

# Provincia di ENNA - Comune di ENNA



DATA	REV	OGGETTO REVISIONE:

**Committente:**

**X-ELIO**

**X-ELIO ENNA 2 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele, 349  
00186 Roma  
P.IVA: 17129771006  
[www.x-elio.com](http://www.x-elio.com)

**Sviluppo e Progettazione:**



GEOSTUDIOGROUP S.T.P. - S.R.L.

**GEOSTUDIOGROUP STP S.r.l.**

Via Dott. Lino Blundo n.3  
97100 Ragusa (RG)

P.IVA: 01635940883

[www.geostudiogroup.net](http://www.geostudiogroup.net)

<b>OPERA:</b>	<b>TITOLO:</b> Relazione calcoli elettrici
<b>Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "ENNA 2" della potenza di 42 MW in A.C. e 50 MWp in D.C. con sistema di accumulo integrato da 21 MW e di tutte le opere connesse ed infrastrutture da realizzarsi nel Comune di Enna (EN).</b>	<b>Progettista:</b> <b>Ing. Salvatore Camillieri</b>
<b>UBICAZIONE IMPIANTO</b>	
<b>Contrada Salsello Enna (EN)</b>	
<b>DATA:</b>	<b>SCALA</b>
08/08/2023	-

## Sommario

1. PREMESSA .....	3
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	3
3. Cavidotti MT.....	6
3.1 GENERALITÀ.....	6
3.2 MODALITÀ DI POSA .....	6
3.3 CAVI TRATTO POWER STATION - CABINA DI RACCOLTA .....	7
3.4 DIMENSIONAMENTO ELETTRICO.....	8
3.5 PRESCRIZIONI SULLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE DEI CAVI .....	16
3.6 RAGGIO DI CURVATURA DEI CAVI .....	16
3.7 TARGATURE.....	17
3.8 CUNICOLI, TUBAZIONI E POZZETTI .....	17

## **1. PREMESSA**

La presente relazione ha lo scopo di fornire una descrizione tecnica dettagliata del progetto di un impianto di generazione elettrica da fonte rinnovabile solare attraverso la conversione fotovoltaica, della potenza di 42,00 MW, da realizzare in c/da Salsello di pertinenza del comune di Enna (EN).

## **2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

Il progetto elettrico oggetto della presente relazione tecnica è stato realizzato nel rispetto dei più moderni criteri della tecnica impiantistica, nel rispetto della “regola dell’arte”, nonché delle leggi, norme e disposizioni vigenti, con particolare riferimento a:

- CEI 0-16
- Guida CEI 82-25
- CEI / IEC per la parte elettrica
- Norme e standard ENEL per la connessione alla rete locale
- CEI / IEC 1215 per i moduli fotovoltaici
- IEC 904/1-2-3 per i moduli fotovoltaici
- UNI per la parte meccanica
- D.Lgs 81/08 – Testo unico sulla Sicurezza;.
- D.M. 37/08;
- Prescrizioni delle autorità locali;
- Legge 01 Marzo 1968, n° 186;
- D.L. 29 dicembre 2003 n° 387;
- Decreto 17 maggio 2006 dell’Assessorato del Territorio e dell’Ambiente della Regione Sicilia;
- D.Lgs 152/06 e s.m.i;
- Delibera AEEG ARG/elt 161/08;
- Delibera AEEG ARG/elt 197/08;
- Piano Energetico ed Ambientale Regionale - Sicilia
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI EN 60904-1(CEI 82-1): Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;
- CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;

- CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;
- CEI EN 61727 (CEI 82-9): Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;
- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61646 (82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase);
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) serie composta da:
  - CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1): Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);
  - CEI EN 60439-2 (CEI 17-13/2): Prescrizioni particolari per i condotti sbarre;
  - CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3): Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso - Quadri di distribuzione (ASD);
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

- CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini serie composta da:
- CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1): Principi generali;
- CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2): Valutazione del rischio;
- CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3): Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;
- CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4): Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture;
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 0-3: Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- CEI 13-4: \_Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- EN 50470-1 ed EN 50470-3 in corso di recepimento nazionale presso CEI;
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);
- CEI 64-8, parte 7, sezione 712: Sistemi fotovoltaici solari (PV) di alimentazione.

Il rispetto della normativa sopra specificata sarà inteso nel modo più restrittivo, nel senso che non solo la progettazione sarà adeguata a quanto stabilito dai suddetti criteri, ma vi sarà un'analogia rispondenza alle normative da parte di tutti i materiali ed apparecchiature che saranno impiegati.

Con preciso riferimento a quanto prescritto dalle Norme d'installazione degli impianti elettrici, saranno scelti materiali provvisti di Marchio Italiano di Qualità (I.M.Q.) per tutti i prodotti per i quali il marchio è ammesso. Saranno comunque pure rispettate le prescrizioni delle presenti specifiche, ove sono previsti dimensionamenti in lieve misura eccedenti i limiti minimi consentiti dalle Norme.

Gli impianti dovranno rispondere ai seguenti requisiti generali:

- Sicurezza ed affidabilità;
- Accessibilità;
- Facilità di gestione.

### 3. CAVIDOTTI MT

#### 3.1 GENERALITÀ

Per il calcolo della sezione dei cavi si è tenuto conto:

1. dell'effetto termico dovuto alla corrente che attraversa i conduttori;
2. della massima caduta di tensione ammissibile nei conduttori stessi.

In relazione ad ognuno dei due punti suddetti è stata calcolata una sezione. Al fine di fare valere contemporaneamente le due condizioni è stata scelta la sezione in commercio più prossima per eccesso alla maggiore tra le due.

I dati principali per il dimensionamento dei cavi dal punto di vista termico (Joule) sono:

- o i carichi (potenze);
- o la modalità di posa dei cavi;
- o il numero di conduttori attivi (cioè percorsi da corrente) che si trovano nella stessa tubazione
- o in vicinanza tra loro in quanto si influenzano termicamente.

La valutazione delle condizioni di carico (analisi dei carichi) è il punto di partenza per la scelta degli apparecchi di protezione e per il dimensionamento dei cavi.

Di ogni cavo è necessario individuare la corrente di impiego  $I_B$  da prendere in considerazione per la determinazione degli elementi di un circuito.

Un conduttore percorso da corrente si riscalda per effetto Joule e la sua temperatura aumenta dal valore iniziale  $T_a$  al valore finale  $T_f$ , cioè subisce un incremento di temperatura  $\Delta T = T_f - T_a$ .

Tale salto di temperatura è direttamente proporzionale al quadrato della corrente  $I_B$  e dipende inoltre dal tipo di posa dei conduttori e dal numero di conduttori attivi vicini fra di loro.

A seconda del tipo di isolante e di posa del cavo (norma CEI - Unel 35027), il valore di  $I_B$  si troverà compreso tra due valori di corrente e di essi si sceglierà la sezione  $S_1$  relativa alla corrente maggiore.

Alla sezione  $S_1$  corrisponderà, pertanto, una certa portata di corrente  $I_Z$ .

La portata di un cavo è il massimo valore di corrente che circolando in regime permanente (24 ore su 24) non fa superare la temperatura massima ammissibile per l'isolante (cioè il valore che non produce l'invecchiamento precoce dell'isolante).

#### 3.2 MODALITÀ DI POSA

Il percorso della linea è stato individuato sulla base dei seguenti criteri:

- minima distanza;
- massimo sfruttamento degli scavi delle infrastrutture di collegamento da realizzare;
- migliore condizione di posa.

Per la costruzione ed il dimensionamento di pozzetti occorrerà tenere presente che:

- i cavi all'interno dei tubi si dovranno introdurre ed estrarre senza recare danneggiamenti alle guaine;
- il percorso dei cavi all'interno deve potersi svolgere ordinatamente rispettando i raggi di curvatura.

Il cavidotto sarà interrato ad una profondità minima di posa dal piano di calpestio di circa 0,80 m e disposto su di un letto di sabbia o di cemento magro dello spessore di circa 10 cm. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligatoria di larghezza variabile fra 60 cm e 80 cm a seconda del tratto di collegamento.

Completano la struttura del cavidotto alcuni pozzetti di ispezione per le connessioni dei conduttori. Al fine di assicurare la sfilabilità dei cavi, il diametro nominale interno del tubo sarà maggiore di 1,5 volte il diametro del cerchio che circonda il fascio di cavi.

Lo schermo dei cavi MT sarà collegato all'impianto di terra in entrambe le estremità della linea.

Gli scavi ed i ripristini sulle eventuali carreggiate stradali saranno eseguiti secondo le prescrizioni degli enti proprietari e ripristinando nel miglior modo possibile lo stato ante-operam. I riempimenti dello scavo saranno effettuati riutilizzando il terreno vegetale prelevato dallo scavo stesso.

Lungo il cavidotto saranno posati, oltre ai cavi di energia, una corda in treccia in rame nudo della sezione di  $1 \times 35 \text{ mm}^2$  per l'impianto di terra e entro un tritubo, posato nella parte superiore dello scavo, del diametro di 50 mm, verranno installati i cavi della fibra ottica per il sistema di monitoraggio del gruppo di produzione e/o linea telefonica/segnalazione.

Prima del ripristino dello scavo, sarà posto il nastro monitore di segnalazione della presenza di cavi elettrici. I cavidotti saranno segnalati in superficie da appositi cippi segna cavo.

### **3.3 CAVI TRATTO POWER STATION - CABINA DI RACCOLTA**

Le Power Station (o cabine di campo) dell'impianto fotovoltaico verranno collegate alla cabina di raccolta mediante linee elettriche interrate dedicate; le linee elettriche saranno costituite da cavi trifasi in alluminio, del tipo avvolti ad elica, aventi sezione variabile interrati con posa alla profondità di 0,80 m circa principalmente lungo la viabilità di servizio da realizzare all'interno dell'area d'impianto.

### 3.4 DIMENSIONAMENTO ELETTRICO

#### Calcolo della corrente d'impiego

Il valore della corrente di impiego  $I_B$  sul lato MT per ogni cabina di conversione viene calcolato con la formula:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos\varphi}$$

dove P è la potenza generata dal sottocampo.

#### Calcolo della portata dei cavi

Per la determinazione della portata del cavo si è fatto riferimento alla seguente condizione operativa definita dalla norma CEI - UNEL 35026:

- profondità di posa: 0,8 m
- temperatura del terreno di riferimento: 20°C
- resistività termica del terreno: 1,5 Km/W
- materiale del conduttore

La modalità di posa impiegate nel suddetto calcolo relativamente alla sezione MT è quella standard indicata con E1 ed E2: cavo tripolare posato dentro un tubo il cui diametro esterno sarà  $\Phi=160$  mm (superiore a 1,5 volte il diametro del cavo circoscritto).

La norma CEI EN 35027 definisce i criteri per la determinazione della portata dei cavi di energia con tensione nominale da 1kV a 36 kV.

1. La formula per il calcolo della portata è la seguente (CEI UNEL 35026):

$$I_Z = I_0 \times k$$

dove:  $k = k_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$

$I_Z$  = portata effettiva del conduttore

$I_0$  = portata nominale del conduttore dichiarata dal costruttore, per posa interrata a 20°C;

K = fattore correttivo che tiene conto dell'effettiva condizione di posa;

$K_1$  = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da 20 °C;

$K_2$  = coefficiente di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano

$K_3$  = coefficiente di correzione per valori di profondità di posa differenti da 0,8m;

$K_4$  = coefficiente di correzione per valori di resistività termica del terreno differenti da 1,5 Km/W.



### Temperatura del terreno

Al fine di un corretto dimensionamento, occorre tenere conto della temperatura del terreno effettiva, diversa da quella STC di riferimento (20°).

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

Cavi con isolamento in HPTE				
Temperatura ambiente	15°C	20°C	25°C	30°C
Coefficiente	1,04	1	0,96	0,93

Essendo stata stimata una temperatura massima del terreno pari a 25°C alla profondità di posa dei cavi, si assume il fattore correttivo  $K1 = 0,96$ .

### Numero di terne per sezione di scavo

A scopo cautelativo, si è preso quale valore di riferimento quello pari al numero massimo di cavi presenti in parallelo lungo tutta la tratta, ottenendo così un margine di sovradimensionamento rispetto alle effettive condizioni di esercizio. In particolare, si considera la compresenza di n.1/2/3/4 terne di cavi MT all'interno della medesima sezione di scavo, posati direttamente interrati, come da sezioni tipo allegate al progetto.

Sulla base di ciò, sono stati applicati i seguenti fattori correttivi K2

Distanza fra i circuiti 0,25 m				
N. circuiti	1	2	3	4
Coefficiente	1,00	0,86	0,78	0,74

### Profondità di posa

In generale, per tutte le linee elettriche MT, si prevede la posa dei cavi direttamente interrati, ad una profondità di 0,80 m dal piano di calpestio per le tratte interne al parco, mentre ad una profondità di 1,10 m per le tratte esterne al parco.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali

regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella seguente:

Profondità di posa				
Profondità posa (m)	0,8	1,0	1,10	1,2
Coefficiente	1,00	0,98	0,97	0,96

Considerando il valore di posa di 0,80 il fattore sarà pari a  $K3 = 1$ , per le tratte interne al parco. Per le tratte esterne al parco, si farà uso del valore  $K3 = 0,97$ .

### Resistività termica del terreno

In generale, per tutte le linee elettriche, si considera la posa in terreno asciutto (condizione più gravosa) con una resistività termica del terreno pari a  $1,5 \text{ K} \cdot \text{m}/\text{W}$ .

Pertanto, non si applica alcun fattore correttivo e si utilizzerà  $K4 = 1$ .

La sezione dei cavi MT dell'impianto deve soddisfare dei seguenti punti:

- 1) verifica della portata;
- 2) verifica della massima caduta di tensione;
- 3) verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il corto circuito;
- 4) verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il sovraccarico.

### 1) Verifica della portata

Per la verifica della portata deve risultare verificata la disuguaglianza:

$$I_B \leq I_Z.$$

### 2) Verifica della massima caduta di tensione

Per il calcolo della caduta di tensione lungo la linea si è utilizzata la seguente formula:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_B \cdot (R_L \cos \varphi + X_L \sin \varphi)$$

dove:

$\Delta V$  è la caduta di tensione nel tratto di linea in esame [V]

L è la lunghezza della linea [km]

$I_B$  è la corrente di impiego [A]

$\cos\varphi$  è il fattore di potenza

RL è la resistenza del cavo elettrico [ $\Omega/\text{km}$ ] ( $RL=0,211 \Omega/\text{km}$ );

XL è la reattanza del cavo elettrico [ $\Omega/\text{km}$ ] ( $XL=0,113 \Omega/\text{km}$ )

In valore percentuale la caduta di tensione è stata calcolata come:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} 100$$

dove:

$V_n$  è la tensione nominale del sistema  $V_n = 30.000 \text{ V}$

In base al dimensionamento eseguito emerge che il valore percentuale della caduta di tensione totale della linea MT di collegamento tra il parco fotovoltaico e le sbarre della cabina utente, è contenuto al di sotto del valore massimo fissato del 4%, valore limite ritenuto accettabile in relazione al servizio, come richiesto dalla norma CEI 11.17.

### 3) Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il cortocircuito

Per tali sovracorrenti saranno previsti dei dispositivi di protezione atti ad interrompere le correnti di cortocircuito nei conduttori del circuito prima che queste possano diventare pericolose a causa degli effetti termici e meccanici che si vengono a determinare. Le correnti di cortocircuito presunte potranno essere determinate sia con calcoli che con misure in ogni punto significativo dell'impianto. I dispositivi di protezione contro il cortocircuito dovranno avere il potere di interruzione non inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione.

La sezione del conduttore verrà scelta in maniera tale che la temperatura raggiunta dal conduttore per effetto della sovracorrente dovuta al cortocircuito non sia dannosa, come entità e durata, per l'isolamento o per gli altri materiali con cui il conduttore è in contatto o in prossimità. Qualora la sovracorrente sia praticamente costante e il fenomeno termico sia di breve durata (cortocircuito) in modo da potersi considerare di puro accumulo (regime adiabatico), il cavo risulterà protetto se verrà soddisfatta la seguente relazione (integrale di Joule):

$$\int_0^{t_g} i^2 dt \leq K^2 S^2$$

dove:

- $i$  = valore istantaneo della corrente di cortocircuito
- $\int_0^{t_g} i^2 dt$  = energia specifica passante che il dispositivo di protezione lascia passare prima che intervenga;
- $t_g$  = tempo d'interruzione del guasto (tempo d'apertura dei contatti + tempo d'estinzione dell'arco elettrico) = 0,25 s;

- S = sezione del cavo;
- $K^2 S^2$  = energia ammissibile per il cavo (ipotesi di sistema adiabatico);
- K è una costante caratteristica del cavo, è un valore indicato dalle Norme (CEI 11-17) ed è stabilito in funzione della temperatura massima ammissibile di funzionamento del conduttore (90°C), della temperatura massima di cortocircuito per i diversi isolanti specificati nella Norma 11-17 (250°C) e del tipo di conduttore.

Se la disuguaglianza suddetta è soddisfatta il cavo non supererà la temperatura massima tollerabile. Nell'ipotesi che il fenomeno abbia una durata superiore ad un decimo di secondo è sufficientemente verificata la seguente relazione:

$$I_{CC}^2 * t_g \leq K^2 * S^2$$

dove:

$I_{CC}$  = valore efficace della componente simmetrica della corrente di cortocircuito;

$t_g$  è l'energia specifica passante lasciata passare dal dispositivo di protezione per la durata del corto circuito in A<sup>2</sup>s.

Il valore della corrente di cortocircuito preso in considerazione è:

$$I_{CC} = I_{CCrete} + I_{CCgener}$$

dove  $I_{CCrete}$  è la corrente di corto circuito dovuta alla rete nel punto di consegna

$I_{CCgener}$  è il contributo alla corrente di corto circuito dovuto all'impianto fotovoltaico a valle del punto in cui si è verificato il corto circuito.

#### 4) Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il sovraccarico

In merito alla condizione di verifica al sovraccarico, occorre seguire quanto prescritto all'interno della norma CEI 11.17; è necessario evitare che valori di corrente superiori alla portata del cavo possano determinare fenomeni di invecchiamento precoce dell'isolante del cavo stesso. A tale fine è sufficiente che la corrente di taratura della soglia termica dell'interruttore magnetotermico installato a protezione del cavo in oggetto ( $I_r$ ) non sia maggiore della portata del cavo stesso. Pertanto occorre regolare la soglia di intervento termico affinché risulti soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$I_B < I_r < I_Z .$$

## CALCOLI E VERIFICHE LINEE CAVI MT

La seguente tabella riporta il dimensionamento delle linee elettriche in cavo interrato MT.  
I valori di portata indicati per i cavi tengono conto dei fattori correttivi introdotti nei paragrafi precedenti

AREA IMPIANTO	RAMO	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo	Lunghezza cavo	Potenza impianto DC	Potenza apparente	Potenza Attiva $\cos\phi = 0,98$	Corrente nominale	Portata cavo nominale	Circuiti nella sezione di scavo	Correttivo portata cavo k	Portata cavo corretta	Verifica portata cavi	Resistenza apparente a 90°	Reattanza di fase	Caduta di tensione			Perdita di potenza attiva		
				[mm2]	[m]	[kWdc]	[kWac]	[KWac]	[A]	[A]	num	k1*k2*k3*k4	[A]	%	[Ω/km]	[Ω/km]	ΔV %	ΔV [Volt]	Cumulata	ΔPt [MW]	ΔPt %	
NORD	NORD - C	PS01	PS02	3x1x150	582	6318	5250	5145,0	101,04	382	1	0,96	366,72	27,55%	0,27	0,12	0,10%	29,94	0,10%	0,00524	0,102%	
	NORD - B	PS02	PS03	3x1x240	286	12636	10500	10290,0	202,07	519	1	0,96	498,24	40,56%	0,168	0,11	0,06%	19,41	0,16%	0,00679	0,066%	
	NORD - A	PS03	PS04	3x1x300	268	19656	15750	15435,0	303,11	599	1	0,96	575,04	52,71%	0,136	0,11	0,08%	23,01	<b>0,24%</b>	0,01208	0,078%	
SUD	SUD - B	PS05	PS06	3x1x150	85	5928	5250	5145,0	101,04	382	1	0,96	366,72	27,55%	0,27	0,12	0,01%	4,37	0,01%	0,00077	0,015%	
	SUD - A	PS06	PS07	3x1x240	340	12168	10500	10290,0	202,07	519	1	0,96	498,24	40,56%	0,168	0,11	0,08%	23,08	<b>0,09%</b>	0,00808	0,079%	
BESS	BESS - C	SS04	SS03	3x1x150	10	5250	5250	5145,0	101,04	382	1	0,96	366,72	27,55%	0,27	0,12	0,00%	0,51	0,00%	0,00009	0,002%	
	BESS - B	SS03	SS02	3x1x240	10	10500	10500	10290,0	202,07	519	1	0,96	498,24	40,56%	0,168	0,11	0,00%	0,68	0,00%	0,00024	0,002%	
	BESS - A	SS02	SS01	3x1x300	10	15750	15750	15435,0	303,11	599	1	0,96	575,04	52,71%	0,136	0,11	0,00%	0,86	<b>0,01%</b>	0,00045	0,003%	
INGRESSO MTR	LINEA 1	PS04 NORD	MTR	3x1x630	1600	26676	21000	20580,0	404,15	943	1	0,9312	878,12	46,02%	0,0739	0,099	0,38%	113,25	<b>0,62%</b>	0,07928	0,385%	
	LINEA 2	PS07 SUD	MTR	3x1x300	220	17784	15750	15435,0	303,11	599	1	0,96	575,04	52,71%	0,136	0,11	0,06%	18,89	<b>0,15%</b>	0,00992	0,064%	
	LINEA 3	PS08 SUD	MTR	3x1x150	380	5616	5250	5145,0	101,04	382	1	0,96	366,72	27,55%	0,218	0,12	0,05%	16,26	<b>0,05%</b>	0,00285	0,055%	
	LINEA 4	SS01 BESS	MTR	3x1x630	652	21000	21000	20580,0	404,15	943	1	0,9312	878,12	46,02%	0,0739	0,099	0,15%	46,15	<b>0,16%</b>	0,03231	0,157%	
INGRESSO SSEU	Linea 5	MTR	SSE	3x3x630	18527	50076	42000	42000,0	269,43	943	3	0,7263	684,93	39,34%	0,0739	0,099	2,91%	874,26	2,91%	0,40799	0,971%	
						<b>50076</b>	<b>42000</b>															<b>0,57</b>

### Caratteristiche dei cavi prescelti:

Per il tratto di linea compreso tra le Power station e la cabina di consegna verrà utilizzata la seguente tipologia di cavo:

- cavo a elica: ARP1H5(AR)E 18/30 kV o equivalente ;
- tipologia del sistema: trifase;
- frequenza: 50 Hz;
- tensione nominale: 30 kV;
- tensione massima del sistema: 36 kV;
- massima durata permessa di funzionamento per ogni singolo caso di funzionamento con una fase a terra, per ciascun guasto a terra: Categoria A fino ad 8 ore;
- modalità di posa: in tubo interrato (CEI 11.17).
- L'isolante dei cavi è costituito da miscela in HPTE con interposizione di uno strato di miscela semiconduttrice tra l'isolante ed il conduttore. Sopra l'isolante è posto uno strato per la tenuta all'acqua, consistente in un nastro semiconduttore. Il cavo presenta uno schermo metallico realizzato con nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene. La tensione nominale dei cavi è pari a 30kV.

<b>TIPO</b>	<b>ARP1H5(AR)E o equivalente</b>			
Tensione nominale [kV]	18/30	18/30	18/30	18/30
Formazione e sezione [mm <sup>2</sup> ]	1 x 150	1 x 240	1 x 300	1 x 630
Resistenza a 90 °C [ $\Omega$ /km]	0,2700	0,1680	0,1360	0,0739
Reattanza [ $\Omega$ /km]	0,1200	0,110	0,110	0,099
Capacità [ $\mu$ F/km]	0,21	0,26	0,26	0,38
Portata per posa in aria a trifoglio	382	519	599	943

# ARP1H5(AR)E *P-Laser* AIR BAG™

CABLE SYSTEM



Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV  
Single core 12/20 kV and 18/30 kV

**Norma di riferimento**  
HD 620/IEC 60502-2

**Descrizione del cavo**

**Anima**  
Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio  
**Semiconduttivo interno**  
Miscela estrusa  
**Isolante**  
Miscela in elastomero termoplastico (qualità HPTE)  
**Semiconduttivo esterno**  
Miscela estrusa  
**Rivestimento protettivo**  
Nastro semiconduttore igroespandente  
**Schermatura**  
Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (R<sub>max</sub> 3Q/Km)  
**Protezione meccanica**  
Materiale Polimerico (Air Bag)  
**Guaina**  
Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)  
**Marcatura**  
PRYSMIAN (\*\*) ARP1H5(AR)E <tensione>  
<sezione> <anno>

(\*\*) sigla sito produttivo

Marcatura in rilievo ogni metro  
Marcatura metrica ad inchiostro

**Applicazioni**

Temperatura di sovraccarico massima 140°C  
Coefficiente K per temperature di corto circuito di 300°C: K = 100  
**N.B.** Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante, per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

**Accessori idonei**

**Terminali**  
ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132), FMCTXs-630/C (pag. 136)  
**Giunti**  
ECOSPEED™ (pag. 140)

**Standard**

HD 620/IEC 60502-2

**Cable design**

**Core**  
Compact stranded aluminium conductor  
**Inner semi-conducting layer**  
Extruded compound  
**Insulation**  
Thermoplastic elastomer compound (type HPTE)  
**Outer semi-conducting layer**  
Extruded compound  
**Protective layer**  
Semiconductive watertight tape  
**Screen**  
Aluminium tape longitudinally applied (R<sub>max</sub> 3Q/Km)  
**Mechanical protection**  
Polymeric material (Air Bag)  
**Sheath**  
Polyethylene: red colour (DMP 2 type)  
**Marking**  
PRYSMIAN (\*\*) ARP1H5(AR)E <rated voltage>  
<cross-section> <year>

(\*\*) production site label

Embossed marking each meter  
Ink-jet meter marking

**Applications**

Overload maximum temperature 140°C  
K coefficient for short-circuit temperatures at 300°C: K = 100  
**N.B.** According to HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

**Suitable accessories**

**Terminations**  
ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132), FMCTXs-630/C (pag. 136)  
**Joints**  
ECOSPEED™ (pag. 140)



**Condizioni di posa / Laying conditions**

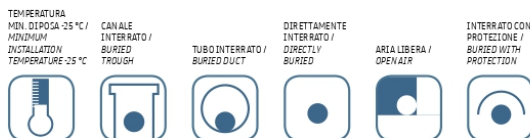


Figura: Vista del cavo a elica ARP1H5(AR)E

**Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5(AR)E**

sezione nominale conductor cross-section (mm <sup>2</sup> )	diámetro conduttore conductor diameter (mm)	diámetro sull'isolante diameter over insulation (mm)	diámetro esterno nominale nominal outer diameter (mm)	peso del cavo weight (kg/km)	raggio minimo di curvatura minimum bending radius (mm)	sezione nominale conductor cross-section (mm <sup>2</sup> )	posa in aria a trifoglio open air installation trefoil (A)	posa interrata a trifoglio p=1°C/m/W underground installation trefoil p=1°C/m/W (A)	posa interrata a trifoglio p=2°C/m/W underground installation trefoil p=2°C/m/W (A)
<b>Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV</b>						<b>Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV</b>			
50	8,2	18,0	31	720	440	50	193	173	129
70	9,7	19,1	32	810	450	70	240	213	157
95	11,4	20,6	34	920	480	95	292	255	190
120	12,9	22,1	35	1040	490	120	338	291	217
150	14,0	23,4	37	1150	520	150	381	325	243
185	15,8	25,6	39	1330	550	185	439	369	276
240	18,2	27,8	41	1570	590	240	520	430	321
300	20,8	31,0	45	1840	630	300	601	487	363
400	23,8	34,9	49	2310	690	400	703	558	417
500	26,7	37,1	52	2720	730	500	816	637	476
630	30,5	41,5	57	3300	800	630	949	726	542
<b>Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV</b>						<b>Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV</b>			
50	8,2	24,8	38	1060	540	50	195	173	129
70	9,7	25,1	38	1110	550	70	242	212	158
95	11,4	26,0	39	1200	560	95	293	254	190
120	12,9	26,9	40	1300	580	120	339	290	217
150	14,0	27,6	41	1390	580	150	382	324	242
185	15,8	29,0	42	1540	610	185	439	368	275
240	18,2	31,4	45	1790	630	240	519	428	320
300	20,8	34,6	49	2160	690	300	599	486	363
400	23,8	37,8	53	2570	750	400	700	557	416

Tabella: dati costruttivi dei cavi a elica ARP1H5(AR)E

### 3.5 PRESCRIZIONI SULLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE DEI CAVI

Le prescrizioni contenute nella norma CEI 11-17 ed. III art. 4.3.04 riportano le regole da rispettare durante l'attività di posa del cavo. Esse definiscono le intensità massime delle sollecitazioni con cui sottoporre i cavi a trazione durante la posa.

Pertanto, quando la posa del cavo viene eseguita mediante un argano idraulico occorrerà prevedere l'utilizzo di un dispositivo dinamometrico per l'impostazione ed il controllo del tiro, nonché un freno ad intervento automatico. Inoltre durante l'applicazione di tale sollecitazione di trazione, occorre prevedere l'utilizzo di sistemi che possano impedire rotazioni del cavo intorno al proprio asse. Pertanto per realizzare la posa conformemente a tale prescrizione, occorrerà interporre tra la testa del conduttore del cavo e la fune di tiro, un dispositivo d'ancoraggio realizzato attraverso un giunto snodabile, indispensabile per evitare che sul cavo si trasmetta la sollecitazione di torsione che si sviluppa sulla fune traente.

### 3.6 RAGGIO DI CURVATURA DEI CAVI

L'articolo 4.03.03 della norma CEI 11-17 ed. III, riporta il valore dei raggi di curvatura minimi da rispettare nella posa del cavo, per impedire l'insorgere di deformazioni permanenti al cavo stesso che possano compromettere l'affidabilità in esercizio.



### **3.7 TARGATURE**

Sulla superficie esterna di almeno una delle flange della bobina di trasporto, devono essere riportati, con caratteri chiaramente leggibili ed indelebili, oltre a quant'altro previsto nell'ordine, almeno i seguenti dati, ove applicabile:

- il nome o il marchio della ditta proprietaria della bobina;
- il nome del costruttore del cavo;
- la sigla e la formazione del cavo;
- il tipo e la matricola della bobina;
- il peso complessivo lordo (soltanto per le pezzature su bobina) - il peso netto;
- il peso di un metro di cavo;
- la lunghezza effettiva della pezzatura.

### **3.8 CUNICOLI, TUBAZIONI E POZZETTI**

I cunicoli ed i pozzetti saranno realizzati in c.a gettato in opera, con coperture carrabili in ghisa; le tubazioni per cavidotti saranno in PVC o in corrugato pesante, con pozzetti ispezionabili ubicati in corrispondenza di ogni cambio di direzione e comunque ad interasse non superiore a 15 m. Le coperture non carrabili dei pozzetti facenti parte delle fondazioni delle cabine saranno in PRFV.