

## IMPIANTO FV E BESS EX AEROPORTO DI CASTELVETRANO

Impianto FV e BESS – Ex Aeroporto Castelvetro

Castelvetro (TP) – Progetto Definitivo

### BILANCIO CARICHI ELETTRICI

EV-FS	00	13/05/2022	Emissione	D.Stangalino	C. Camiciotti	D.Stangalino	M.A.Bracale	A. Luce
Stato di Validità	Numero Revisione	Data	Descrizione	Stantec Preparato	Stantec verificato	Stantec Approvato	Eni Plenitude Approvato	Eni Plenitude Approvato
Indice Revisione								
Logo Committente e Denominazione Commerciale				Nome progetto		ID Documento Committente		
				Impianto Fotovoltaico FV e BESS - Ex Aeroporto Castelvetro		<b>082600BERV00023</b> Commessa N. 		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale						ID Documento Appaltatore		
 Stantec S.p.A						N. Commessa 45503406.06		
Nome d'Impianto e Oggetto						Scala	Numero di Pagine	
IMPIANTO FV e BESS EX AEROPORTO DI CASTELVETRANO Castelvetro (TP) – Progetto Definitivo						-	9	
Titolo Documento								
Bilancio carichi elettrici								

	<p>ID Documento Committente 082600BERV00023</p>	<p>Pagina 2</p>	
		<p>Stato di Validità</p>	<p>Numero Revisione</p>
			<p>00</p>

## SOMMARIO

<b>1. SCOPO DEL DOCUMENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELL'IMPIANTO BESS.....</b>	<b>3</b>
<b>4. POTENZA EROGATA DALL'IMPIANTO FV.....</b>	<b>4</b>
<b>5. POTENZA EROGATA DALL'IMPIANTO BESS.....</b>	<b>4</b>
<b>6. VALUTAZIONE DELLE PERDITE DI TRASMISSIONE IMPIANTO FV.....</b>	<b>5</b>
<b>7. VALUTAZIONE DELLE PERDITE DI TRASMISSIONE BESS.....</b>	<b>5</b>
<b>8. VALUTAZIONE DELLE PERDITE DI TRASMISSIONE SULLA CONNESSIONE A TERNA.....</b>	<b>5</b>
<b>9. VALUTAZIONI COMPLESSIVE SULLE PERDITE.....</b>	<b>5</b>
<b>10. VALUTAZIONE DEI CARICHI ELETTRICI RELATIVI AI SERVIZI AUSILIARI DELL'IMPIANTO.....</b>	<b>5</b>
<b>11. BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA.....</b>	<b>6</b>
<b>12. ALLEGATI.....</b>	<b>7</b>

	ID Documento Committente 082600BERV00023	Pagina 3	
		Stato di Validità	Numero Revisione
			00

## 1. SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo della presente relazione tecnica è quello di valutare il bilancio dei carichi elettrici dell'insediamento composto **da un impianto fotovoltaico** ("FV") a terra, integrato da un sistema di accumulo energetico tramite batterie (Battery Energy Storage System – "BESS"), all'interno dell'area di circa 96 ettari identificato come ex Aeroporto Militare di Castelvetrano sito nel Comune di Castelvetrano.

In codesta relazione tecnica saranno analizzate le perdite per effetto Joule sulla rete di distribuzione dell'impianto fotovoltaico e del sistema di accumulo, in termini di potenza riferite alla massima potenza evacuabile dall'impianto.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella stesura della presente relazione tecnica, sono state seguite le prescrizioni indicate e applicabili al caso specifico dalle seguenti norme:

- ✓ Guida CEI 0-2 II Ed. 2002, "Guida per la definizione della documentazione di progetto per gli Impianti Elettrici".
- ✓ Norma CEI EN 61936-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- ✓ Parte 1: Prescrizioni comuni".
- ✓ Norma CEI EN 50522, "Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a".
- ✓ Norma CEI 11-17, "Linee in cavo".
- ✓ Norma IEC 62271-200, "A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV".
- ✓ Norma CEI 64-8, "Impianti elettrici utilizzatori".
- ✓ Norma CEI EN 60076, "Trasformatori di potenza".
- ✓ Norma CEI 0-16, "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica".
- ✓ Codice di rete Terna e suoi allegati

## 3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELL'IMPIANTO BESS

Si tratta di un nuovo impianto fotovoltaico ubicato nel comune di Castelvetrano (TP), avente potenza installata pari a 78,63 MWp lato corrente continua, integrato da un sistema di accumulo tramite batterie (nel seguito) BESS da 20 MW.

L'impianto può essere suddiviso in tre principali sezioni funzionali:

- la sezione di produzione dell'energia elettrica, comprendente i moduli fotovoltaici (fissati su strutture portanti) e le apparecchiature elettriche di bassa e media tensione;
- la sezione di accumulo comprendente le batterie, gli inverter e le apparecchiature di alta tensione a 36kV
- la connessione alla rete elettrica RTN, realizzata tramite la costruzione di un elettrodotto a 36 kV fino alla stazione Terna di Partanna, come da relativa STMG.

I principali componenti che costituiscono l'impianto fotovoltaico possono essere così riassunti:

- Moduli fotovoltaici;

	ID Documento Committente 082600BERV00023	Pagina 4	
		Stato di Validità	Numero Revisione
			00

- Quadri di parallelo in campo;
- Inverter;
- Trasformatori elevatori BT/AT;
- Quadri AT di sezionamento e protezione;
- Complesso dei conduttori in CC e in CA (sia BT che AT) per i collegamenti di potenza;
- Cabine di campo (power station) contenenti l'inverter centralizzato, il trasformatore elevatore e il quadro AT).

I principali componenti che costituiscono l'impianto BESS possono essere così riassunti:

- Container batterie e relativi DC box;
- Inverter;
- Trasformatori elevatori BT/AT;
- Quadri AT di sezionamento e protezione;
- Complesso dei conduttori in CC e in CA (sia BT che AT) per i collegamenti di potenza;

Completano l'impianto:

- Cabina di raccolta MTR (per la raccolta delle linee in media tensione provenienti dalle cabine di campo dell'impianto fotovoltaico e delle linee AT provenienti dall'impianto BESS)
- Elettrodotto in media tensione per la connessione alla stazione Terna.

#### 4. POTENZA EROGATA DALL'IMPIANTO FV

L'impianto fotovoltaico è costituito da 144284 pannelli fotovoltaici da 545 Wp.

La potenza massima erogabile dall'impianto lato cc risulta essere 78,63 MWp

Saranno impiegati n. 18 inverter da 4400 kVA per una potenza complessiva installata di 79,2 MVA.

La massima potenza erogabile dall'impianto sul lato ac degli inverter risulta essere pari a 70,8 MW (corrispondente al grid power limitation indicato nel documento 082600BERG00027\_Calcolo Producibilità Impianto, con un Pnom ratio=1,111).

Le perdite di trasformazione su ogni singolo trasformatore delle power station per la trasformazione a 36 kV sono pari allo 0,9% della potenza nominale del trasformatore, ovvero 39,6 kW riferiti a 4400 kVA nominali.

Pertanto complessivamente, per effetto della trasformazione BT/AT nelle 18 power station dell'impianto fotovoltaico si avranno 712,8 kW di perdite, riferiti alla potenza nominale dei trasformatori.

#### 5. POTENZA EROGATA DALL'IMPIANTO BESS

Si ipotizza che l'impianto BESS eroghi una potenza nominale di 20 MW lato a livello 36 kV, comprensive già delle perdite per effetto Joule sui trasformatori elevatori.

	ID Documento Committente 082600BERV00023	Pagina 5	
		Stato di Validità	Numero Revisione
			00

## 6. VALUTAZIONE DELLE PERDITE DI TRASMISSIONE IMPIANTO FV

La valutazione delle perdite per effetto Joule sulle linee di trasmissione in media tensione dell'impianto fotovoltaico fino alla cabina di raccolta MTR è in funzione della lunghezza delle linee, della loro sezione e della corrente transitante.

Si faccia riferimento all'allegato 1 per la valutazione delle perdite di ogni tratta, di seguito si riportano le perdite complessive di ogni singola tratta valutate nell'ipotesi di erogazione della massima potenza dell'impianto fotovoltaico:

- Dorsale 1: 30,322 kW
- Dorsale 2: 16,606 kW
- Dorsale 3: 23,737 kW

## 7. VALUTAZIONE DELLE PERDITE DI TRASMISSIONE BESS

La valutazione delle perdite per effetto Joule sulle linee di trasmissione alta tensione a 36kV dell'impianto BESS fino alla cabina di raccolta MTR è in funzione della lunghezza delle linee, della loro sezione e della corrente transitante:

- Linea 1: 0,276 kW
- Linea 2: 0,276 kW
- Linea 3: 0,749 kW
- Linea 4: 0,749 kW

## 8. VALUTAZIONE DELLE PERDITE DI TRASMISSIONE SULLA CONNESSIONE A TERNA

La connessione alla stazione Terna di Partanna sarà realizzata con un elettrodotto a 36 kV costituito da 3 terne in parallelo di cavi unipolari 1x630 mm<sup>2</sup>, per una lunghezza di 11,600 km.

Le perdite per effetto Joule su tale elettrodotto nell'ipotesi di evacuazione della massima potenza producibile dall'impianto fotovoltaico e dal sistema BESS, 90,8 MW, risultano essere: 1214,8 kW.

## 9. VALUTAZIONI COMPLESSIVE SULLE PERDITE

La definizione delle perdite è stata eseguita considerando la massima potenza evacuabile e transitabile su ogni singola tratta e componente.

Le perdite per trasformazione sulle power station dell'impianto fotovoltaico risultano essere pari a 712,8 kW

Le perdite di trasmissione complessive all'interno dell'impianto fotovoltaico risultano essere pari a 70,665 kW

Le perdite di trasmissione complessive sull'impianto BESS risultano essere pari a 2,05 kW

Le perdite di trasmissione sull'elettrodotto verso Terna risultano essere pari a 1214,8 kW

Complessivamente si avranno 2,004 MW di perdite di trasformazione e trasmissione, pari al 2,2% della massima potenza evacuabile (90,8 MW).

## 10. VALUTAZIONE DEI CARICHI ELETTRICI RELATIVI AI SERVIZI AUSILIARI DELL'IMPIANTO

Nella cabina MTR è prevista l'installazione di un trasformatore per i servizi ausiliari avente potenza nominale

	ID Documento Committente 082600BERV00023	Pagina 6	
		Stato di Validità	Numero Revisione
			00

250 kVA e alimentante i seguenti carichi:

- Illuminazione cabina MTR
- Prese fm cabina MTR
- Sistema di condizionamento cabina MTR
- UPS
- Alimentazione fm/illuminazione container uffici e magazzini

I carichi alimentati dall'UPS saranno:

- sistema Scada dell'impianto FV e del sistema BESS
- Work station del sistema Scada e del sistema BESS
- Sistema telecamere ingressi
- Sistema antintrusione
- Sistema rilevazione fumi cabina MTR
- RTU verso Terna
- Router per trasmissione remota
- Alimentazione sistema di controllo accessi impianto

Complessivamente si possono stimare i suddetti carichi in 34 kW.

Nelle power station dell'impianto fotovoltaico è prevista l'installazione di un trasformatore per i servizi ausiliari avente potenza nominale 10 kVA ed alimentante i seguenti carichi:

- Sistema di condizionamento
- UPS

## 11. BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA

Di seguito si riassumono le perdite di trasmissione e trasformazione dell'impianto in termini energetici, stimate considerando le ore equivalenti (EOH) di funzionamento ottenute dal calcolo della producibilità (Producibilità specifica: 1.947 kWh/kWp):

Componente	Perdite [kW]	Quantità	Perdite totali [kW]	Stima Energia persa [kWh/anno]
Power station impianto FV	39,6 (0,9%)	18	712,8	138.7821,6
Dorsale 1 – impianto FV	30,322	1	30,322	59.036,9
Dorsale 2 – impianto FV	16,606	1	16,606	32.331,9
Dorsale 3 – impianto FV	23,737	1	23,737	46.215,9
Linea 1 – sistema BESS	0,276	1	0,276	537,4
Linea 2 – sistema BESS	0,276	1	0,276	537,4
Linea 3 – sistema BESS	0,749	1	0,749	1.458,3
Linea 4 – sistema BESS	0,749	1	0,749	1.458,3
Perdite elettrodotto 36 kW	2004,114	1	2004,114	3.902.009,96
<b>TOTALE [kWh]</b>				<b>5.431.407,66</b>

	ID Documento Committente 082600BERV00023	Pagina 7	
		Stato di Validità	Numero Revisione
			00

Rispetto alle perdite in potenza, le perdite reali in energia saranno condizionate dalle reali condizioni di funzionamento legate all'irraggiamento ma anche alla temperatura effettiva che influisce sul funzionamento dei pannelli fotovoltaici e dei componenti elettrici di sistema.

Inoltre, come evidenziato nel documento 082600BERG00027 (**Calcolo producibilità**), in virtù della tecnologia prevista da progetto e dei componenti da installare, si è assunta in via preliminare cautelativa una perdita complessiva pari a -0,50% per l'alimentazione di tutti i sistemi ausiliari di impianto.

Si riporta di seguito il breakdown dei principali consumi dei componenti ausiliari, valutati considerando le ore equivalenti (EOH) di funzionamento ottenute dal calcolo della producibilità (Producibilità specifica: 1.947 kWh/kWp):

Sottosistema di riferimento	Descrizione	Potenza unitaria (kW)	Quantità	Consumo (kWh /anno)
Cabina MTR	Sistema di illuminazione	0,25	1	486,75
	HVAC / Sistema di ventilazione	1,2	1	2.336,4
	Prese	0,8	2	0 (usate solo per manutenzione)
	UPS	10	1	19.470,0
	Trasformatore aux (perdite a vuoto)	0,55	1	1.070,85
	Trasformatore aux (perdite sotto carico)	1,100	1	2.141,7
Edifici Uffici-Magazzin	Illuminazione/fm uffici – container	20	1	38.940,0
Power station FV TS1...TS18	HVAC / Sistema di ventilazione	1	18	35.046,0
	UPS	5	18	175.230,0
	Trasformatore aux (perdite a vuoto)	0,2	18	7.009,2
	Trasformatore aux (perdite sotto carico)	0,4	18	14.018,4
Impianto fotovoltaico	String Box	0,04	286	22.273,68
	Tracker monoassiali	0,037	5153	371.216,97
<b>TOTALE (kWh)</b>				<b>689.239,95</b>

## 12. ALLEGATI

Tabella di dimensionamento dei cavi AT



CIRCUIT DATA													
LINE			DORSALE 3	LINEA BESS 1	LINEA BESS 2	LINEA BESS 3	LINEA BESS 4						
FROM			TS07	TS04	TS03	TS06	TS02	TS02	TS05	BESS	BESS	BESS	BESS
TO			TS04	TS03	TS06	TS02	TS05	TS01	TS01	MTR	MTR	MTR	MTR
RATED VOLTAGE	Vn	V	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000
RATED POWER	Pn	kW	26.400	22.000	17.600	13.200	8.800	4.400	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500
	An	kVA											
LENGHT	L	m	46	220	32	120	118	52	35	35	95	95	
RATED CURRENT	Ib	A	470,45	392,04	313,63	235,22	156,82	78,41	115,83	115,83	115,83	115,83	115,83
Ist/Ib													
STARTTING CURRENT	Iavv	A											
EFFICIENCY			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POWER FACTOR (COSFI)			0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SENGI			0,436	0,436	0,436	0,436	0,436	0,436	0,436	0,436	0,436	0,436	0,436
<b>CABLE</b>			RE4H5E - 20,8/36 kV										
CABLE TYPE			single core										
PHASE SECTION	S	mmq	500	300	300	300	300	300	300	120	120	120	120
PARALLEL CABLE FOR PHASE		n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LINE SECTION			3x(1x500)	3x(1x300)	3x(1x300)	3x(1x300)	3x(1x300)	3x(1x300)	3x(1x300)	3x(1x120)	3x(1x120)	3x(1x120)	3x(1x120)
CONDUCTOR			CU										
INSULATION TYPE			EPR										
CABLE CODE			20,8/36 kV										
REFERENCE STANDARD			IEC 60502										
RESISTIVITY	ρ	ohmm/m	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
CABLE COSTANT	K		143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
RESISTANCE (90°C)	R	Ohm/km	0,0497	0,0784	0,0784	0,0784	0,0784	0,0784	0,1960	0,1960	0,1960	0,1960	0,1960
REACTANCE	X	Ohm/km	0,099	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126
CURRENT CAPACITY	Iz	A	686	535	535	535	535	535	326	326	326	326	326
THROUGHT LET ENERGY	K²S²	A²s	5.112.250.000	1.840.410.000	1.840.410.000	1.840.410.000	1.840.410.000	1.840.410.000	294.465.600	294.465.600	294.465.600	294.465.600	294.465.600
SHIELD RESISTANCE AT 20°C in dc	Rs	Ohm/km	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
<b>LAYING CONDITION</b>													
LAYING MODE													
LAYING CONDITION			burried										
ADJACENT CIRCUIT			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AMBIENT TEMPERATURE	T	°C	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
DEPTH	h	m	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
SOIL RESISTIVITY	ρt	°Cm/W	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>CURRENT CAPACITY CALCULATION</b>													
TEMPERATURE DERATING	k1		0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
LAYING DEPTH DERATING	k2		0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
SOIL RESISTIVITY DERATING	k3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ADJACENT CIRCUIT DERATING	k4		0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
EFFECTIVE CURRENT CAPACITY	Iz	A	518,42	404,31	404,31	404,31	404,31	404,31	246,36	246,36	246,36	246,36	246,36
<b>DROP VOLTAGE CALCULATION</b>													
VOLTAGE DROP	DV	V	3,29	17,36	2,02	5,68	3,72	0,82	1,62	1,62	4,40	4,40	4,40
	DV%	%	0,0091	0,0482	0,0056	0,0158	0,0103	0,0023	0,0045	0,0045	0,0122	0,0122	0,0122
STARTING VOLTAGE DROP	DV	V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	DV%	%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>CABLE LOSSES CALCULATION</b>													
CABLE LOSSES FOR JOULE EFFECT	Pj	kW	1,518	7,953	0,740	1,562	0,682	0,075	0,276	0,276	0,749	0,749	0,749
<b>CURRENT CAPACITY VERIFICATION</b>													
RATED CURRENT	Ib	A	470,45	392,04	313,63	235,22	156,82	78,41	115,83	115,83	115,83	115,83	115,83
EFFECTIVE CURRENT CAPACITY	Iz	A	518,42	404,31	404,31	404,31	404,31	404,31	246,36	246,36	246,36	246,36	246,36
Ib<Iz			Verified										
<b>DROP VOLTAGE VERIFICATION</b>													
DROP VOLTAGE		%	0,009	0,048	0,006	0,016	0,010	0,002	0,005	0,005	0,012	0,012	0,012
STARTING DROP VOLTAGE		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX VOLTAGE DROP ADMISSIBLE	DV%	%	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
MAX STRATING VOL. DROP ADMISS.	DVavv%	%	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
DV%<DV%admissible			Verified										
DV%<DV%admissible			--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>SHORT CIRCUIT VERIFICATION</b>													
PLANT SHORT CIRCUIT CURRENT	Icc	A	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
TRIPPING TIME	t	s	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
TROUGHT LET ENERGY	I²t	A²s	800.000.000	800.000.000	800.000.000	800.000.000	800.000.000	800.000.000	800.000.000	800.000.000	800.000.000	800.000.000	800.000.000
TEORICAL CABLE SECTION	St	mm2	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198
MAX ADMISSIBLE SHORT CIRC. CURR.	Icc max	A	101.116	60.670	60.670	60.670	60.670	60.670	24.268	24.268	24.268	24.268	24.268
Chosen section> Teorical section			Verified	Verified	Verified	Verified	Verified	Verified	Not verified	Not verified	Not verified	Not verified	Not verified
I2t<K2S2 VERIFICATION			Verified	Verified	Verified	Verified	Verified	Verified	Not verified	Not verified	Not verified	Not verified	Not verified
plant Icc<max admissible Icc			Verified	Verified	Verified	Verified	Verified	Verified	Not verified	Not verified	Not verified	Not verified	Not verified