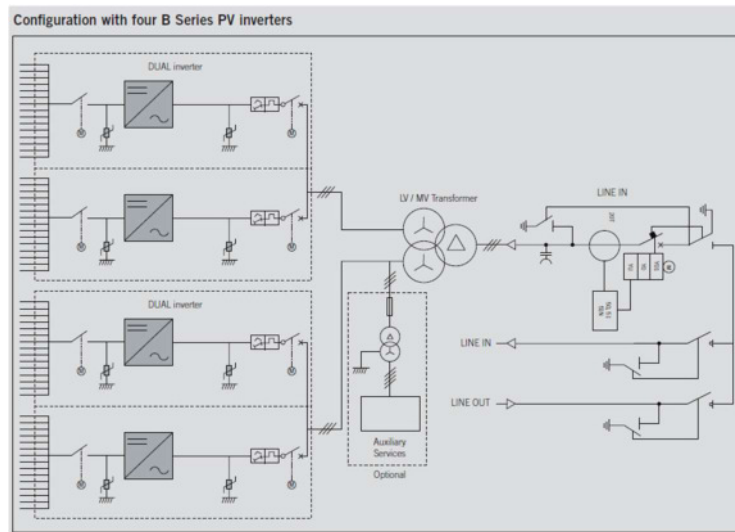


Figura 8. Schema Elettrico Unifilare Power Station

7 CONNESSIONI INTERNE AL CAMPO AGRO-FOTOVOLTAICO IN DC

L'utilizzo di moduli FV prevede necessariamente la circolazione di energia in DC interna al campo Agro-FV, prima di poter essere trasformata in BT ed elevata successivamente in MT in Power Station dedicate. In considerazione delle connessioni progettate e dimensionate, si andranno ad utilizzare due tipologie di cavi in condizioni di posa differenti:

- *H1Z2Z2-K*: Cavo solare "in aria" per la connessione fisica fra i moduli FV e il Quadro di Stringa dedicato;
- *ARG16R16*: Cavo BT (DC) "interrato" per la connessione fra il Quadro di Stringa e gli Inverter Centralizzati disposti internamente alle Power Station.

7.1 Cavo Solare H1Z2Z2-K

Si riporta di seguito un'immagine caratteristica del cavo in esame:



Figura 9. Cavo Solare H1Z2Z2-K

Questi cavi unipolari flessibili stagnato si adoperano per l'interconnessione di elementi di impianti fotovoltaici in quanto, oltre ad una tensione massima di 1800 V in continua, hanno un'elevata adattabilità alle condizioni ambientali esterni. Infatti sono adatti sia per l'installazione fissa all'esterno che all'interno, entro tubazioni in vista o incassate o in sistemi chiusi similari; sono adatti sia per la posa direttamente interrata che entro tubo interrato e possono essere utilizzati con apparecchiature di classe II. Sono caratterizzati da proprietà meccaniche ottimali in un intervallo di temperatura di esercizio da - 40 a + 90 °C, elevata resistenza all'abrasione, alla lacerazione, ai raggi UV, all'ozono, all'acqua, non propagazione della fiamma, basso sviluppo di fumi, assenza di alogeni, resistenza agli agenti atmosferici che ne permette una durata almeno pari alla vita dell'impianto fotovoltaico

Le loro caratteristiche sono di seguito riportate:

- Conduttore: Rame stagnato ricotto, classe 5;

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	27 di 41

- Isolante e Guaina esterna: miscela LSOH (Low Smoke Zero Halogen) di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50617, non propagante la fiamma, qualità Z2;
- Colore anime: nero;
- Colore guaina: blu, rosso, nero

I cavi tra i moduli a formare le stringhe saranno opportunamente fissati alla struttura tramite fascette, e comunque canalizzati in modo da essere a vista. Discorso analogo vale per il collegamento tra tali cavi e i quadri di stringa.

7.2 Cavo BT (DC) ARG16R16

Si riporta di seguito un'immagine caratteristica del cavo in esame:



Figura 10. Cavo BT ARG16R16 0,6/1 kV

Tali cavi sono stati impiegati poiché adatti per il trasporto di energia nell'industria, nei cantieri, nell'edilizia residenziale; inoltre ammettono la posa interrata anche se non protetta. Essi sono impiegati per installazione fissa all'interno e all'esterno, su murature e strutture metalliche, su passerelle, tubazioni, canalette e sistemi similari.

Date le proprietà di limitare lo sviluppo del fuoco e l'emissione di calore, il cavo è adatto per l'alimentazione di energia elettrica nelle costruzioni ed altre opere di ingegneria civile. Essi hanno le seguenti caratteristiche costruttive:

- Conduttore: in alluminio, in corda rigida rotonda compatta, classe 2;
- Isolamento: in gomma, qualità G16;
- Cordatura Totale: i conduttori isolati sono cordati insieme;
- Guaina Riempitiva: in materiale termoplastico;
- Guaina Esterna: in PVC (Polivinilcloruro), qualità R16;

8 LINEE MT DI INTERCONNESSIONE CAMPO AGRO-FOTOVOLTAICO – SE

8.1 Cavidotto Interno ed Esterno

Il “cavidotto interno” realizza la connessione elettrica interna al campo FV in a 36 kV tra le Power Station, in collegamento “entra-esce”, e tra le Power Station e la Cabina di Raccolta.

Nella successiva figura, si riporta il collegamento in “entra-esce” fra le PS dei Sottocampi A - B, da cui parte un nuovo cavidotto a 36 kV interrato per la Cabina di Raccolta.

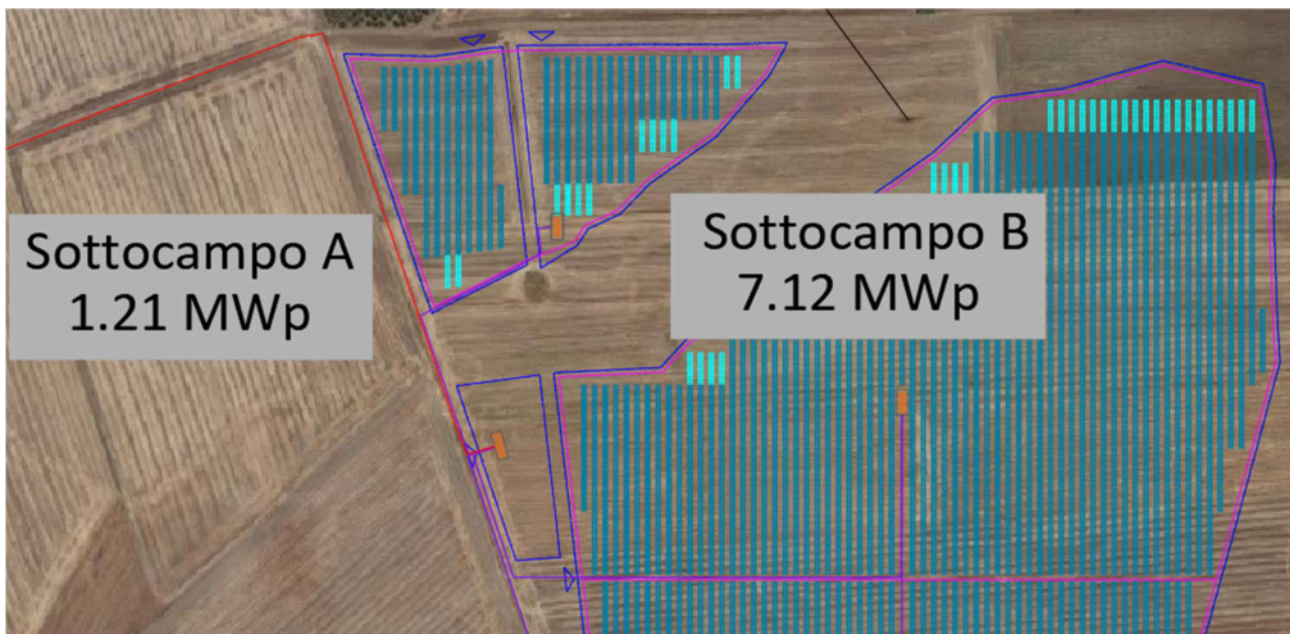


Figura 11. Collegamento entra-esce PS Sottocampo A e Sottocampo B

Successivamente invece, si riporta il collegamento in “entra-esce” fra le PS dei Sottocampi D e C, da cui parte un nuovo cavidotto a 36 kV interrato per la Cabina di Raccolta:

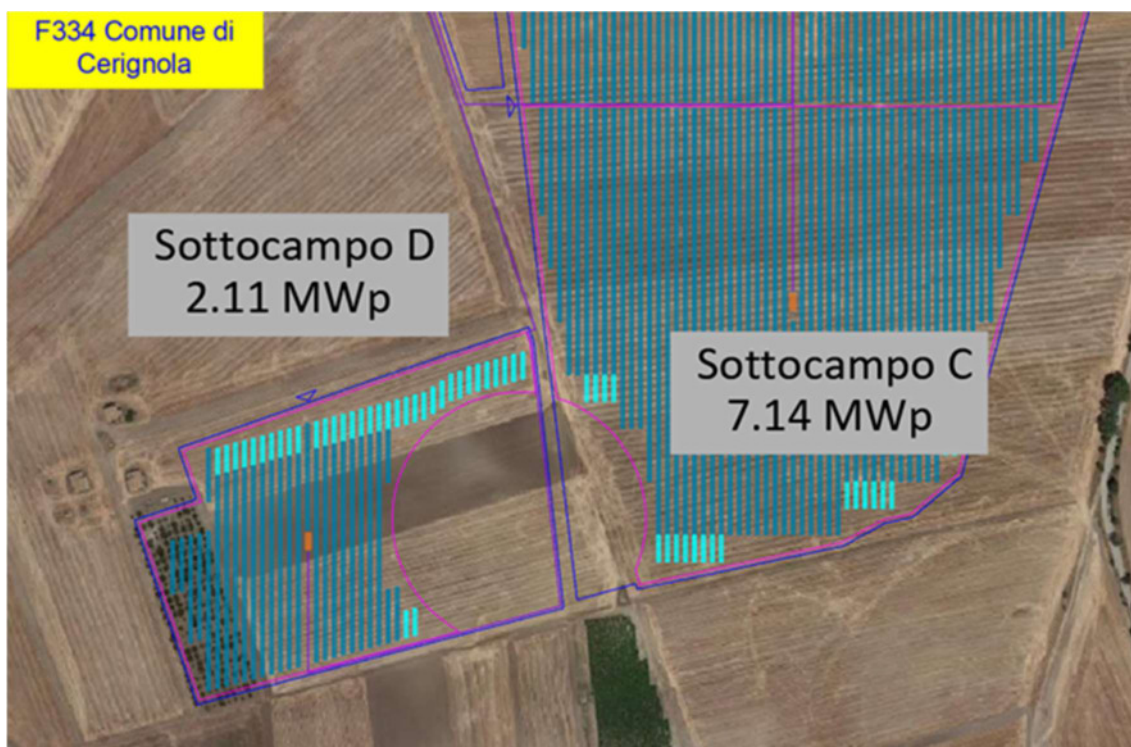


Figura 12. Collegamento entra-esci PS Sottocampo D e Sottocampo C

Il “cavidotto esterno” collega l’impianto agro-fotovoltaico alla Stazione Elettrica 36/150 kV, come si evidenzia successivamente:



Figura 13. Collegamento Cabina di Raccolta alla Stazione Elettrica RTN 150/36 kV

8.2 Tipologia Cavi

Per il collegamento elettrico a 36 kV, si prevede l'utilizzo di cavi unipolari di tipo ARE4H5E-20,8/36 kV, aventi le seguenti caratteristiche:

- Anima realizzata con conduttore a corda rotonda compatta di alluminio;
- Semiconduttore interno a mescola estrusa;
- Isolante in mescola di polietilene reticolato per temperature a 85°C XLPE;
- Semiconduttore esterno a mescola estrusa;
- Rivestimento protettivo realizzato con nastro semiconduttore igroespandente;

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	31 di 41

- Schermo a nastro in alluminio avvolto a cilindro longitudinale ($R_{max} = 3 \Omega/km$);
- Guaina in polietilene, colore rosso.

Il cavo rispetta le prescrizioni delle norme HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta la IEC 60502-2.

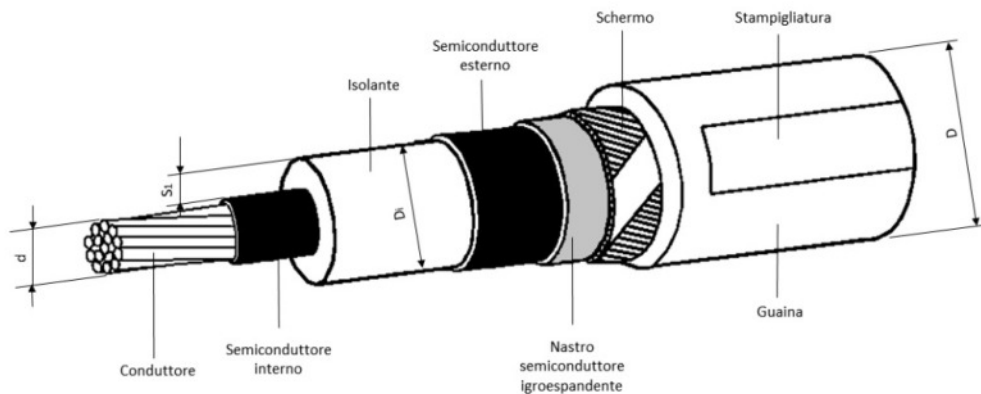


Figura 14. Immagine indicativa del tipo di Cavo

8.3 Tipologia Posa

Il cavidotto a 36 kV che interessa il collegamento tra il campo agro-fotovoltaico, la cabina di raccolta e la Stazione Elettrica seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17. Sarà costituito da cavi unipolari direttamente interrati (modalità di posa tipo M), ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali e o fluviali richieste dagli enti concessionari, per i quali sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato (modalità di posa N). La posa verrà eseguita ad una profondità di 1,25 m.

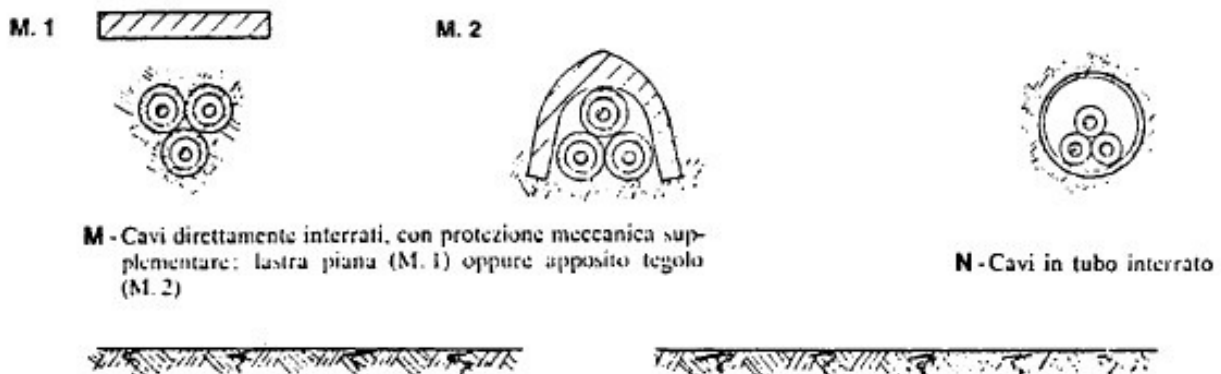


Figura 15. Modalità di Posa (CEI 11-17)

Il tracciato del cavidotto, che segue la viabilità prima definita, è realizzato nel seguente modo:

- Scavo a sezione ristretta obbligata (trincea) con dimensioni variabili;
- Letto di sabbia di circa 10 cm, per la posa delle linee MT avvolte ad elica;
- Rinfiando e copertura dei cavi MT con sabbia per almeno 10 cm;
- Corda nuda in rame (o in alluminio) per la protezione di terra (avente, come previsto da norma CEI EN 61936-1, una sezione maggiore o uguale di 16 mm² per il rame e 35 mm² nel caso di alluminio), e tubazioni PVC per il contenimento dei cavi di segnale e della fibra ottica, posati direttamente sulla sabbia, all'interno dello scavo;
- Riempimento per almeno 20 cm con sabbia;
- Inserimento per tutta la lunghezza dello scavo, e in corrispondenza dei cavi, delle tegole protettive in plastica rossa per la protezione e individuazione del cavo stesso;
- Nastro in PVC di segnalazione;
- Rinterro con materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte.

In figura, si riporta una sezione tipologica delle condutture elettriche che compongono il cavidotto:

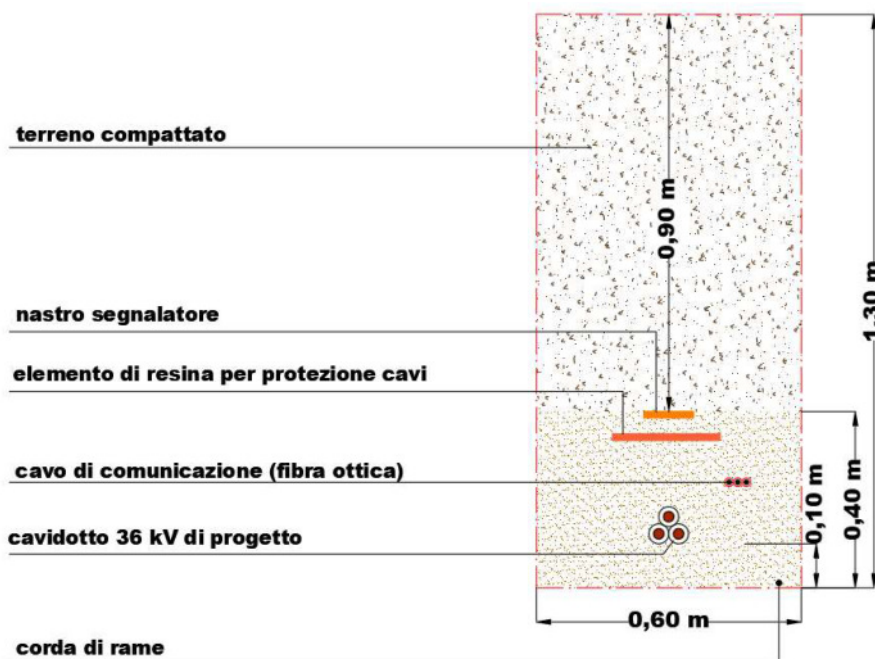


Figura 16. Sezione Cavidotto Singola Terna su Terreno

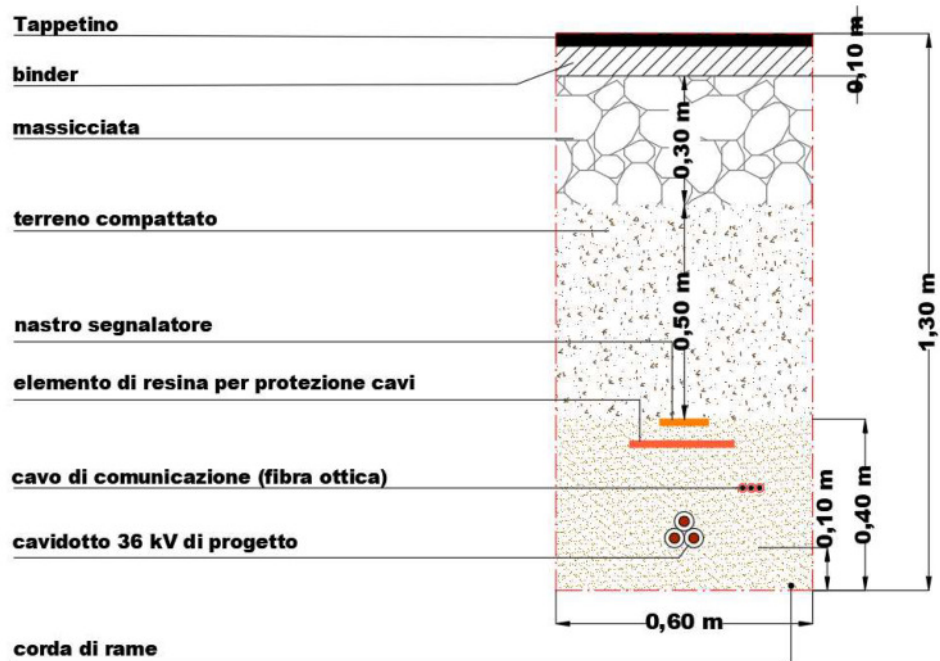


Figura 17. Sezione Cavidotto Singola Terna su Strada Asfaltata

Si rimanda alla Tavola "FV.CRG01.PD.E.01 – Layout di progetto su CTR in fase di cantiere" per ulteriori dettagli.



RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	34 di 41

9 DIMENSIONAMENTO CAVI DC

Per la scelta dei cavi della parte in corrente continua, si può assumere cautelativamente una tensione¹ di $1,2 U_{oc}$, dove U_{oc} è la tensione a vuoto della stringa in condizioni di prova standard². Il vincolo che deve essere verificato è che:

$$1,5 U_o \geq 1,2 U_{oc}$$

con U_o : tensione di fase verso terra (coincidente alla tensione nominale per sistemi isolati da terra).

Siccome il sistema deve poter sopportare $1500 V_{cc}$, il cavo deve essere designato come $U_o/U - 1 \text{ kV} / 1 \text{ kV}$ garantendo il rispetto della disuguaglianza precedentemente scritta.

Prendendo a riferimento la "CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione" è possibile individuare due condizioni da rispettare per il dimensionamento a "regola d'arte" dei cavi in DC:

1. La caduta di tensione massima deve rientrare nel 2% (anche se è buona regola indicare come soglia l'1%);
2. Il dimensionamento dei cavi deve essere fatto considerando una corrente che è $1,25 \times I_{sc}$ (Corrente di cortocircuito del modulo FV) in qualsiasi punto³ in maniera tale da omettere la protezione contro i sovraccarichi.

9.1 Cavo Parallelo Stringhe – Quadro di Stringa

Per il dimensionamento dei cavi in DC per la connessione tra i moduli FV e i Quadri di Stringa (QdS), si è fatto riferimento alla normativa "CEI EN 50618 – Cavi Elettrici per Impianti Fotovoltaici". In particolare, oltre ad individuare la portata I_0 del cavo H1Z2Z2-K nota la condizione di posa, individua due fattori correttivi da applicare affinché si verifichi:

$$I_z \geq K_T \cdot K_n \cdot I_0 \geq I_b = 1,25 \times I_{sc}$$

dove:

¹ IEC TS 62257-7-1, art 6.1.4.2.

² $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$, Irraggiamento = 1000 W/m^2

³ CEI 64-8, art 712.433

- K_T è il fattore di conversione per corrente nominale per diverse temperature ambientali;
- K_N è il fattore di correzione per installazioni di gruppo⁴.

Si riportano i dati significativi per il dimensionamento del cavo in DC di connessione tra le stringhe e il Quadro di Stringa:

Tabella 7. Dati per Dimensionamento cavi DC per collegamento moduli FV

Modello Modulo FV	CS7N-670MB-AG 1500 V
Corrente I_{SC} @ STC [A]	18,55
Tensione V_{oc} @ STC [V]	45,8
Moduli per Stringa	30
Temperatura ambientale [°C]	Fino a 60°C
N° stringhe per Quadro di Stringa	12
Tipo di Posa	Due cavi a contatto su superficie
Massima Caduta di Tensione	2% (30 V)

In queste condizioni, i fattori correttivi da applicare sono:

- $K_T = 1$;
- $K_N = 0,45$.

Considerando che per Quadro di Stringa ci sono 12 input, si andranno a connettere 12 stringhe.

Il cavo scelto risulta immediatamente idoneo in termini di tensione in quanto:

$$1,5 \cdot 1 \text{ kV} = 1500 \text{ V} \geq 1,2 \cdot 45,8 \text{ V} \cdot 12 = 659,52 \text{ V}$$

Si ipotizza che la distanza media di un tracker dal QdS dedicato sia di 80 m. Si riportano di seguito i valori scelti per il cavo in esame:

Tabella 8. Dati cavo H12222-K scelto

Sezione [mm^2]	6
Resistenza [Ω/km] @ 90°C	3,85
Portata I_0 [A]	57
Corrente effettiva I_z [A]	25,65

È facile verificare che, con una sovraccaricabilità del 125%, è verificata la condizione 2 precedente:

⁴ HD 60364-5-32:2011, Tabella B.52.17

$$I_z = 25,65 A \geq I_b = 1,25 \cdot 18,55 A = 23,19 A$$

Inoltre, definita la distanza media della stringa dal QdS, è garantito anche il rispetto della massima caduta di tensione ammissibile:

$$\Delta V = 2 \cdot r \cdot l \cdot I_b = 2 \cdot 3,85 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,08 km \cdot 23,19 A = 14,29 V < 30 V$$

Possiamo concludere che la sezione scelta è sufficiente (a maggior ragione essendoci posti in condizioni cautelative e nell'ipotesi di pieno carico) per garantire la connessione dei moduli FV al Quadro di Stringa.

9.2 Cavo Quadro di Stringa – Inverter Centralizzati

Per il cavo di collegamento tra il Quadro di Stringa e gli Inverter Centralizzati interni alle Power Station si adopera il cavo ARG16R16, utile per lo il trasporto di energia in BT (o DC). Per questa tipologia di cavo, oltre alla modalità di posa che definisce la portata I_0 , si individuano quattro fattori correttivi⁵ da applicare affinché si verifichi:

$$I_z \geq K_T \cdot K_N \cdot K_P \cdot K_R \cdot I_0 \geq I_b = 1,25 \times N \cdot I_{sc}$$

Dove:

- N rappresenta il numero di stringhe che arrivano nel QdS;
- K_T è il coefficiente di correzione per posa interrata e temperature ambientali diverse dai 20 °C;
- K_N è il coefficiente di correzione per gruppi di più circuiti;
- K_p è il coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversa da 0,8 m;
- K_r è il coefficiente di correzione per valori di resistività termica diversi da 1,5 K m/W.

Si riportano i dati significativi per il dimensionamento del cavo in BT (DC) per la connessione tra i Quadri di Stringa e l'Inverter:

Tabella 9: Dati per Dimensionamento cavi BT (DC) per collegamento Quadri di Stringa

N° Input per QdS	12
Corrente QdS I_b [A]	278,25
Tipo di Posa	Interrata in Tubo
Temperatura di Posa [°C]	35

⁵ CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua

<i>N° Conduttori nello scavo</i>	3
<i>Distanza tra circuiti [mm]</i>	250
<i>Profondità di Posa [m]</i>	0,8
<i>Resistività Termica [K m/W]</i>	1,5
<i>Massima Caduta di Tensione</i>	2% (30 V)

In queste condizioni, i fattori correttivi da applicare sono:

- $K_T = 0,89$;
- $K_N = 0,8$;
- $K_p = 1$;
- $K_r = 1$.

Si ipotizza che la distanza media di un QdS dalla PS dove è inserito l'inverter sia di 100 m circa. Si riportano di seguito i valori scelti per il cavo in esame:

Tabella 10. Dati cavo ARG16R16 scelto

<i>Sezione [mm²]</i>	400
<i>Cavi in parallelo</i>	1
<i>Resistenza [Ω/km] @ 20°C</i>	0,08
<i>Portata I_0 [A]</i>	417
<i>Corrente effettiva I_z [A]</i>	297

È facile verificare che, con una sovraccaricabilità del 125%, è verificata la condizione precedente:

$$I_z = 297 \geq I_b = 1,25 \cdot 12 \cdot 18,55 = 278,25 \text{ A}$$

Inoltre, definita la distanza media del QdS dalla Power Station pari a 150 m, è garantito anche il rispetto della massima caduta di tensione ammissibile:

$$\Delta V = 2 \cdot r \cdot l \cdot I_b = 2 \cdot 0,12 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,15 \text{ km} \cdot 278,25 = 10,02 \text{ V} < 30 \text{ V}$$

Possiamo concludere che la sezione scelta è sufficiente (a maggior ragione essendoci posti in condizioni cautelative e nell'ipotesi di pieno carico) per garantire la connessione dei QdS agli inverter delle PS.

10 DIMENSIONAMENTO CAVI 36 KV

Per il dimensionamento dei cavi A 36 kV stato adoperato il criterio termico (come indicato dalla CEI UNEL 35027), utilizzando il criterio elettrico come ulteriore verifica delle sezioni scelte. Per il criterio termico è necessario individuare innanzitutto la corrente d'impiego I_b per la singola tratta, in modo da garantire che la portata del cavo I_0 (opportunamente corretta) sia sempre maggiore della corrente d'impiego prevista.

$$I_z = K_{TT} \cdot K_d \cdot K_p \cdot K_r \cdot I_0 > I_b$$

Dove:

- K_{TT} è il coefficiente di correzione per posa interrata e temperature ambientali diverse dai 20 °C;
- K_d è il coefficiente di correzione per cavi tripolari (nel nostro caso assumeremo 1 perché adoperiamo cavi unipolari);
- K_p è il coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversa da 0,8 m (cavi direttamente interrati);
- K_r è il coefficiente di correzione per valori di resistività termica diversi da 1,5 K m/W (cavi direttamente interrati)

Per il criterio elettrico è necessario verificare che la massima caduta di tensione sul cavidotto, nelle condizioni di funzionamento ordinario e particolari previsti (per es. avviamento motori), sia entro valori accettabili in relazione al servizio. Indicazioni circa i valori ammissibili per la caduta di tensione possono essere ricavati dalle norme relative agli apparecchi utilizzatori connessi e dalle norme relative agli impianti, ove applicabili. Nel caso specifico si assume:

$$\Delta V = K_L \cdot (R I \cos\varphi + X I \sin\varphi) \leq 4\%$$

Dove:

- K_L , coefficiente di linea: 2 per linea monofase e $\sqrt{3}$ per linea trifase;
- R , resistenza del cavo;
- X , reattanza del cavo;
- I , corrente di impiego (I_b);
- $\cos\varphi$ ($\sin\varphi$), fattore di potenza.

Si riportano i dati di progetto per il dimensionamento delle varie tratte del cavidotto interno e del cavidotto esterno, dove con la prima lettera indichiamo il sottocampo di partenza e con la seconda lettera indichiamo il punto di arrivo, che può essere sia un Sottocampo che la Cabina di Raccolta (CR):

Tabella 11. Dati di Progetti per Dimensionamento Elettrico

Tratta	A-CR	B-CR	C-B	D-CR	Cavidotto
Potenza Tratta [kW]	1169,00	14344,00	7172,00	1793,00	17306,00
Corrente d'Impiego I_b [A]	19,73	242,15	121,07	30,27	292,15
Lunghezza Linea [km]	0,30	0,50	0,50	0,60	14,50
Tensione Linea [kV]	36,00				
$\Delta V\%$	4,00				
$\cos \varphi$	0,95				
Tipo di posa	Interrato				
Tipo di linea	Trifase				
Temperatura Amb. [°C]	25				
Temperatura di Posa [°C]	35				
K_{TT}	0,89				
Profondità di Posa [m]	1,20				
K_p	0,98				
Numero Terne nello Scavo	1	1	1	1	1
K_N	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Distanza Terne [mm]	250				
ρ [K m/W]	1,5				
K_R	1,00				

Si riportano di seguito le scelte progettuali delle sezioni dei cavi ARE4H5E – 20,8/36 kV:

Tabella 12. Dimensionamento Cavi

Tratta	A-CR	B-CR	C-B	D-CR	Cavidotto
Sezione Cavo [mm ²]	185	185	185	185	300
Cavi in Parallelo	1	1	1	1	1
Portata Cavo I_0 [A] ⁶	321,00	321,00	321,00	321,00	419,00

⁶ Trifoglio, direttamente interrato, a $\rho = 1,5 \text{ K m / W}$



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CRG01.PD.H.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/2023
PAGINA	40 di 41

Portata effettiva I_z [A]	279,98	279,98	279,98	279,98	365,45
-----------------------------	--------	--------	--------	--------	--------

Si riportano nella tabella successiva le caratteristiche meccaniche ed elettriche in funzione delle sezioni scelte:

Tabella 13. Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta

Sezione [mm ²]	Diametro Conduttore d [mm]	Diametro sull'isolante Di [mm]	Diametro esterno nominale D [mm]	Massa indicativa del cavo [kg/km]	Resistenza a trifoglio @ 90 °C [Ω/km]	Reattanza a trifoglio @ 50 Hz [Ω/km]
185	16	32,6	40,7	1450	0,333	0,130
300	20,7	6,8	36,1	1850	0,1000	0,104

Di seguito una tabella riepilogativa con le perdite ricavate a partire dalle caratteristiche del cavo e dalla configurazione d'impianto:

Tabella 14. Perdite d'impianto

Tratta	A-CR	B-CR	C-B	D-CR	Cavidotto
Caduta di Tensione	1,65 V 0,00 %	33,73 V 0,09 %	16,87 V 0,05 %	5,06 V 0,01 %	797,25 V 2,21 %
Potenza Dissipata	0,05 kW 0,00 %	11,57 kW 0,08 %	2,89 kW 0,04 %	0,22 kW 0,01 %	297,74 kW 1,72 %

Come si può evincere dalla tabella, la c.d.t. totale dell'impianto stimata è pari a:

$$\Delta V = 854,56 (2,37 \%) < 1200 V (4\%)$$

Per quanto riguarda la potenza dissipata, rientriamo in un valore nettamente inferiore al **2%**.

11 SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO

Si riporta di seguito un estratto dello schema unifilare dell'impianto agro-fotovoltaico in esame. Per maggiori dettagli, si rimanda alla tavola "FV.CRG01.PD.H.06 – Schema Elettrico Unifilare".

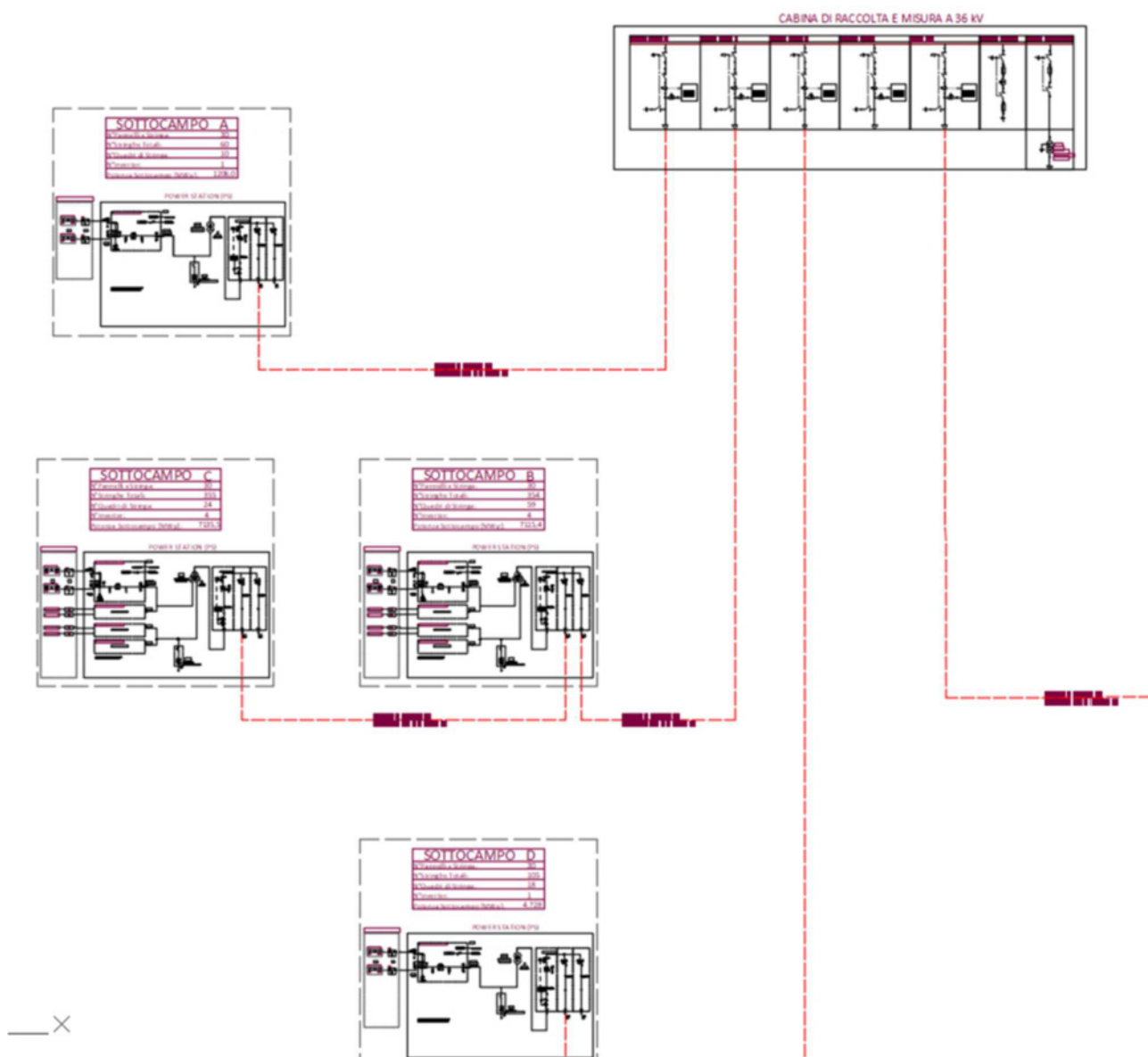


Figura 18. Estratto Schema Elettrico Unifilare