



PROGETTO

IMPIANTO FOTOVOLTAICO BRINDISI AREE ESTERNE (BR)

Fotovoltaico - Brindisi (BR)
Disciplinare descrittivi elementi tecnici

DISCIPLINARE DESCRITTIVO ELEMENTI TECNICI

CD-FE	00	09/11/2022	Emissione	M. Lapenna	D. Pomponio	M.A. Bracale	A. Luce
Stato di Validità	Numero Revisione	Data	Descrizione	BFP Preparato	BFP Verificato	Eni Plenitude S.p.A. Verificato	Eni Plenitude S.p.A. Approvato
Indice Revisione							
Logo Committente e Denominazione Commerciale				Nome progetto		ID Documento Committente	
 Eni New Energy S.p.A.				PROGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO BRINDISI AREE ESTERNE		BRIN FV00BGRB0004 Commessa N.	
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale						ID Documento Appaltatore	
						--	
Nome d'Impianto e Oggetto						Scala	Numero di Pagine
BRINDISI (BR) Fotovoltaico – Brindisi Aree Esterne						n.a.	0 / 27
Titolo Documento							
DISCIPLINARE DESCRITTIVO ELEMENTI TECNICI							

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 1 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

INDICE

1. OGGETTO	3
2. CARATTERISTICHE GENERALI DELLA CENTRALE FOTOVOLTAICA	3
2.1 Caratteristiche generali della centrale fotovoltaica	3
2.2 Elementi costituenti l'impianto fotovoltaico.....	4
2.2.1 Moduli fotovoltaici	5
2.2.2 Gruppo di conversione CC/CA (Inverter) e cabine elettriche.....	8
2.2.3 Layout impianto	11
3. ELEMENTI COSTITUENTI L'IMPIANTO DI ACCUMULO	12
3.1 SISTEMA DI ACCUMULO	12
3.2 CONTAINER BATTERIE	13
4. OPERE CIVILI	14
4.1 Preparazione del sito.....	14
4.2 Regimentazione delle acque meteoriche.....	14
4.3 Strutture portamoduli.....	15
4.4 Viabilità esterna	16
4.5 Esecuzione degli Scavi	16
4.6 Recinzione perimetrale e cancello	17
4.7 Piazzale, strade di accesso e viabilità di servizio.....	17
4.8 Cavidotti	17
4.9 Cabine elettriche.....	18
5. OPERE DI ELETRIFICAZIONE.....	18
5.1 Elettrodotti AT.....	19
5.1.1 Cavi	19
5.1.2 Temperatura di posa	22
5.1.3 Prova di isolamento.....	22
5.1.4 Giunzioni e terminazioni MT	23
5.1.5 Tubazioni.....	23
5.2 Impianti di sicurezza.....	23
5.3 Cabina di raccolta (MTR).....	23
5.3.1 Descrizione delle apparecchiature AT	24
5.3.2 Protezione lato AT	24
5.3.3 Controllo e monitoraggio.....	25
6. SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO.....	25
6.1 Misure di protezione generale	25
6.2 Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto	26
6.3 Protezione da contatti accidentali lato c.c.....	26
6.4 Protezione dalle fulminazioni	26

	BRIN FV00BGRB0004	Pagina 2 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

6.5	Sicurezze sul lato c.a. dell'impianto.....	27
6.6	Impianto di messa a terra	27

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 3 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

1. OGGETTO

Il presente disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici è relativo al progetto di realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica e delle relative opere connesse, in agro del comune di Brindisi (BR).

L'impianto ha una potenza di circa 24,55 MWp e una potenza, ai fini della connessione, pari a 23,76 MW. L'impianto sarà dotato, inoltre, di un sistema di accumulo pari a 1,49 MW di potenza utile ed autonomia 8,94 MWh. La potenza complessiva ai fini della connessione sarà, quindi, pari a 25,25 MW, pari alla somma della potenza AC dell'impianto fotovoltaico (23,76 MW) e la potenza AC del sistema di accumulo BESS (1,49 MW).

Dal punto di vista legislativo, la produzione e la vendita di energia fotovoltaica sono regolati da criteri di incentivazione in conto energia definiti dal Decreto Ministeriale 19 febbraio 2007, emesso dai Ministeri delle Attività Produttive e dell'Ambiente in attuazione del Decreto Legislativo n. 387 del 29 dicembre 2003, quest'ultimo emanato in attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

Ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. n. 387/2003 l'opera, rientrante negli "impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili", autorizzata tramite procedimento unico regionale, è dichiarata di pubblica utilità, indifferibile ed urgente.

2. CARATTERISTICHE GENERALI DELLA CENTRALE FOTOVOLTAICA

2.1 Caratteristiche generali della centrale fotovoltaica

L'impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica oggetto della presente relazione avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza installata lato DC: 24,55 MWp;
- potenza dei singoli moduli: 550 Wp;
- n. 6 cabine di conversione e trasformazione dell'energia elettrica;
- n. 1 cabine di raccolta AT (MTR);
- rete elettrica interna a corrente continua e tensione 1500 V tra i moduli fotovoltaici, tra questi e gli string box e fra gli string box e gli inverter centralizzati presenti nelle cabine di conversione e trasformazione;
- rete elettrica interna a bassa tensione e corrente alternata per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale (controllo, forza motrice, ecc...);

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 4 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

- rete elettrica interna AT a 36 kV per il collegamento tra le cabine di trasformazione e/o fra queste e la cabina di raccolta (MTR);
- rete telematica interna di monitoraggio per il controllo dell'impianto fotovoltaico.

Nel complesso l'intervento di realizzazione dell'impianto fotovoltaico, conterà delle seguenti opere:

- installazione delle strutture metalliche, dei moduli fotovoltaici e degli string box;
- installazione delle cabine di conversione e trasformazione e della cabina di raccolta;
- realizzazione dei collegamenti elettrici di campo;
- realizzazione della viabilità interna.

2.2 Elementi costituenti l'impianto fotovoltaico

L'elemento cardine di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica, è la cella fotovoltaica (di cui si compongono i moduli fotovoltaici), che grazie al materiale semiconduttore di cui è composta, trasforma l'energia luminosa derivante dal sole in corrente elettrica continua. Tale energia in corrente continua viene poi convertita in corrente alternata e può essere utilizzata direttamente dagli utenti, o immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale.

In generale, i componenti principali di un impianto fotovoltaico sono:

- i moduli fotovoltaici (costituiti dalle celle su descritte);
- i cavi elettrici di collegamento;
- gli string box;
- gli inverter centralizzati;
- i trasformatori BT/AT;
- i quadri di protezione e distribuzione in alta tensione;
- gli elettrodotti in alta tensione;
- i contatori per misurare l'energia elettrica prodotta dall'impianto;
- la cabina AT di raccolta (MTR).

Il progetto del presente impianto prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici con struttura mobile ad inseguitore solare monoassiale, est-ovest. Questa tecnologia consente, attraverso la variazione dell'orientamento dei moduli, di mantenere la superficie captante sempre perpendicolare ai raggi solari, mediante l'utilizzo di un'apposita struttura che, ruotando sul suo asse Nord-Sud, ne consente la movimentazione giornaliera da Est a Ovest, coprendo un angolo sotteso tra $\pm 50^\circ/60^\circ$. Nella struttura ad inseguitore solare i moduli fotovoltaici sono fissati ad un telaio in acciaio, che ne forma il piano d'appoggio, a sua volta opportunamente incernierato ad un palo, anch'esso in

	BRINRV00BGRB0004	Pagina 5 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

acciaio, da infiggere direttamente nel terreno, ove il terreno risultasse idoneo. Questa tipologia di struttura eviterà l'esecuzione di opere di calcestruzzo e faciliterà enormemente sia la costruzione che la dismissione dell'impianto a fine vita, riducendo drasticamente le modifiche subite dal suolo.

2.2.1 *Moduli fotovoltaici*

I moduli fotovoltaici che saranno installati avranno una potenza di picco di 550 Wp ciascuno e caratteristiche simili a quelle riportate nella seguente specifica tecnica:



BRINFV00BGRB0004

Pagina
6 / 27

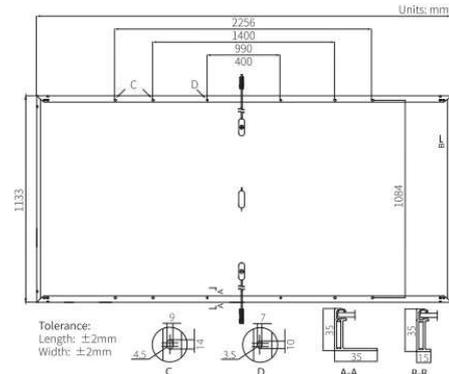
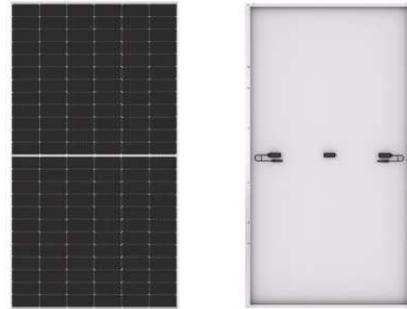
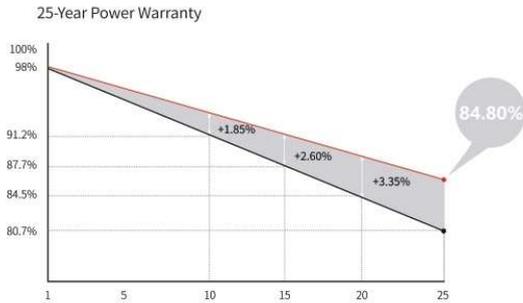
Stato di
Validità

Numero
Revisione

CD-FE

00

Additional Value



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	27.2kg
Dimension	2256×1133×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC

Electrical Characteristics STC : AM1.5 1000W/m² 25°C NOCT : AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s Test uncertainty for Pmax: ±2%

Testing Condition	STC		NOCT		STC		NOCT		STC		NOCT	
	STC	NOCT										
Maximum Power (Pmax/W)	535	399.9	540	403.6	545	407.4	550	411.1	555	414.8	560	418.5
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.35	46.40	49.50	46.54	49.65	46.68	49.80	46.82	49.95	46.97	50.10	47.12
Short Circuit Current (Isc/A)	13.78	11.14	13.85	11.20	13.92	11.25	13.98	11.31	14.04	11.35	14.10	11.40
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.50	38.55	41.65	38.69	41.80	38.83	41.95	38.97	42.10	39.11	42.25	39.25
Current at Maximum Power (Imp/A)	12.90	10.38	12.97	10.43	13.04	10.49	13.12	10.56	13.19	10.61	13.26	10.67
Module Efficiency(%)	20.9		21.1		21.3		21.5		21.7		21.9	

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	25A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2 IEC Class C

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.265%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.340%/°C

Figura 1 - Scheda tecnica modulo fotovoltaico

Come riportato nell'allegato 1 del Decreto Ministeriale del 19 febbraio 2007 tutti i componenti dell'impianto, oltre ad essere provati e verificati in laboratori accreditati in conformità alle norme UNI CEI EN ISO/IEC 17025, devono osservare le seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0.85P_{nom} \cdot \frac{I}{I_{stc}}$$

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 7 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

$$P_{ca} > 0.9P_{cc}$$

(quest'ultima condizione deve essere verificata per $P_{ca} > 90\%$ della potenza di targa del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata).

Dove:

- P_{cc} = Potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico con precisione migliore del $\pm 2\%$;
- P_{nom} = Potenza nominale del generatore fotovoltaico;
- I = Irraggiamento in W/m^2 misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$;
- $I_{sc} = 1000 W/m^2$, è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;
- P_{ca} = Potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, con precisione migliore del $\pm 2\%$.

In particolare verranno adottati criteri di selezione dei moduli per garantire la migliore uniformità delle loro prestazioni elettriche e quindi ottimizzare il rendimento delle stringhe; verranno inoltre utilizzati componenti selezionati e cavi di sezioni adeguate a ridurre le perdite sul lato in corrente continua.

In generale verranno esaminate con i fornitori dei componenti tutte le caratteristiche dei componenti stessi che hanno impatto con il rendimento del sistema, verranno individuati tutti gli accorgimenti volti a migliorarlo e verranno adottate le misure conseguenti.

Va considerato poi un decremento nel tempo dell'efficienza dei moduli dovuta al degrado dei componenti o all'insorgere di problemi di laminazione; sulla base di risultati sperimentali ottenuti da enti europei di ricerca (JRC di Ispra, LEEE-TiSo) si è valutata una perdita della producibilità massima del 10% al ventesimo anno di vita dell'impianto ed una perdita media del 5% nell'arco dei 20 anni di vita dell'impianto, con un'equivalente riduzione dell'energia prodotta.

L'impianto fotovoltaico in oggetto sarà composto da 44.632 moduli fotovoltaici di nuova generazione in silicio monocristallino di potenza nominale pari a 550 Wp. Le celle fotovoltaiche di cui si compone ogni modulo sono protette verso l'esterno da un vetro temprato ad altissima trasparenza e da un foglio di tedlar, il tutto incapsulato sotto vuoto ad alta temperatura tra due fogli di EVA (Ethylene / Vinyl / Acetate). La scatola di giunzione, avente grado di protezione IP68, contiene i diodi di by-pass che garantiscono la protezione delle celle dal fenomeno di hot spot.

L'insieme di 28 moduli, collegati tra loro elettricamente, formerà la cosiddetta stringa fotovoltaica; il collegamento elettrico tra i vari moduli avverrà direttamente sotto le strutture di sostegno dei pannelli con cavi esterni graffettati alle stesse. Le strutture di sostegno chiamate comunemente tracker consentono l'installazione di una stringa fotovoltaica per un totale di 28

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 8 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

moduli fotovoltaici per struttura divisi in due file. L'insieme di più stringhe fotovoltaiche collegate in parallelo tra loro, costituisce un sottocampo, per un totale di 6 sottocampi, ciascuno dei quali afferisce ad un inverter centralizzato. Per ogni sottocampo è prevista l'installazione di alcuni string box, in un numero variabile tra 14 e 19 (in funzione della configurazione elettrica), aventi la funzione di raccogliere la corrente continua in bassa tensione prodotta dalle stringhe e trasmetterla agli inverter, per la conversione da corrente continua a corrente alternata.

2.2.2 Gruppo di conversione CC/CA (Inverter) e cabine elettriche

Dall'analisi effettuata risultano richieste le seguenti caratteristiche principali:

- conformità alle normative europee di sicurezza;
- disponibilità di informazione di allarme e di misura sul display integrato;
- funzionamento automatico, quindi semplicità d'uso e di installazione;
- sfruttamento ottimale del campo fotovoltaico con la funzione MPPT integrata;
- elevato rendimento globale;
- massima sicurezza, con il trasformatore di isolamento a frequenza di rete incorporato;
- forma d'onda di uscita perfettamente sinusoidale;
- possibilità di monitoraggio, di controllo a distanza e di collegamento a PC per la raccolta e l'analisi dei dati (tipicamente interfaccia seriale RS485).

L'inverter sarà certificato CE e munito di opportuna certificazione sia sui rendimenti che sulla compatibilità elettromagnetica. A tal proposito, si fa presente che l'inverter definitivo verrà scelto in funzione delle tecnologie disponibili sul mercato europeo al momento della costruzione, e quindi, poiché la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, si presume che dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione, tali tecnologie potrebbero cambiare; pertanto gli inverter che verranno presi in considerazione saranno ovviamente quelli di ultima generazione.

L'energia in corrente alternata uscente dall'inverter sarà trasmessa al trasformatore per la conversione da bassa ad alta tensione. Per la precisione saranno utilizzate delle cabine di adeguato grado di protezione che permetteranno l'installazione di tutti i componenti elettrici. Si tratta di cabine prefabbricate (skid power station – PCU, di dimensioni 9,00x2,50m, h=3,50 m) che ospiteranno inverter, trasformatore e quadro AT, che saranno posate su un magrone di sottofondazione.

Le principali caratteristiche dei componenti sono le seguenti:

- Quadro AT:
 - o Grado di protezione IP per installazione da interno

	BRINRV00BGRB0004	Pagina 9 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

- Isolamento in gas sigillato ermeticamente
- Manutenzione semplice
- Trasformatore AT/BT 36/0,66 kV:
 - Potenza 4.400 kVA
 - Raffreddamento tipo ONAN
 - Gruppo di vettoriamento Dy11
 - Robusto e affidabile
- Inverter:
 - Potenza AC fino a 4400 kW @35°C
 - Tensione in ingresso lato DC fino a 1500 V
 - Protezione dei circuiti in ingresso e in uscita
 - Manutenzione ridotta al minimo per ogni condizione climatica
 - Raffreddamento ad aria forzata
 - Controllo di temperatura e umidità che impedisce la formazione di condensa all'interno
 - Range di temperatura consentita -25 °C ÷ 60 °C
 - Controllo e monitoraggio:
 - Controllo in tempo reale con connessione Wi-Fi
 - Comunicazione in tempo reale
 - Connessione remota
 - Aggiornamento del firmware da remoto
 - Sistema di monitoraggio mediante apposita app.

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 10 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

Di seguito è riportata la specifica tecnica degli inverter scelti:

Technical Data	SC 4400 UP	SC 4600 UP
DC side		
MPP voltage range V_{DC} (at 25 °C / at 50 °C)	962 to 1325 V / 1000 V	1003 to 1325 V / 1040 V
Min. DC voltage $V_{DC, min}$ / Start voltage $V_{DC, Start}$	934 V / 1112 V	976 V / 1153 V
Max. DC voltage $V_{DC, max}$	1500 V	1500 V
Max. DC current $I_{DC, max}$	4750 A	4750 A
Max. short-circuit current $I_{DC, SC}$	8400 A	8400 A
Number of DC inputs	Busbar with 26 connections per terminal, 24 double pole fused (32 single pole fused)	
Number of DC inputs with optional DC coupled storage	18 double pole fused (36 single pole fused) for PV and 6 double pole fused for batteries	
Max. number of DC cables per DC input (for each polarity)	2 x 800 kcmil, 2 x 400 mm ²	
Integrated zone monitoring	○	
Available PV fuse sizes (per input)	200 A, 250 A, 315 A, 400 A, 450 A, 500 A	
Available battery fuse size (per input)	750 A	
AC side		
Nominal AC power at $\cos \varphi = 1$ (at 35 °C / at 50 °C)	4400 kVA ^[3] / 3960 kVA	4600 kVA ^[4] / 4140 kVA
Nominal AC active power at $\cos \varphi = 0.8$ (at 35 °C / at 50 °C)	3520 kW ^[3] / 3168 kW	3680 kW ^[4] / 3312 kW
Nominal AC current $I_{AC, nom}$ (at 35 °C / at 50 °C)	3850 A / 3465 A	3850 A / 3465 A
Max. total harmonic distortion	< 3% at nominal power	
Nominal AC voltage / nominal AC voltage range ^{[1] [8]}	660 V / 528 V to 759 V	690 V / 552 V to 759 V
AC power frequency / range	50 Hz / 47 Hz to 53 Hz 60 Hz / 57 Hz to 63 Hz > 2	
Min. short-circuit ratio at the AC terminals ^[9]	● 1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited	
Power factor at rated power / displacement power factor adjustable ^{[8] [10]}	● 1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited	
Efficiency		
Max. efficiency ^[2] / European efficiency ^[2] / CEC efficiency ^[3]	98.8% / 98.7% / 98.5%	98.9% / 98.7% / 98.5%
Protective Devices		
Input-side disconnection point	DC load break switch	
Output-side disconnection point	AC circuit breaker	
DC overvoltage protection	Surge arrester, type I & II	
AC overvoltage protection (optional)	Surge arrester, class I & II	
Lightning protection (according to IEC 62305-1)	Lightning Protection Level III	
Ground-fault monitoring / remote ground-fault monitoring	○ / ○	
Insulation monitoring	○	
Degree of protection: electronics / air duct / connection area (as per IEC 60529)	IP54 / IP34 / IP34	
General Data		
Dimensions (W / H / D)	2815 / 2318 / 1588 mm (110.8 / 91.3 / 62.5 inch)	
Weight	< 3700 kg / < 8158 lb	
Self-consumption (max. ^[4] / partial load ^[5] / average ^[6])	< 8100 W / < 1800 W / < 2000 W	
Self-consumption (standby)	< 370 W	
Internal auxiliary power supply	○ Integrated 8.4 kVA transformer	
Operating temperature range ^[8]	-25 °C to 60 °C / -13 °F to 140 °F	
Noise emission ^[7]	63.0 dB(A)*	
Temperature range (standby)	-40 °C to 60 °C / -40 °F to 140 °F	
Temperature range (storage)	-40 °C to 70 °C / -40 °F to 158 °F	
Max. permissible value for relative humidity (condensing / non-condensing)	95% to 100% (2 month/year) / 0% to 95%	
Maximum operating altitude above MSL ^[8] 1000 m / 2000 m ^[11] / 3000 m ^[11]	● / ○ / -	
Fresh air consumption	6500 m ³ /h	
Features		
DC connection	Terminal lug on each input (without fuse)	
AC connection	With busbar system (three busbars, one per line conductor)	
Communication	Ethernet, Modbus Master, Modbus Slave	
Enclosure / roof color	RAL 9016 / RAL 7004	
Supply for external loads	○ (2.5 kVA)	
Standards and directives complied with	CE, IEC / EN 62109-1, IEC / EN 62109-2, AR-N 4110, IEC 61547, UL 840 Cat. IV, Arrêté du 23/04/08	
EMC standards	IEC 55011, IEC 61000-6-2, FCC Part 15 Class A	
Quality standards and directives complied with	VDI/VDE 2862 page 2, DIN EN ISO 9001	
● Standard features ○ Optional – not available * preliminary		
Type designation	SC 4400 UP	SC 4600 UP

Figura 2 - Scheda tecnica inverter tipo

L'energia uscente dalle cabine di conversione e trasformazione sarà convogliata verso la cabina di raccolta (MTR). Tale cabina sarà realizzata in c.a.v. (cemento armato vibrato) e dotata di vasca

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 11 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

di fondazione anch'essa in c.a.v., posata su un magrone di sottofondazione; avrà dimensioni pari a 12,00 x 6,00 (lung. x larg.) e altezza 5,00 m, e conterrà le seguenti apparecchiature:

- quadri AT;
- trasformatore per i servizi ausiliari;
- quadri BT e di monitoraggio.

Sarà realizzato un impianto di terra per la protezione dai contatti indiretti e le fulminazioni al quale saranno collegate tutte le strutture metalliche di sostegno e le armature dei prefabbricati oltre che tutte le masse dei componenti elettrici di classe I. All'interno del campo fotovoltaico sarà realizzata una rete di terra costituita da dispersori in acciaio zincato del tipo per posa nel terreno e da una piattina in acciaio, interrati ad una profondità di almeno 0,5 m. A tale rete saranno collegate tutte le strutture metalliche di supporto dei moduli e la recinzione. Intorno alla cabina di raccolta l'impianto di terra sarà costituito da una maglia realizzata con conduttori nudi di rame a cui saranno collegati, mediante conduttori o sbarre di rame, i morsetti di terra dei vari apparecchi, i dispositivi di manovra ed i supporti dei terminali dei cavi. In prossimità di tali supporti sarà previsto un punto destinato alla messa a terra delle schermature dei cavi stessi.

L'impianto fotovoltaico così descritto sarà dotato di un sistema di gestione, controllo e monitoraggio e di servizi ausiliari (impianto di videosorveglianza, impianto di antintrusione, FM e illuminazione cabine elettriche) che saranno installati all'interno della cabina di raccolta.

Per ulteriori dettagli tecnici si faccia riferimento all'elaborato grafico dello schema unifilare.

2.2.3 *Layout impianto*

La struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici sarà del tipo ad inseguitore solare monoassiale, ossia con pannelli fotovoltaici posizionati su strutture a tracker infissi nel terreno. Attraverso idonee linee interrate i moduli fotovoltaici si congiungeranno alle cabine di conversione e trasformazione.

Per la realizzazione delle strutture di supporto non saranno necessarie opere in calcestruzzo, il che faciliterà enormemente la dismissione dell'impianto a fine vita e ridurrà drasticamente le modificazioni subite dal suolo; inoltre tutte le strutture potranno essere riciclate, successivamente alla loro dismissione, sul mercato del ferro.

L'area a disposizione per l'installazione dell'impianto permette l'installazione dei pannelli fotovoltaici realizzando un layout del generatore fotovoltaico che eviti l'ombreggiamento dei moduli tra file parallele e da parte di ostacoli perimetrici. La superficie disponibile e la struttura

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 12 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

portamoduli permette di orientare i pannelli in direzione est-ovest, condizione che massimizza l'energia producibile.

3. ELEMENTI COSTITUENTI L'IMPIANTO DI ACCUMULO

3.1 SISTEMA DI ACCUMULO

Un sistema di accumulo, o BESS, comprende come apparecchiature minime:

- BAT: batteria di accumulatori elettrochimici, del tipo agli ioni di Litio;
- BMS: il sistema di controllo di batteria (Battery Management System);
- BPU: le protezioni di batteria (Battery Protection Unit);
- PCS: il convertitore bidirezionale caricabatterie-inverter (Power Conversion System);
- EMS: il sistema di controllo EMS (Energy management system);
- AUX: gli ausiliari (HVAC, antincendio, ecc.).

Il sistema di accumulo dell'energia elettrica prodotta previsto (Battery Energy Storage System) è costituito da n°4 container da 40 pollici (dimensioni: 12,19x2,44m, h=2,90m) in cui saranno installati un totale di n.25 battery pack, modello Powin Stack 360E o equivalente, e da uno skid inverter/power station per la conversione e trasformazione modello SMA SCS UP 3450/SMA MV PS 4000 o equivalenti (dimensioni: 9,00x2,50m, h=3,50m). La potenza nominale installata sarà pari a 1,49 MW con una capacità nominale pari a 8,94 MWh (6h).

Le unità di conversione e trasformazione sono costituite da un sistema che combina inverter, trasformatore AT/BT e quadro AT in skid preassemblati e con un grado di protezione che permette l'installazione dei componenti elettrici direttamente all'esterno, riducendo di conseguenza le volumetrie da realizzare. Questa unità di conversione e trasformazione sarà connessa alla cabina di raccolta (MTR), a sua volta collegata alla SE Terna.

Il BESS sarà costituito da batterie agli ioni di litio, i moduli delle celle e i rack per contenere i moduli stessi.

La tecnologia delle batterie agli ioni di litio è attualmente lo stato dell'arte per efficienza, compattezza e flessibilità di utilizzo.

Il sistema di batterie (celle, moduli e rack) è alloggiato in contenitori speciali con adeguata resistenza al fuoco.

I contenitori della batteria sono condizionati per mantenere la corretta temperatura ambiente e funzionamento del sistema.

	BRINRV00BGRB0004	Pagina 13 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

Il collegamento del BESS alla rete avviene mediante un trasformatore innalzatore AT/BT e un quadro di parallelo dotato di protezioni di interfaccia. I principali ausiliari sono costituiti alla ventilazione e raffreddamento degli apparati.

Il sistema di stoccaggio è costituito, come in parte già anticipato, anche dai dispositivi di gestione dell'energia e dell'energia del sistema di batterie e dal collegamento alla rete elettrica nazionale:

- Sistema di conversione bidirezionale DC /AC (PCS)
- Trasformatori di potenza AT / BT
- Quadri elettrici AT
- Sistema locale di gestione e controllo dell'assemblaggio della batteria (Sistema di gestione della batteria "BMS")
- Sistema locale di gestione e controllo integrato dell'impianto (Impianto SCADA)
- Apparecchiature elettriche (quadri elettrici, trasformatori) per il collegamento alla rete elettrica nazionale.

L'inverter e le protezioni sono regolamentati dalla norma nazionale CEI 0-16.

3.2 CONTAINER BATTERIE

Nel caso in cui, come nel caso in esame, le batterie dovessero essere installate all'interno di container, essi sono progettati per ospitare le apparecchiature elettriche, garantendo idonee segregazioni per le vie cavi (canalizzazioni e pavimento flottante), isolamento termico e separazione degli ambienti, spazi di manutenzione e accessibilità dall'esterno. I container rispetteranno i seguenti requisiti:

- Resistenza al fuoco REI 120;
- Contenimento di qualunque fuga di gas o perdita di elettrolita dalle batterie in caso di incidente;
- Segregazione delle vie cavi (canalizzazioni e pavimento flottante); adeguati spazi di manutenzione e accessibilità dall'esterno ai singoli compartimenti;
- Isolamento termico in poliuretano o lana minerale a basso coefficiente di scambio termico;
- Pareti di separazione tra i diversi ambienti funzionali (stanze o locali);
- Porte di accesso adeguate all'inserimento / estrazione di tutte le apparecchiature (standard ISO + modifica fornitore) e alle esigenze di manutenzione;
- I locali batterie saranno climatizzati con condizionatori elettrici "HVAC". Ogni container sarà equipaggiato con minimo due unità condizionatore al fine di garantire della ridondanza;

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 14 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

- Particolare cura sarà posta nella sigillatura della base del container batterie. Per il locale rack batterie saranno realizzati setti sottopavimento adeguati alla formazione di un vascone di contenimento, che impedisca la dispersione di elettrolita nel caso incidentale;
- Sicurezza degli accessi: i container sono caratterizzati da elevata robustezza, tutte le porte saranno in acciaio rinforzato e dotate di dispositivi anti-intrusione a prevenire l'accesso da parte di non autorizzati.

I container batterie e inverter saranno appoggiati su una struttura in cemento armato, tipicamente costituita da una platea di fondazione appositamente dimensionata in base all'attuale normativa NTC 2018.

4. OPERE CIVILI

4.1 Preparazione del sito

Prima dell'inizio delle attività di costruzione, si procederà alla verifica ed eventuale eliminazione di sterpaglie, pietrame e quant'altro possa rappresentare un ostacolo alla realizzazione dell'opera. In corrispondenza delle strade e delle aree dove saranno installate le cabine si procederà ad uno scotico superficiale.

4.2 Regimentazione delle acque meteoriche

Non si rileva necessità di un sistema di regimentazione delle acque, in quanto la superficie dell'impianto fotovoltaico sarà quasi totalmente permeabile. Le strutture portamoduli saranno tali da non ostacolare il normale deflusso delle acque superficiali, e le cabine creeranno solo un impedimento minimo. Le strade saranno realizzate in materiale inerte drenante, per cui sarà garantito il normale scorrimento delle acque superficiali.

Qualora necessario, sarà prevista la realizzazione di un sistema di regimentazione delle acque meteoriche lungo le strade e attorno le cabine per far fronte ad eventi meteorici di significativa importanza, a cui le proprietà drenanti della viabilità interna non riescono a far fronte. Tale sistema di regimentazione sarà costituito da cunette realizzate effettuando uno scavo a sezione ristretta rivestito con geotessuto e riempito con stabilizzato di piccola pezzatura.

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 15 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

4.3 Strutture portamoduli

Come anticipato nei precedenti paragrafi, la struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici sarà ad inseguitore solare monoassiale, o tracker.

Si tratta di una struttura a pali infissi, completamente adattabile alle dimensioni del pannello fotovoltaico, alle condizioni geotecniche del sito ed alla quantità di spazio di installazione disponibile.

In via generale le strutture fotovoltaiche avranno le seguenti caratteristiche:

- Sistema di Rotazione: ad asse singolo orizzontale;
- Angolo di Rotazione: $\pm 50^\circ/60^\circ$;
- Caratteristiche del suolo:
 - o Pendenza Nord-Sud: 7%
 - o Pendenza Est-Ovest: illimitata
 - o Rapporto di copertura: 28-50%;
- Fondazioni: Pali infissi.

Nello specifico, quella scelta per il progetto in oggetto, da 28 moduli disposti verticalmente su due file, avrà dimensioni pari a 16,37 x 4,96 m (lungh. x largh.) ed altezza variabile, in funzione della rotazione, tra 2,50 m e 4,65 m.

I pali di supporto alla struttura saranno infissi direttamente nel terreno; in fase esecutiva potrebbero essere scelte fondazioni in calcestruzzo se necessarie.

Nella tabella sono riportati i valori nominali delle proprietà del materiale impiegati per i principali componenti:

Elemento	classe	sp. Galvanizzazione
Pilastrì	S275	70 μm
Trave	S235	70 μm
Bulloni	8,8	-

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 16 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00



Figura 3: Struttura portamoduli

4.4 Viabilità esterna

L'impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica di cui alla presente relazione tecnico-descrittiva, risulta ben servito dalla viabilità pubblica principale

Da ognuna delle strade suddette si accede direttamente a varie strade interpoderali dalle quali l'impianto è facilmente raggiungibile. Pertanto, non sarà necessario realizzare nuove strade all'esterno dell'impianto fotovoltaico.

4.5 Esecuzione degli Scavi

Saranno eseguite due tipologie di scavi: gli scavi a sezione ampia per la realizzazione della fondazione delle cabine elettriche, e della viabilità interna; e gli scavi a sezione ristretta per la realizzazione dei cavidotti BT ed AT.

Entrambe le tipologie saranno eseguite con mezzi meccanici o, qualora particolari condizioni lo richiedano, a mano, evitando scoscendimenti e franamenti e, per gli scavi dei cavidotti, evitando che le acque scorrenti sulla superficie del terreno si riversino nei cavi.

In particolare: gli scavi per la realizzazione della fondazione delle cabine si estenderanno fino ad una profondità di 0,75 m; quelli per la realizzazione dei cavidotti avranno una profondità massima di 1,30 m; infine quelli per la realizzazione della viabilità interna saranno eseguiti mediante scotico del terreno fino alla profondità di ca. 40 cm.

Il rinterro dei cavidotti, a seguito della posa degli stessi, che deve avvenire su un letto di sabbia su fondo perfettamente spianato e privo di sassi e spuntoni di roccia, sarà eseguito per strati successivi di circa 30 cm accuratamente costipati.

Lo strato terminale di riempimento degli scavi eseguiti sulla viabilità, invece, sarà realizzato con il medesimo pacchetto stradale descritto al capitolo 2.3.

	BRINRV00BGRB0004	Pagina 17 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

4.6 Recinzione perimetrale e cancello

Il sito della centrale sarà dotato di recinzione in rete metallica galvanizzata e da un cancello carrabile.

La rete metallita di altezza pari a ca. 2,00 mt, è stata scelta al fine di ridurre gli impatti; sarà fissata al terreno con pali verticali di supporto, a sezione circolare, distanti gli uni dagli altri 2,5 m con eventuali plinti cilindrici. Nel caso in cui la geologia del terreno non permetta l'infissione dei pali si utilizzeranno dei plint in cacestruzzo.

Il cancello d'ingresso, a doppia anta a battente di larghezza pari a 6 m, idoneo al passaggio dei mezzi pesanti, sarà realizzato in acciaio zincato, sorretto da pilastri in scatolare metallico, a loro volta fissati ad una apposita struttura di sostegno in cemento armato.

4.7 Piazzale, strade di accesso e viabilità di servizio

La circolazione dei mezzi all'interno dell'are sarà garantita dalla presenza di una apposita viabilità per la cui esecuzione sarà effettuato uno scotico pulizia e successiva compattazione del tracciato, e la successiva realizzazione del pacchetto stradale così formato:

- Primo strato di geotessile direttamente a contatto con il terreno naturale compattato;
- un primo strato, di spessore pari a 15 cm, realizzato con massiciata di pietrame di pezzatura variabile tra 4 e 7 cm;
- un secondo strato, di spessore pari a 10 cm, di misto granulare stagilizzato compattato;

Tale viabilità sarà realizzata lungo tutto il perimetro, e dove necessario anche all'interno dei campi, per una larghezza di 3,5 m, e attorno alle cabine per garantire la friabilità ad esse.

4.8 Cavidotti

Per la realizzazione dei cavidotti, saranno eseguiti scavi di profondità variabile tra 0,60 m e 1,30 m, e di larghezza variabile in funzione dei cavidotti da porre in opera. Per la loro esecuzione si procederà con le seguenti fasi:

- scavo;
- allettamento in sabbia;
- posa dei cavi;
- riempimento con sabbia;
- rinterro con materiale arido proveniente dagli scavi, setacciato se necessario;
- posa dei cavidotti per cavi dati;
- riempimento con sabbia;

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 18 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

- rinterro con materiale arido proveniente dagli scavi, setacciato se necessario, con posa della banda di segnalamento;
- eventuale ripristino della pavimentazione stradale nel caso di attraversamenti di strade asfaltate e brecciate.

I cavi saranno direttamente interrati tranne nei casi in cui sia necessaria una maggiore protezione meccanica, realizzata con tubazioni in PVC o PEAD. Le eventuali tubazioni saranno a loro volta rinfiancate con sabbia (o terra vagliata) e lo scavo sarà riempito con materiale di risulta. Il cavo direttamente interrato garantisce una maggiore portata a parità di sezione rispetto al caso di cavo in tubo.

4.9 Cabine elettriche

All'interno dell'area di installazione dell'impianto fotovoltaico, saranno realizzate le cabine per la conversione e trasformazione dell'energia prodotta, al servizio del sistema BESS e MTR.

Saranno realizzate 6 cabine di conversione e trasformazione prefabbricate nelle quali saranno alloggiati anche i quadri di media tensione. Tali cabine saranno le 4600-S2-US fornite dalla SMA o similari; saranno dotate di porta di chiusura in lamiera e aperture di aerazione per il corretto ricambio d'aria. Avranno dimensioni pari 9.00m x 2.50m (lung. x larg.) e altezza di 3.5 m.

Il manufatto, così come la piastra di base da ancorare alla fondazione, sarà prefabbricato totalmente fuori opera e sarà conforme alla legislazione attualmente in vigore nel territorio nazionale e in particolare alla legislazione sul calcolo e il deposito delle strutture prefabbricate.

La cabina sarà ancorata a una Platea di fondazione che sarà realizzata in cemento armato, gettata in opera.

Per il sistema BESS, sarà installata una cabina di trasformazione e conversione, avente le stesse caratteristiche dimensionali descritte in precedenza e n° 4 container batterie aventi dimensioni pari 12.19m x 2.45m (lung. x larg.) e altezza di 3.5 m.

I manufatti, così come le piastre di base da ancorare alla fondazione, saranno prefabbricate totalmente fuori opera e saranno conformi alla legislazione attualmente in vigore nel territorio nazionale e in particolare alla legislazione sul calcolo e il deposito delle strutture prefabbricate.

La cabina così come i container batteria saranno ancorati alle rispettive platee di fondazione che saranno realizzate in cemento armato, gettata in opera.

La cabina MTR avente dimensioni 12.00m x 6.00m (lung. x larg.) e altezza di 5.00m, sarà realizzato in calcestruzzo gettato in opera.

5. OPERE DI ELETTRIFICAZIONE

Tutti i materiali impiegati nella realizzazione dei lavori dovranno essere conformi alle prescrizioni indicate nella presente specifica tecnica, nelle norme CEI, alle dimensioni unificate

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 19 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

secondo le tabelle UNEL e provvisti del marchio IMQ (quando ammessi al regime del marchio) e marchio CE. Essi dovranno essere nuovi di costruzione e dovranno inoltre essere scelti per qualità e provenienza di primarie case costruttrici e fra quanto di meglio il mercato sia in grado di fornire.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella scelta delle apparecchiature in considerazione anche della continuità del servizio e della facilità di manutenzione.

5.1 Elettrodotti AT

La potenza elettrica raccolta dall'area di produzione sarà trasferita in elettrodotto AT interrato al punto di consegna.

L'elettrodotto si comporrà delle seguenti sezioni fondamentali:

- collegamenti a 36 kV tra le cabine di conversione e trasformazione e tra queste e le cabine di raccolta (MTR);
- collegamento a 36 kV della cabina di raccolta (MTR) alla SE Terna.

Per il collegamento tra le cabine di conversione e trasformazione si prevede la realizzazione di linee AT costituite da collegamenti sia tipo entra-esci che radiale. Per maggiori dettagli far riferimento all'elaborato BRINFV00BEFU0026.

5.1.1 Cavi

I collegamenti elettrici saranno tutti realizzati direttamente interrati mediante terna di conduttori a corda rigida compatta in alluminio, disposti a trifoglio. Il conduttore sarà a corda rotonda compatta di alluminio, isolamento in XLPE, adatto ad una temperatura di esercizio massima continuativa del conduttore pari a 90 °C, schermo a fili di rame con sovrapposizione di una guaina in alluminio saldato e guaina esterna in PE grafitato, qualità ST7, con livello di isolamento verso terra e tra le fasi pari a $U_0/U=26/45$ kV. Lo schermo metallico è dimensionato per sopportare la corrente di corto circuito per la durata specificata. Il rivestimento esterno del cavo ha la funzione di proteggere la guaina metallica dalla corrosione. Lo strato di grafite è necessario per effettuare le prove elettriche dopo la posa, in accordo a quanto previsto dalla norma IEC 62067.

HV XLPE CABLE WITH COPPER WIRES SCREEN AND ALUMINIUM LAMINATED FOIL

26/45 ÷ 47 (52) kV

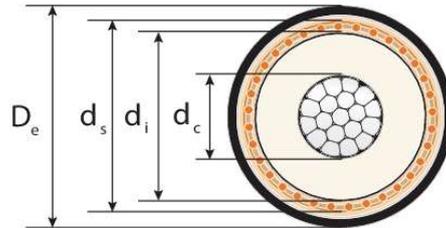
XRUHAKXS according to ZN-TF-530

A2XS(FL)2Y according to IEC 60840

NA2XS(FL)2Y according to DIN VDE 0276-632

26

ALUMINIUM CONDUCTOR



Cross section of conductor	Diameter of conductor	Insulation		Metallic screen		D _e Outer diameter of cable	Cable weight	Maximum pulling force	Minimal bending radius
		Nominal thickness	Diameter over insulation	Cross section	Diameter over screen				
mm ²	mm	mm	mm	mm ²	mm	mm	kg/km	kN	m
95RM	11.3 ^{+0.20}	9.0	30.5	35	34.3	41	1690	2.9	1.0
120RM	12.5 ^{+0.20}	9.0	31.7	35	35.5	42	1810	3.6	1.1
150RM	14.1 ^{+0.30}	9.0	33.3	35	37.1	43	1940	4.5	1.1
185RM	15.8 ^{+0.20}	9.0	35.0	35	38.8	45	2110	5.6	1.1
240RM	17.9 ^{+0.10}	9.0	37.1	35	40.9	47	2350	7.2	1.2
300RM	20.0 ^{+0.30}	9.0	39.2	35	43.0	49	2590	9.0	1.2
400RM	22.9 ^{+0.30}	9.0	42.5	35	46.7	53	3040	12.0	1.3
500RM	25.7 ^{+0.40}	9.0	45.3	35	49.5	56	3470	15.0	1.4
630RM	29.3 ^{+0.50}	9.0	49.1	35	53.3	60	4030	18.9	1.5
800RM	33.0 ^{+0.50}	9.0	52.8	35	57.0	64	4650	24.0	1.6
1000RM	38.0 ^{+0.50}	9.0	58.2	35	62.8	71	5570	30.0	1.8
1200RM	42.5 ^{+0.60}	9.0	62.7	50	67.3	75	6560	36.0	1.9
1200RMS	43.0 ^{+0.80}	9.0	65.2	50	69.8	78	6840	36.0	2.0
1400RMS	45.1 ^{+0.80}	9.0	67.3	50	71.9	80	7490	42.0	2.0
1600RMS	48.5 ^{+1.2}	9.0	70.7	50	75.3	84	8270	48.0	2.1

Figura 4 - Caratteristiche fisiche del cavo

Electrical data

27

 D_e – Cable diameter

 Cables in flat formation, the distance between the cable axes = $2 \times D_e$

 Cables in trefoil formation, the distance between the cable axes = D_e


Cross section of conductor	Resistance of conductor 90°C	Electrical field stress at the		Capacitance	Zero reactance	Inductance	
		conductor	insulation screen				
mm ²	Ω/km	kV/mm		μF/km	Ω/km	Ω/km	
95RM	0.4110	4.70	1.95	0.150	0.087	0.200	0.145
120RM	0.3247	4.55	2.00	0.160	0.083	0.195	0.140
150RM	0.2645	4.40	2.05	0.175	0.078	0.190	0.135
185RM	0.2108	4.25	2.10	0.185	0.074	0.185	0.130
240RM	0.1610	4.15	2.15	0.205	0.069	0.180	0.125
300RM	0.1291	4.00	2.20	0.220	0.065	0.180	0.120
400RM	0.1009	3.90	2.25	0.245	0.062	0.175	0.115
500RM	0.0792	3.80	2.30	0.265	0.058	0.170	0.110
630RM	0.0622	3.70	2.35	0.295	0.055	0.165	0.105
800RM	0.0498	3.60	2.40	0.320	0.052	0.160	0.105
1000RM	0.0408	3.50	2.45	0.360	0.049	0.160	0.100
1200RM	0.0359	3.45	2.45	0.395	0.046	0.155	0.095
1200RMS	0.0319	3.45	2.50	0.415	0.048	0.155	0.095
1400RMS	0.0275	3.40	2.50	0.430	0.047	0.155	0.095
1600RMS	0.0242	3.40	2.55	0.455	0.045	0.155	0.095
1800RMS	0.0216	3.35	2.55	0.485	0.043	0.150	0.095
2000RMS	0.0195	3.35	2.55	0.500	0.042	0.150	0.095
2500RMS	0.0168	3.30	2.60	0.540	0.042	0.150	0.090
3000RMS	0.0130	3.25	2.60	0.600	0.039	0.150	0.090

Figura 5 - Caratteristiche elettriche del cavo AT

La potenza elettrica raccolta dall'area di produzione (AT) è trasferita in elettrodotto, in esecuzione completamente interrata, fino alla stazione Terna (punto di connessione). Risultato progettuale è che tutto l'elettrodotto è per la maggior parte su viabilità rurale esistente. Il tracciato dei cavidotti dovrà essere quanto più rettilineo possibile e parallelo all'asse della strada.

I cavi posati in trincea saranno con disposizione a "trifoglio", ad una profondità 1,2 m dal piano di posa su di un letto di sabbia dello spessore di 10 cm circa. I cavi saranno ricoperti sempre

	BRIN FV00BGRB0004	Pagina 22 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

di sabbia per uno strato di 70 cm, sopra il quale sarà posata una lastra in cemento armato avente funzione di protezione meccanica dei cavi (salvo diversa prescrizione dell'Ente Proprietario della strada).

Il cavo direttamente interrato garantisce una maggiore portata a parità di sezione rispetto al caso di cavo in tubo.

L'impiego di pozzetti o camerette deve essere limitato ai casi di reale necessità, ad esempio per facilitare la posa dei cavi lungo un percorso tortuoso o per la ispezionabilità dei giunti.

La scelta delle sezioni dei cavi è stata fatta considerando le correnti di impiego e le portate dei cavi per la tipologia di posa considerando anche che devono essere minimizzate le perdite.

Sono state utilizzate preliminarmente sezioni da 95, 300 e 630 mm² con tensione nominale 26/45 kV. Per la scelta delle sezioni e delle relative portate dei cavi AT per posa interrata, i coefficienti di calcolo sono stati assunti secondo le seguenti ipotesi:

- resistività termica del terreno pari a 2 K•m/W (coefficiente Ci) (in fase di progettazione esecutiva saranno effettuate delle misure di resistività termica del terreno);
- temperatura terreno pari a 20° C (coefficiente Ca);
- fattori di riduzione quando nello scavo sono presenti più condutture (coefficiente Cg);
- profondità di posa pari a 1,20 m (coefficiente Cd)
- condizioni di posa con la situazione termica più critica.

La scelta della sezione è stata effettuata considerando che il cavo deve avere una portata I_z uguale o superiore alla corrente di impiego I_b del circuito. Sono stati così dimensionati i vari tratti di elettrodotto in base al numero di terne affiancate nello stesso scavo. Per il cavidotto di vettoriamento, la scelta del numero di cavi e della sezione tiene conto anche della caduta di tensione sulla linea.

5.1.2 *Temperatura di posa*

Durante le operazioni di installazione dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono essere piegati o raddrizzati, la temperatura non deve essere inferiore a quanto specificato dal produttore del cavo.

5.1.3 *Prova di isolamento*

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi a AT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 23 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

misurazioni secondo le norme CEI 11-17. La tensione di prova dell'isolamento in corrente continua dovrà essere pari a quattro volte la tensione nominale stellata.

5.1.4 *Giunzioni e terminazioni MT*

Per le giunzioni elettriche si devono utilizzare connettori di tipo a compressione diritti in alluminio adatti alla giunzione di cavi in alluminio ad isolamento estruso con ripristino dell'isolamento con giunti diritti adatti al tipo di cavo in materiale retraibile. Per la terminazione dei cavi scelti e per l'attestazione sui quadri in cabina si devono applicare terminali unipolari per interno con isolatore in materiale retraibile e capicorda di sezione idonea, come da specifiche dei quadri AT.

5.1.5 *Tubazioni*

In casi particolari e secondo la necessità la protezione meccanica potrà essere realizzata mediante tubazioni di materiale plastico (PVC), flessibili, di colore rosso, a doppia parete con parete interna liscia, rispondenti alle norme CEI EN 50086-1 e CEI EN 50086-2-4 e classificati come normali nei confronti della resistenza all'urto.

5.2 *Impianti di sicurezza*

Gli impianti di videosorveglianza ed antintrusione saranno installati lungo il perimetro dell'area della centrale fotovoltaica, garantendo la copertura totale dei confini delimitati dalla recinzione.

I dispositivi di videosorveglianza saranno scelti in fase esecutiva in funzione della tecnologia disponibile (telecamere fisse, dome, apparecchiatura di videoregistrazione, ecc.).

I dispositivi di antintrusione saranno scelti in fase esecutiva in funzione della tecnologia disponibile (contatti reed, barriere a infrarossi, sensori a microonde, ecc.).

Gli impianti suddetti verranno alimentati dallo scomparto dedicato ai servizi ausiliari presente nella cabina di smistamento o da una cabina di conversione e trasformazione.

5.3 *Cabina di raccolta (MTR)*

La cabina AT di raccolta sarà realizzata all'interno dell'area dell'impianto fotovoltaico. Sarà conforme alla norma CEI 0-16 ed avrà dimensioni approssimative esterne di 12,00 x 6,00 (lung. x larg.) con altezza 5,00 m; all'interno della MTR si installeranno:

- quadri AT;
- trasformatore per i servizi ausiliari;

	BRINRV00BGRB0004	Pagina 24 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

- quadri BT e di monitoraggio.

Le cabine saranno prefabbricate, realizzate in cemento armato vibrato (c.a.v.), complete di vasca di fondazione con funzione portacavi del medesimo materiale, posate su un magrone di sottofondazione in cemento.

5.3.1 *Descrizione delle apparecchiature AT*

La cabina è progettata in modo da prevedere che sia l'entrata che l'uscita dei cavi di rete AT avvenga in sotterraneo.

Il quadro AT di protezione e controllo sarà principalmente costituito da minimo 7 celle (alcune potrebbero essere accorpate in fase esecutiva) con le seguenti funzioni principali:

- celle arrivo e protezione linea dal campo fotovoltaico;
- cella protezione trasformatore servizi ausiliari;
- cella uscita verso punto di consegna.

Le singole celle saranno equipaggiate secondo quanto indicato nello schema unifilare, con i seguenti componenti:

- TV (trasformatori di tensione) per protezione e misura,
- TA (trasformatori di corrente) per protezione e misura,
- interruttori tripolari
- protezioni a microprocessore secondo le norme CEI 0-16 e requisiti del Distributore
- sezionatori tripolari (eventualmente con fusibili)
- sezionatori di terra
- spie di presenza tensione
- scaricatori di sovratensione
- morsetti per terminali cavi.

5.3.2 *Protezione lato AT*

La cabina sarà dotata di interruttore automatico AT per la linea di vettoriamento, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori AT (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relè indiretto la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi, dai guasti a terra.

	BRIN FV00BGRB0004	Pagina 25 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

5.3.3 Controllo e monitoraggio

All'interno della cabina di raccolta del campo fotovoltaico in oggetto, sarà presente un sistema di controllo e monitoraggio costituito da:

- Workstation;
- Armadio rack per il monitoraggio;
- Quadri elettrici BT;

Il quadro elettrico BT fornirà la forza motrice e l'illuminazione a servizio della cabina e sarà alimentato dal trasformatore dei servizi ausiliari presente.

6. SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO

6.1 Misure di protezione generale

Tutte le parti attive del generatore fotovoltaico saranno isolate da terra, mentre le masse metalliche saranno collegate all'impianto di terra di protezione. A protezione dai contatti indiretti, in ottemperanza alla norma CEI 64-8/4, l'impianto disporrà di un dispositivo di controllo dell'isolamento che indicherà il verificarsi del primo guasto a terra, interrompendo il circuito e quindi il servizio.

Sarà realizzato un impianto di terra per la protezione dai contatti indiretti e le fulminazioni al quale saranno collegate tutte le strutture metalliche di sostegno e le armature dei prefabbricati oltre che tutte le masse dei componenti elettrici di classe I.

La protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento delle parti attive o con l'utilizzo di involucri e barriere; in ogni caso il contatto verrà impedito in modo totale. L'impianto sarà realizzato con grado di protezione complessivo IP54 minimo.

La protezione contro i contatti indiretti nella sezione bassa tensione, in corrente alternata alla frequenza di rete, si attuerà mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione, soddisfacendo la prescrizione:

$$R_t \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

Ove:

R_t è la resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse

I_d è la corrente di 1° guasto

50 V è il valore di tensione verso massa.

L'impianto sarà costituito da una maglia realizzata con conduttori nudi di rame e da piattine di acciaio, a cui saranno collegati, mediante conduttori o sbarre di rame, i morsetti di terra dei

	BRIN FV00BGRB0004	Pagina 26 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

vari apparecchi, i dispositivi di manovra ed i supporti dei terminali dei cavi. In prossimità di tali supporti sarà previsto un punto destinato alla messa a terra delle schermature dei cavi stessi.

6.2 Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto

Gli impianti FV sono realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di un determinato numero moduli FV, a loro volta realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di celle FV inglobate e sigillate in un unico pannello d'insieme. Pertanto gli impianti FV di qualsiasi dimensione conservano le caratteristiche elettriche della singola cella, semplicemente a livelli di tensione e correnti superiori, a seconda del numero di celle connesse in serie (per ottenere tensioni maggiori) oppure in parallelo (per ottenere correnti maggiori).

Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito del generatore quindi non supera il valore della somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe.

Essendo le stringhe composte da una serie di generatori di corrente (i moduli fotovoltaici) la loro corrente di corto circuito è di poco superiore alla corrente nominale e questo conferisce una certa sicurezza intrinseca alle stringhe stesse.

6.3 Protezione da contatti accidentali lato c.c.

Le tensioni continue sono particolarmente pericolose per la vita. Il contatto accidentale con una tensione di oltre 500 V. c.c., valore certamente superato dalle stringhe, può avere conseguenze letali. Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico, lato corrente continua, è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantita dalla presenza dell'inverter.

In tal modo affinché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

Per prevenire tale eventualità gli inverter sono muniti di un opportuno dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

6.4 Protezione dalle fulminazioni

Un campo fotovoltaico correttamente collegato a massa, non altera in alcun modo l'indice ceramico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine.

	BRINFV00BGRB0004	Pagina 27 / 27	
		Stato di Validità	Numero Revisione
		CD-FE	00

I moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza. Per ridurre i danni dovuti ad eventuali sovratensioni i quadri di parallelo sottocampi sono muniti di varistori su entrambe le polarità dei cavi d'uscita.

In caso di sovratensioni i varistori collegano una od entrambe le polarità dei cavi a massa e provocano l'immediato spegnimento degli inverter e l'emissione di un segnale d'allarme.

6.5 Sicurezze sul lato c.a. dell'impianto

La limitazione delle correnti del campo fotovoltaico comporta analogha limitazione anche nelle correnti in uscita dagli inverter.

Eventi di corto circuito sul lato alternata dell'impianto sono tuttavia pericolosi perché possono provocare ritorni da rete di intensità non limitata.

L'interruttore AT in SF6 è equipaggiato con una protezione generale di massima corrente e una protezione contro i guasti a terra.

6.6 Impianto di messa a terra

All'interno del campo fotovoltaico sarà realizzata una rete di terra costituita da dispersori a picchetto in acciaio zincato del tipo per posa nel terreno e da una corda di rame nudo di sezione pari a 35 mm², interrati ad una profondità di almeno 0,8 m. A tale rete saranno collegate tutte le strutture metalliche di supporto dei moduli e la recinzione. L'impianto di terra dovrà essere conforme alle prescrizioni della norma CEI 99-3 e dimensionato sulla base della corrente di guasto a terra sulla rete AT di alimentazione e del tempo di eliminazione del guasto a terra da parte delle protezioni Terna. L'impianto di terra delle cabine di conversione e trasformazione e di smistamento sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della Norma CEI EN 50522 ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 50 mm², interrati ad una profondità di almeno 0,7 m e picchetti in acciaio zincato di lunghezza 1,5 m. Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione anche maggiore.
