



# REGIONE LAZIO

## Comune di Paliano



### PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 37.807,2 kWp INTEGRATO CON UN SISTEMA DI ACCUMULO DELLA POTENZA DI 12.000 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 48.000 kW UBICATO NEL COMUNE DI PALIANO (FR) E DELLE OPERE CONNESSE NEL COMUNE DI ANAGNI (FR)

TITOLO

## Relazione tecnica elettrica BESS

PROGETTAZIONE

PROPONENTE

 **STUDIO  
RINNOVABILI**

SR International S.r.l.  
C.so Vittorio Emanuele II, 282-284 - 00186 Roma  
Tel. 06 8079555 - Fax 06 80693106  
C.F e P.IVA 13457211004

ATON 27 S.r.l.

ATON 27 S.r.l.  
VIA EZIO MACCANI 54 - 38121 Trento (TN)  
C.F e P.IVA 02708670225  
PEC: aton27.srl@pec.it



Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	01/07/2023	Ing. Abdallas	Ing. Bartolazzi	Ing. Bartolazzi	Relazione tecnica elettrica BESS

Codice Elaborato

**TCN-PLN-RTEB**

Scala

-

Formato

**A4**

**INDICE**

INDICE .....	1
INDICE DELLE FIGURE.....	2
INDICE DELLE TABELLE .....	2
1. PREMessa .....	3
1.1 OGGETTO E VALENZA DELL'INIZIATIVA .....	4
2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO .....	5
3. LOCALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI ACCUMULO O BESS .....	7
4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI ACCUMULO BESS.....	8
4.1. TECNOLOGIA BESS.....	9
4.2. CLASSIFICAZIONE DI UN BESS PER TIPOLOGIA DI BATTERIA.....	11
4.3. COMPONENTI DEL SISTEMA DI ACCUMULO AGLI IONI DI LITIO .....	14
4.4. VANTAGGI DEI SISTEMI DI ACCUMULO .....	15
5. ESERCIZIO DEL SISTEMA BESS .....	17
5.1. CARATTERISTICHE DEL SISTEMA BESS.....	18
5.2. SCAMBIO DI ENERGIA ELETTRICA .....	19
6. SISTEMA DI SICUREZZA DEL SISTEMA BESS .....	20
6.1. PROTEZIONE PASSIVA .....	20
6.2. PROTEZIONE ATTIVA .....	21
6.3. SISTEMA DI PREVENZIONE ANTINCENDIO .....	23
7. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO BESS .....	23
7.1. CONNESSIONI ELETTRICHE .....	23
7.2. BATTERY CONTAINERS (BC) .....	24
7.3. CABINA DI TRASFORMAZIONE-INVERTER (PCS).....	27
7.4. COMPATIBILITÀ BC-INVERTER .....	29
7.5. AUXILIARY CONTAINER.....	29
8. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI ELETTRICI .....	29
8.1. CAVI ELETTRICI IN CORRENTE CONTINUA.....	30
8.1.1. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO IN BT IN CC.....	30
8.2. CAVI ELETTRICI IN MEDIA TENSIONE A 30 KV.....	31
8.2.1. CARATTERISTICHE DEL CAVO IN MT .....	32
8.2.2. DETERMINAZIONE DELLE SEZIONI DEI CAVI IN MT .....	33
8.2.3. DIMENSIONAMENTO AD ANELLO DEL CAVO IN MT TRA LE CABINE DI TRASFORMAZIONE-INVERTER E LA CABINA DI RACCOLTA .....	34
9. SISTEMI DI PROTEZIONE E COLLEGAMENTO ALLA RETE .....	35
9.1. CORRENTI DI CORTO CIRCUITO DELL'IMPIANTO BESS .....	35
9.2. PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI.....	35
9.3. PROTEZIONE DA CONTATTI ACCIDENTALI IN C.C.....	36
9.4. COMPATIBILITÀ Elettromagnetica E MARCATURA CE .....	36
9.5. IMPIANTO DI TERRA .....	36
10. SISTEMI DI MISURA DELL'ENERGIA PRODOTTA ED IMMESA IN RETE .....	37

11. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE, VIDEOSORVEGLIANZA E ANTINTRUSIONE .....	37
12. SISTEMI DI PROTEZIONE LATO BT ED MT .....	38
12.1. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE: GENERALE, D' INTERFACCIA E DI GENERATORE .....	38
13. OPERE CIVILI .....	39
14. OPERE DI DISMISSIONE .....	39
14.1. FONDAZIONI.....	41
14.2. DETTAGLI RIGUARDANTI LO SMALTIMENTO DEI COMPONENTI .....	41
14.3. INTERVENTI NECESSARI AL RIPRISTINO VEGETAZIONALE .....	42

## **INDICE DELLE FIGURE**

<i>Figura 1 – Stralcio su ortofoto della posizione del sistema di accumulo .....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2 – Densità di potenza e densità energetica di vari tipi di batterie .....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3 – Comparazione delle caratteristiche delle batterie elettriche (Fonte: Battery Technologies for Grid-Level Large-Scale Electrical Energy Storage).....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4 – Evoluzione della capacità installata delle tecnologie di accumulo di energia (Fonte: IEA).....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5 – Costi delle tecnologie di storage applicate in diverse modalità (Fonte: IEA) .</i>	<i>13</i>
<i>Figura 6 – Componenti del battery container .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7 – Tipologia di Battery Container da installare nell'impianto .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8 – Tipologia di cabina di trasformazione-inverter da installare nell'impianto.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9 – Sezione del cavo in MT – 30 kV - ARE4H5(AR)EX.....</i>	<i>32</i>

## **INDICE DELLE TABELLE**

<i>Tabella 1 – Tabella riassuntiva delle caratteristiche tecniche delle batterie elettrochimiche .....</i>	<i>14</i>
<i>Tabella 2 – Comparazione di sistemi di accumulo per costo/affidabilità e maturità tecnologica (Fonte: Classificazione dei sistemi di accumulo in base all'applicazione ed al contesto – Rapporto Tecnico di Ricerca Industriale – D1.3) .....</i>	<i>14</i>
<i>Tabella 3 – Caratteristiche tecniche delle celle.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabella 4 – Evoluzione dello State of Health delle batterie durante la vita utile .....</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 5 – Energia prelevata e immessa in rete del sistema di batterie nel tempo di vita utile dell'impianto .....</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 6 – Compatibilità BC-Inverter.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabella 7 – Dimensionamento cavi in ac di collegamento tra inverter e quadri BT.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabella 8 – Dimensionamento del cavo in MT di collegamento tra le cabine elettriche ..</i>	<i>35</i>

## **1. PREMESSA**

Il presente progetto ha come obiettivo la realizzazione di una centrale per la produzione di energia da fonte rinnovabile tramite l'impiego di tecnologia fotovoltaica. La realizzazione dell'opera prevede l'installazione di n. 64.080 moduli FV bifacciali, aventi ciascuno una potenza di picco da 590 Wp, per una potenza totale installata di circa 37,81 MWp, integrato ad un sistema di accumulo di energia elettrica avente una capacità pari a circa 48 MWh, per una potenza installata delle batterie di circa 12 MW. L'impianto agrivoltaico ed il sistema di accumulo saranno connessi alla sezione a 150 kV della nuova Stazione elettrica di smistamento a 150 kV di Terna (SE RTN), da realizzare nel territorio di Anagni (FR).

L'impianto in progetto comporta un significativo contributo alla produzione di energia rinnovabile; l'energia prodotta sarà immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale di proprietà della società Terna S.p.A. Non si esclude la possibilità di ricorrere ad alcune varianti progettuali per incrementare la produttività dell'impianto, anche in funzione dei futuri sviluppi di mercato.

### **1.1 OGGETTO E VALENZA DELL'INIZIATIVA**

Il presente documento costituisce la relazione tecnica del progetto definitivo di un sistema di accumulo (BESS) con potenza nominale e di immissione massima alla rete pari a circa 12 [MW], da integrare ad un impianto agrivoltaico.

Si evidenzia che la realizzazione del progetto consentirà di:

- Accumulare energia elettrica dall'impianto agrivoltaico, ed immetterla in orari in cui il fabbisogno energetico è maggiore, evitando le emissioni di sostanze inquinanti da altre tecnologie;
- Risparmiare combustibili fossili in misura significativa;
- Adottare soluzioni di progettazione compatibili con le esigenze di tutela paesaggistico-ambientale;
- Ottenere ricadute positive dal punto di vista socio-occupazionale.

## **2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO**

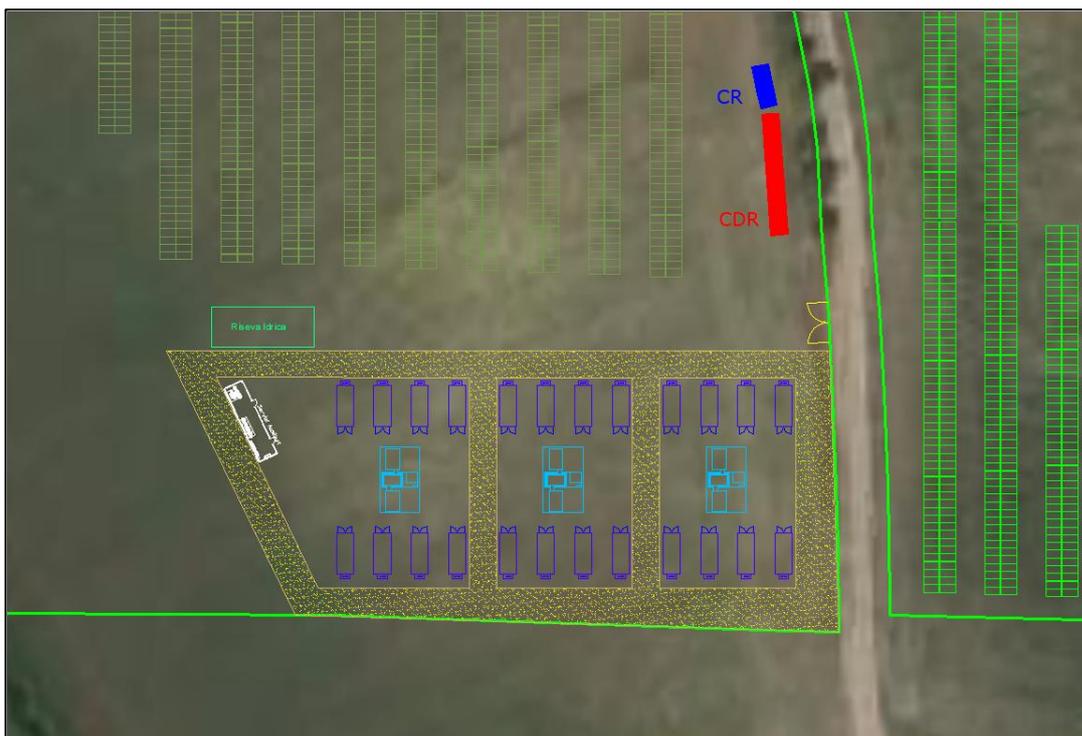
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 0-13: Protezione contro i contatti elettrici-Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature;
- CEI 0-16: Regole tecnica di riferimento per la connessione degli utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 99-2: (Ex CEI 11-1) Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- CEI 11-17 Impianti di produzione trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica- Linee in cavo;
- CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI 11-25 (EN 60909-0):"Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata, Parte 0: Calcolo delle correnti";
- CEI 11-35: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- CEI 11-37 "Guida per l'esecuzione degli impianti di terra di impianti utilizzatori in cui siano presenti sistemi con tensione maggiore di 1kV";
- CEI 13-45: Sistemi di misura dell'energia elettrica;
- CEI 14-13/14 Trasformatori trifase per distribuzione a raffreddamento naturale in olio;
- CEI 17-5: Apparecchiature in bassa tensione parte 2: interruttori automatici;
- CEI 17-11: Apparecchiature in bassa tensione parte 3: interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra sezionatori e unità combinate con fusibili;
- CEI 17-13: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra in BT;
- CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1-30 kV;
- CEI 20-14: Cavi isolati in PVC per tensioni nominali da 1-3 kV;
- CEI 20-20: Guida per l'uso di cavi a BT;
- CEI 20-40: Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV;
- CEI 23-3-1 Interruttori automatici per la protezione da sovracorrenti e similari;
- CEI 23-46 Sistemi di canalizzazione per cavi – Sistemi di tubi;
- CEI 23-49 Involucri per apparecchi per installazioni fisse per uso domestico e similare. Parte 2: Prescrizioni particolari per involucro destinati a contenere dispositivi di protezione ed apparecchi che nell'uso ordinario dissipano una potenza non trascurabile;
- CEI 23-80 Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche;
- CEI 23-81 Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori;
- CEI 32-1 Fusibili a tensione non superiore a 1000 V per corrente alternata e a 1500 V per corrente continua – parte 1 prescrizioni generali;
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a

- 1000V in corrente alternata e a 1.500V in corrente continua;
- CEI EN 60076-11 "Trasformatori di potenza - Parte 11: trasformatori di tipo a secco";
  - CEI EN 60439: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT);
  - 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 EN 60076-1/5: Trasformatori di potenza;
  - CEI EN 50618 - CEI: 20-91 "Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerica senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici" In alternativa potranno essere usati cavi PV 1- F approvati TUV 2 Pfg 1169/08.2007 con marchio CE;
  - CEI EN 50539-11 - CEI: 37-16 Limitatori di sovratensioni di bassa tensione - Limitatori di sovratensioni di bassa tensione per applicazioni specifiche inclusa la c.c. Parte 11: Prescrizioni e prove per SPD per applicazioni negli impianti fotovoltaici;
  - CEI EN 62109-1 - CEI: 82-37 Sicurezza degli apparati di conversione di potenza utilizzati in impianti fotovoltaici di potenza Parte 1: Prescrizioni generali;
  - CEI 50524 - CEI: 82-34 Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;
  - CEI EN 62040: Sistemi statici di continuità (UPS);
  - CEI EN 61000: Compatibilità elettromagnetica;
  - 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 50530/A1 - CEI: 82-35; V1 Rendimento global e degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;
  - CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
  - CEI IEC 62271-200 Organi di manovra e apparecchiature di controllo in involucro metallico da 1 kV a 52 kV compreso;
  - CEI EN 62271-106 interruttore di manovra-sezionatori;
  - CEI EN 62271-103 sezionatori e sezionatori di terra.

### 3. LOCALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI ACCUMULO O BESS

L'impianto di accumulo, verrà realizzato su un terreno nel comune di Paliano (FR), all'interno dell'area dell'impianto agrivoltaico. Entrambi gli impianti condivideranno lo stallo MT della cabina di trasformazione, dalla quale uscirà un cavidotto comune che trasporterà l'energia elettrica complessiva generata dall'impianto agrivoltaico ed accumulata dal BESS, fino alla Stazione Utente di Trasformazione MT/AT 30/150 kV, prima di essere immessa in rete.

La Figura 1 seguente fornisce un'indicazione dettagliata dell'area interessata dal sistema di accumulo, posizionata nell'area Sud dell'impianto agrivoltaico, in cui sono visibili: i battery containers (in blu), i sistemi inverter-trasformazione BT/MT (in azzurro), la cabina sistemi ausiliari (in bianco).



*Figura 1 – Stralcio su ortofoto della posizione del sistema di accumulo*

Di seguito sono riportate le coordinate del sistema di accumulo e la relativa particella catastale:

	Coordinate UTM 33 WGS84		Identificativo Catastale		
	Longitudine	Latitudine	Comune	Foglio	Particella
Battery Energy Storage System	338470.70	4623772.64	Paliano	63	13

I dettagli relativi agli aspetti territoriali, ambientali e naturalistici connessi all'installazione dell'impianto in progetto saranno analizzati nelle rispettive tavole e relazioni di natura ambientale allegata al seguente progetto definitivo.

#### **4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI ACCUMULO BESS**

Il sistema di accumulo in oggetto impiegherà celle elettrochimiche assemblate in moduli e racks e posizionati dentro appositi container metallici (Battery Container). Le singole celle sono tra loro elettricamente collegate sia in serie che in parallelo, a formare moduli di batterie. I moduli, a loro volta, sono collegati in serie ed in parallelo tra loro ed assemblati in appositi armadi in modo tale da conseguire i valori richiesti di potenza, tensione e corrente. Il sistema di accumulo sarà un sistema di tipo "outdoor", adatto ad installazioni all'aperto con grado di protezione IP54 (opzionale IP65) e sarà del tipo con collegamento lato corrente alternata, a monte del contatore di produzione, definito sistema di accumulo lato post produzione.

Il sistema di accumulo BESS previsto in progetto sarà composto dai seguenti elementi principali:

- n°24 Battery Container (BC), ognuno costituito da un banco batterie della potenza nominale di 0,5 MW da 2,0 MWh, per un'energia massima fornita pari a 48,0 MWh;
- n°3 Stazioni di trasformazione-inverter o Power Conversion System (PCS) ciascuna con potenza nominale di circa 5,0 MVA, composta da n.2 inverter, n.1 trasformatore BT/MT, quadri BT ed MT;
- n°1 Auxiliary Container.

di seguito una tabella riassuntiva che riporta le principali caratteristiche tecniche del layout:

<b>BESS LAYOUT</b>		
Energia complessiva dell'impianto	48	MWh
Potenza dell'impianto	12	MW
Tempo di scarica	4	h
Battery Container - Capacity	2	MWh
Battery Container - Power	0,5	MW
Numero di container	24	
Inverter (FreeMAQ PCSK o MULTI PSCK )	n.6x2005	KVA
Transformer capacity	n.3x5000	KVA
Cabina Servizi aux	1	

Dal punto di vista elettrico il BESS sarà suddiviso in n.3 sottocampi o gruppi, ciascuno dei quali sarà composto da n.8 BC, che verranno connessi in bt ai rispettivi quadri inverter della PCS-i. Tramite un trasformatore BT/MT, la tensione verrà innalzata a 30 kV e tutte le n.3 unità PCS-i saranno collegate ad anello, mediante cavidotti interrati opportunamente dimensionati, tra di loro e con la cabina di raccolta CDR.

Dalla CDR partirà una linea in cavidotto interrato a 30 kV che trasporterà l'energia elettrica dal sistema di accumulo e dall'impianto agrivoltaico verso i quadri MT ubicati nella cabina quadri della SEU.

Nelle tavole allegate TCN-PLN-IE-13 e TCN-PLN -IE-14, sono raffigurati la planimetria dell'impianto di accumulo e gli schemi elettrici unifilari del sistema di accumulo e della connessione alla rete.

Dal punto di vista della rete elettrica, i servizi di rete attualmente richiesti ai Sistemi di Accumulo, sono i seguenti:

- insensibilità alle variazioni di tensione;
- regolazione della potenza attiva;
- limitazione della potenza attiva per valori di tensione prossimi al 110 % di  $U_n$ ;
- condizioni di funzionamento in sovra (sotto) frequenza: in particolare il SdA dovrà essere in grado di interrompere l'eventuale ciclo di scarica (carica) in atto e attuare, compatibilmente con lo stato di carica del sistema, un assorbimento di potenza attiva;
- partecipazione al controllo della tensione;
- sostegno alla tensione durante un cortocircuito (prescrizione presente solo nella norma CEI 0-16 e attualmente allo studio).

Come da normativa, per quanto riguarda la regolazione della potenza attiva, le norme CEI 0-16 e 0-21 prescrivono che i generatori devono essere in grado di variare la potenza immessa secondo vari requisiti e in maniera automatica o in risposta a un comando esterno proveniente dal Distributore.

Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà essere scelta una diversa tipologia di batterie, container, inverter, ecc.. con pari prestazioni. Tale scelta sarà comunque effettuata tenendo conto sia della potenza massima installabile e sia che vengano garantite ottime prestazioni di durata e di producibilità dell'impianto BESS.

#### **4.1. TECNOLOGIA BESS**

Il Battery Energy Storage System o BESS sarà realizzato avrà una potenza nominale pari a 12 MW. L'energia erogata dal sistema BESS in MT a 30kV confluirà all'interno della Cabina di Raccolta (CDR) localizzata nei pressi dell'impianto di accumulo. La CDR sarà collegata al quadro in ingresso della stazione utente di trasformazione MT/AT.

Il disegno della batteria dipende dai requisiti e le condizioni in cui verrà utilizzata, per cui è fondamentale l'individuazione dei parametri che permetteranno di scegliere la batteria più adatta alle esigenze del suo utilizzo. I parametri fondamentali delle batterie sono:

- *La tensione* - la batteria è caratterizzata da una tensione nominale e una tensione di cut-off (tensione minima alla quale la batteria si considera scarica).
- *La capacità* - la quantità di energia che è possibile accumulare nella batteria. La temperatura ambiente ha un effetto importante sulle prestazioni della batteria. Le alte temperature ambientali provocano reazioni interne e molte batterie perdono capacità più rapidamente nei climi più caldi.
- *La densità di energia* - la quantità di energia che può essere immagazzinata per una data quantità di area, volume o massa. Questo criterio è importante nelle applicazioni in cui l'area è un fattore limitante;

- *La densità di potenza* - indica la quantità di potenza che può essere erogata per una data quantità di area, volume o massa. Inoltre, come la densità di energia, la densità di potenza varia in modo significativo tra i tipi di storage. Anche in questo caso, la densità di potenza è importante se l'area e/o lo spazio sono limitati o se il peso è un problema;

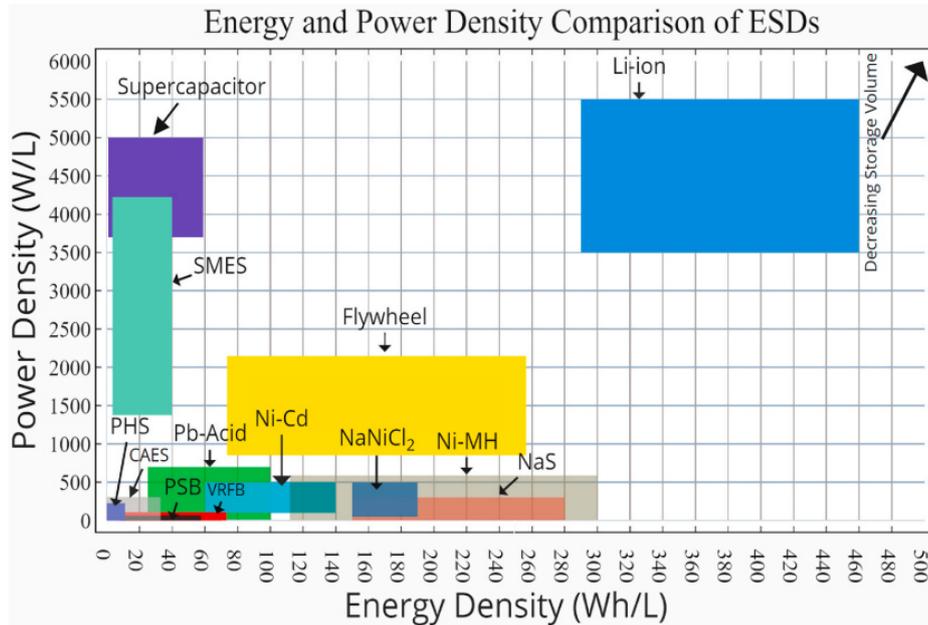


Figura 2 – Densità di potenza e densità energetica di vari tipi di batterie

- *La tensione di scarica* - corrisponde con la tensione disponibile della batteria quando si sta scaricando. La tensione diminuisce al diminuire della carica.
- *State of charge* - lo stato di carica della batteria il quale è espresso in percentuale (i valori corrispondono a: 0% quando è completamente scarica e 100% quando la carica è completa).
- *State of health* - stima l'autonomia della batteria, ovvero la capacità della batteria rispetto ad una nuova.
- *Profondità di scarica (DoD)* - si riferisce alla quantità di capacità della batteria che è stata utilizzata. È espresso come percentuale della piena capacità di energia della batteria. Operare la batteria con maggiori DoD riduce la durata della vita utile della batteria.
- *Efficienza di andata e ritorno* - indica la quantità di energia utilizzabile che può essere scaricata da un sistema di accumulo rispetto alla quantità di energia che è stata immessa. Questo tiene conto dell'energia persa durante ogni ciclo di carica e scarica. I valori tipici vanno dal 60% al 95%;

- *Tempo di risposta* - tempo necessario a un sistema di storage per passare dalla modalità standby all'output completo. Questo criterio di prestazione è un indicatore importante della flessibilità dello storage come risorsa di rete rispetto alle alternative. La maggior parte dei sistemi di storage ha un tempo di risposta rapido, in genere inferiore a un minuto;
- *Ritenzione di energia o perdite in standby* - il tempo di ritenzione di energia è la quantità di tempo in cui un sistema di accumulo mantiene la sua carica. Il concetto di ritenzione di energia è importante a causa della tendenza di alcuni tipi di accumuli ad autoscaricarsi o a dissipare energia mentre l'accumulo non è in uso;
- *Sicurezza* - la sicurezza è correlata sia all'elettricità che ai materiali e ai processi specifici coinvolti nei sistemi di stoccaggio. Le sostanze chimiche e le reazioni utilizzate nelle batterie possono porre problemi di sicurezza o di incendio.

#### 4.2. CLASSIFICAZIONE DI UN BESS PER TIPOLOGIA DI BATTERIA

I BESS utilizzano soluzioni elettrochimiche, una delle risorse più utilizzate nel mercato sono le batterie agli ioni di litio. Di seguito sono riportate le principali tipologie di accumulo elettrochimico e le corrispondenti caratteristiche:

- **Ioni di litio (Li-ion):** le batterie agli ioni di litio si caratterizzano per un'elevata densità di potenza e di energia, rendendole molto adatte al trasporto. La densità energetica è di 75-250 Wh/kg, mentre la densità di potenza è circa 150-315 W/kg, l'efficienza è pari a 85-95 %, e la vita della batteria varia tra i 5 e 15 anni.
- **Al piombo (Pb-Acid):** sono batterie per un round trip efficiency moderato e un basso costo. La densità energetica è di circa 30-50 Wh/kg mentre la densità di potenza è di 75-300 W/kg. L'efficienza varia fra 70-80 %, e la vita della batteria è di 5-15 anni. La vita della batteria e i costi della stessa la rendono comparabile alla batteria agli ioni di litio e le sue applicazioni.
- **Sodio-zolfo (NaS):** sono batterie che funzionano ad alta temperatura, in cui gli elettrodi si trovano in stato liquido ed isolati da un separatore ceramico che svolge le funzioni di elettrolita. La densità energetica delle batterie varia fra 150 e 240 Wh/kg, mentre la densità di potenza è circa 150-230 W/kg.
- **Sodio/Cloruro di Nichel (NaNiCl<sub>2</sub>):** appartengono alla famiglia delle batterie ad alta temperatura. Il separatore ceramico permette il passaggio ionico solo per temperature prossime ai 260 °. A differenza delle batterie allo Sodio-zolfo, le batterie sodio/cloruro di Nichel presentano una maggiore sicurezza in caso di rottura del separatore ceramico.
- **Nichel cadmio** le batterie al nichel-cadmio presentano una reazione parassita la quale porta a una autoscarica relativamente alta. La densità energetica delle batterie è di circa 50-75 Wh/kg mentre la densità di potenza è di 150-300 W/kg.

L'efficienza di andata e ritorno in questo caso è di 70% e la vita utile della batteria oscilla tra 10 e 20 anni.

- Redox a circolazione di elettrolita di vanadio (VRB)** le batterie a circolazione di elettrolita possono accumulare energia elettrica utilizzando soluzioni acquose. La cella è costituita da una membrana di scambio ionico, dagli elettrodi e dalle piastre bipolari. Le soluzioni di elettrolita negativo e positivo sono stoccate in serbatoi, e le soluzioni circolano grazie al funzionamento delle pompe. Le soluzioni di elettrolita si interfacciano nella cella attraverso una membrana. La particolarità della batteria a circolazione è il disaccoppiamento fra potenza ed energia. La potenza erogata/assorbita dipende dalla quantità di elettrolita che prende parte della reazione, e pertanto, della superficie della membrana e la velocità delle pompe. Mentre la capacità dell'accumulo dipende dalla quantità di elettrolita totale (capacità dei serbatoi). La densità energetica delle batterie varia dai 10 ai 35 Wh/kg, e la densità di potenza varia dai 100 ai 166 W/kg. L'efficienza (round trip efficiency) è pari a 65-85%.

Di seguito una tabella riassuntiva che riporta le principali caratteristiche tecniche delle batterie elettriche:

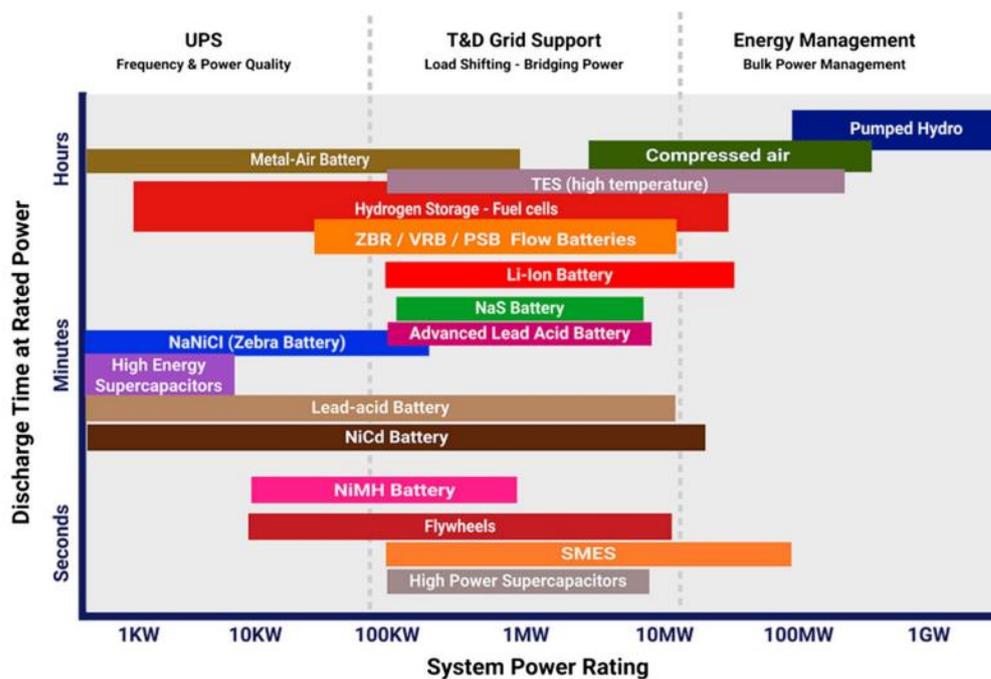
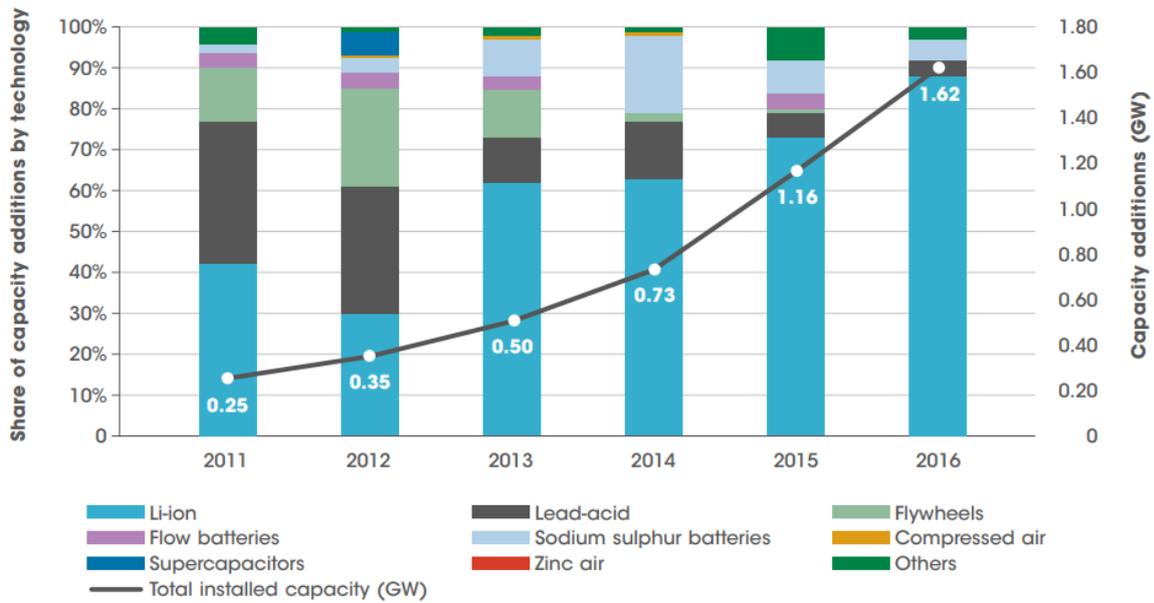


Figura 3 – Comparazione delle caratteristiche delle batterie elettriche (Fonte: Battery Technologies for Grid-Level Large-Scale Electrical Energy Storage)

Le batterie agli ioni di litio hanno dominato nelle installazioni degli impianti di accumulo a grande scala. La crescita dell'utilizzo delle batterie agli ioni di litio nel settore dell'elettronica e i veicoli elettrici ha permesso un continuo miglioramento della tecnologia oltreché la riduzione del costo della stessa.



**Note:** GW = gigawatt

**Source:** IEA (2018); Sandia Corporation (2018)

*Figura 4 – Evoluzione della capacità installata delle tecnologie di accumulo di energia (Fonte: IEA)*



*Figura 5 – Costi delle tecnologie di storage applicate in diverse modalità (Fonte: IEA)*

Le caratteristiche tecniche (alta efficienza energetica, durata della vita utile, rapida risposta, installazione flessibile, alta densità energetica) e il costo delle batterie agli ioni di litio le rendono una tecnologia adatta per applicazioni a grande scala (utility-scale) sia in configurazioni "stand-alone" o integrati con impianti eolici o fotovoltaici. Le batterie agli ioni di litio offrono un range di applicazioni molto ampio sia in energia che in potenza.

Technologia	Densità energetica (Wh/kg)	Densità potenza (W/kg)	Round trip efficiency (%)	Vita utile (anni)
Li-on	200	150-315	95	5-20
Pb-Acid	30-50	75-300	65-80	5-15
NaS	150-240	150-230	75-90	10-15
NaniCl <sub>2</sub>	120	150	85-95	10-14
Ni-Cd	90-80	150-300	70	13-20
VRFB	10-20	166	80	10-20

Tabella 1 – Tabella riassuntiva delle caratteristiche tecniche delle batterie elettrochimiche

Per ultimo, le batterie agli ioni di litio hanno raggiunto un livello di maturità tecnologica elevata, con un TRL 8-9.

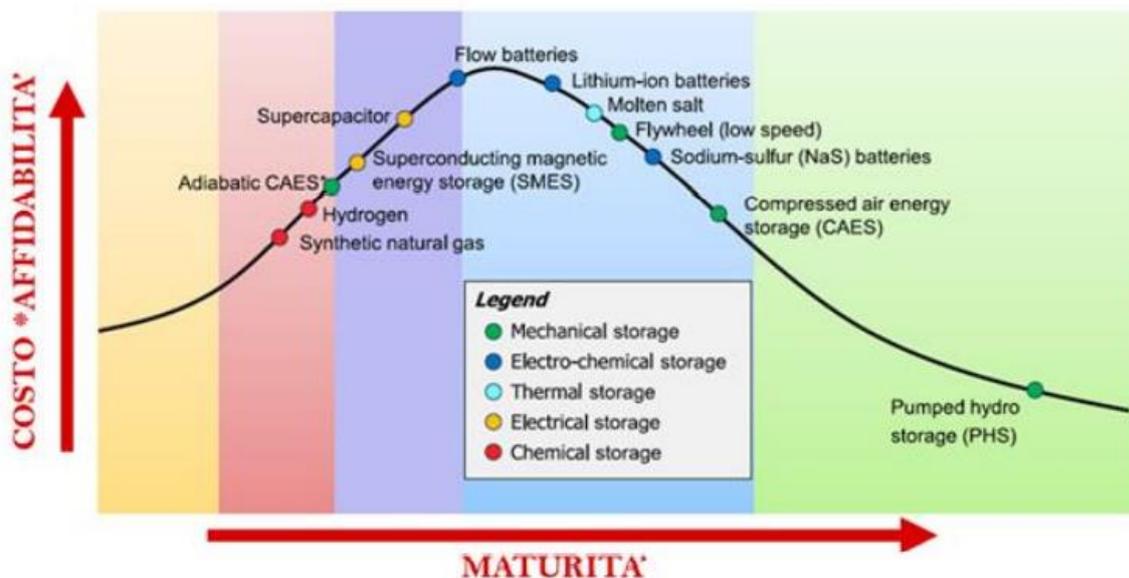


Tabella 2 – Comparazione di sistemi di accumulo per costo/affidabilità e maturità tecnologica (Fonte: Classificazione dei sistemi di accumulo in base all'applicazione ed al contesto – Rapporto Tecnico di Ricerca Industriale – D1.3)

#### 4.3. COMPONENTI DEL SISTEMA DI ACCUMULO AGLI IONI DI LITIO

Il sistema di accumulo elettrochimico basato nella tecnologia agli ioni di litio comprende componenti hardware e di software. I principali componenti sono descritti di seguito:

- *Sistema di batterie*, che contiene singole celle della batteria che convertono l'energia chimica in energia elettrica. Le celle sono disposte in moduli che, a loro volta, formano pacchi di batteria o rack; le celle sono composte dai seguenti elementi:
  - o Anodo: costituito da materiali di carbonio depositati su un collettore di rame (Cu). In questo caso l'anodo è costituito di grafene.

- Catodo: solitamente costituito da una miscela di materiali depositati su un collettore di alluminio. La miscela è costituita da un materiale attivo (nel nostro caso fosfato misto di litio), un legante polimerico (PVDF) e un riempitivo conduttivo.
  - Separatore: un isolante dal punto di vista elettrico integrato nella cella fra il catodo e l'anodo. La sua funzione principale è di prevedere un percorso per il trasporto degli ioni ed il cortocircuito fra anodo e catodo.
  - Elettrolita: è costituito da un sale di litio disciolto in un solvente organico o in una loro miscela.
- Sistema BMS (Battery Management System), il quale garantisce la sicurezza del sistema di batterie. Il BMS è un microcontrollore che assicura la corretta gestione del pacco di batterie. Il sistema BMS dispone di una serie di funzioni base e obbligatori per ogni modelli in commercio. Inoltre si possono aggiungere delle funzioni avanzate. Per la sua corretta gestione un pacco di batterie richiede:
- La determinazione dello SOC (stato della carica) complessivo;
  - La ricarica in sicurezza delle celle;
  - L'equalizzazione del pacco;
  - Il mantenimento del sistema nelle condizioni di lavoro raccomandate dal progettista (V,I,T);
  - L'interruzione di corrente in caso di malfunzionamento o condizione operativa non gestibile in modo corretto;
  - Lo scambio di informazioni con l'esterno;
  - L'avviso di pericolo se una cella è in c.c.
- Sistema HVAC (Sistema di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria), il quale ha lo scopo di prevenire il guasto dovuto alle condizioni ambientali ove si trovano le batterie e mantiene la temperatura e l'umidità all'interno del container alle condizioni ottimali di esercizio delle celle di batteria indicati dai fornitori. Inoltre, gli stessi moduli sono progettati per garantire una ventilazione passiva ed attiva.
- Sistema PCS (Power Conversion System) inverter o un sistema di conversione di potenza che converte la corrente continua (DC) prodotta dalle batterie in corrente alternata (AC) fornita alle strutture. I sistemi di accumulo dell'energia a batteria dispongono di inverter bidirezionali che consentono sia la carica che la scarica.

#### **4.4. VANTAGGI DEI SISTEMI DI ACCUMULO**

I sistemi di accumulo possono offrire dei servizi molto diversi dipendendo delle richieste e le esigenze delle diverse applicazioni. Alcuni servizi richiedono un'erogazione di potenza molto elevata in tempi brevi (secondi o qualche minuto), mentre altri richiedono un'erogazioni di energia durante ore. La velocità di risposta può variare molto. Di seguito si riportano le principali applicazioni dei sistemi di accumulo:

##### ***Time-Shift energetico***

Per time-shift di energia si intende lo spostamento dell'energia nel tempo, in quanto il sistema di accumulo può assorbire energia in fase di carica e rilasciare la stessa

in un periodo differente durante la fase di scarica. Tale spostamento viene incentivato dai prezzi dell'energia i quali fluttuano durante il giorno. Per cui, lo storage può sfruttare la differenza di prezzo, caricando durante le ore di basso prezzo e scaricando durante le ore in cui il prezzo è alto. Inoltre, il time shift, può aiutare allo spianamento del prezzo durante i picchi di domanda elettrica (peak shaving).

### ***Servizi di supporto alle congestioni di rete***

I sistemi di accumulo possono offrire dei servizi alla rete quando si produce una congestione della stessa in periodi di elevata produzione, ad esempio da fonti rinnovabili in zone dove la domanda è bassa o dove la rete è debole. Il sistema di accumulo evita la congestione sulle linee elettriche e permette di differire nel tempo l'investimento nell'ampliamento della rete.

### ***Controllo della frequenza***

I sistemi di accumulo a batteria possono regolare la frequenza nella rete, assicurandosi che il suo valore rientri nell'intervallo richiesto. Se la quantità di potenza generata non è d'accordo con la domanda di elettricità effettiva, la frequenza può superare o scendere al di sotto del suo valore nominale. Tali discrepanze possono causare disconnessioni temporanee, interruzioni di corrente o blackout. I BESS possono reagire immediatamente alle interruzioni di corrente, fornendo una risposta in frequenza inferiore al secondo e stabilizzare la rete. Allo stesso modo, un BESS può garantire la stabilità della tensione, mantenendo il suo livello all'interno dell'intervallo specificato.

Inoltre alla regolazione della frequenza primaria, il sistema di accumulo può ristabilire la frequenza al valore nominale attraverso il sistema di Regolazione Secondaria. Tale servizio è remunerato nel Mercato Servizio Dispacciamento.

Finalmente, il sistema di accumulo può dare servizi nella Regolazione Terziaria, la quale avviene dopo la Regolazione Primaria e Secondaria.

### ***Servizi di Riserva***

I sistemi di accumulo possono essere integrati come riserva del sistema elettrico da utilizzare per il soddisfacimento del fabbisogno di riserva del sistema elettrico diventando una risorsa molto efficiente per i servizi di riserva.

### ***Supporto alla tensione***

I sistemi di accumulo possono essere un supporto alla tensione nei vari punti della rete assicurando la sua stabilità. La tensione è controllata tramite la regolazione primaria e secondaria di tensione tramite le quali i generatori connessi supportano la tensione attraverso la riserva reattiva. I sistemi di accumulo distribuiti nella rete consentirebbero di ottimizzare la regolazione della tensione in quanto eviterebbero il trasporto di potenza reattiva riducendo così le perdite nel sistema.

### **Funzionalità Black-Start**

Un BESS può sostituire un generatore diesel o a gas naturale utilizzato nelle centrali elettriche per ripristinare la produzione di energia dopo i blackout sfruttando le sue capacità di black-start. In base allo stoccaggio della batteria, i sistemi di alimentazione possono riavviarsi dopo un arresto totale senza utilizzare reti elettriche esterne. Il rapido tempo di risposta di un BESS aiuta i sistemi a recuperare nel più breve tempo possibile.

### **Integrazione Energie Rinnovabili**

Il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità e di sicurezza del sistema elettrico accelera l'evoluzione del sistema elettrico presentando nuove sfide come l'integrazione e gestione delle energie da fonte rinnovabili, l'efficienza energetica, la digitalizzazione delle reti e i sistemi di storage.

I sistemi di accumulo hanno un ruolo importante nella transizione energetica, in particolare nello sfruttamento della generazione da fonti rinnovabili. I sistemi di accumulo possono compensare le fluttuazioni della produzione intermittente degli impianti fotovoltaici e eolici, riducendo gli oneri di sbilanciamento e rendendo i profili di produzione programmabili.

In particolare per gli impianti eolici il sistema di accumulo può evitare i tagli alla produzione durante i picchi di produzione dell'impianto durante i quali la rete non è in grado di assorbire l'intera potenza. Finalmente, il sistema di accumulo potrebbe permettere agli impianti eolici e fotovoltaici di fornire servizi di regolazione remunerati.

## **5. ESERCIZIO DEL SISTEMA BESS**

I sistemi di accumulo sono essenziali per la transizione verso un sistema elettrico in cui la produzione di energia rinnovabile predomini e sia integrata. Il ruolo dei sistemi BESS è di immagazzinare l'elettricità e renderla disponibile durante le ore di maggiore necessità aiutando a bilanciare l'offerta e la domanda e contribuendo alla stabilità della rete elettrica.

Di seguito si riportano le principali applicazioni del sistema BESS connesso alla rete elettrica:

- Immissione/immagazzinamento dell'energia elettrica
- Servizi aux (e.g regolazione di frequenza) e supporto alla rete
- Gestione della congestione della rete
- Sistema di difesa di Terna
- Power quality e back-up
- Load shifting

Nel caso della gestione delle congestioni di rete ad esempio, il sistema in oggetto è caratterizzato da un elevato rapporto tra energia accumulata e potenza installata, così da diminuire la congestione di rete durante le ore di eccessiva generazione solare rispetto alla capacità di trasporto della rete. Contrariamente, nel caso in cui il sistema ha come scopo quello di incrementare la sicurezza di gestione della rete elettrica, il sistema di

accumulo eroga una elevata potenza in tempi brevi, per la quale non si richiede una grande capacità di accumulo ma rapidi tempi di risposta.

Il sistema di accumulo (BESS), oltre ad essere una delle tecnologie chiave per la rete intelligente, un'altra funzione fondamentale che ricopre è quella dello spostamento del carico o load shifting, in cui il sistema, assistendo l'operatore di rete nella gestione dei periodi di overgeneration, trasla nel tempo la produzione e il consumo di energia elettrica. Lo scopo infatti, è quello di assorbire l'energia in eccesso rispetto alla domanda durante le ore di alta generazione di energia rinnovabile e di rilasciarla invece nei momenti di alto carico. Le prestazioni di spostamento del carico BESS sono determinate dalla disponibilità di curve di carico accurate e relativi algoritmi di ottimizzazione.

Le batterie del sistema di accumulo in oggetto si ricaricano durante le ore di overgeneration della rete elettrica o dell'impianto agrivoltaico e si scaricano durante le ore in cui ci sono picchi di domanda o per compensare l'intermittenza dell'impianto agrivoltaico.

Inoltre, il sistema BESS può offrire servizi al gestore della rete elettrica. Il sistema BESS in progetto presenta attualmente una potenza nominale di 12 MW ed una capacità massima 48 MWh. In questa fase di progettazione abbiamo ipotizzato un tempo di carica e scarica di circa 4 ore (0.2C), rimandando alla fase esecutiva di progettazione ad un'analisi più approfondita circa la potenza installabile, le tempistiche di funzionamento e di utilizzo del sistema BESS.

### 5.1. CARATTERISTICHE DEL SISTEMA BESS

Un sistema di accumulo a batterie permette di trasformare l'energia chimica in energia elettrica. Questo fenomeno avviene nelle celle elettrochimiche che sono in grado di generare un valore di tensione e corrente continua. Le celle poi, possono essere combinate in serie e/o parallelo tra di loro per ottenere un accumulatore di dimensioni maggiori, chiamato batteria. Oltre alla batteria, il sistema di accumulo elettrochimico comprende un sistema di gestione e monitoraggio, un sistema ausiliario (pompe, sistemi di ventilazione e/o climatizzazione) e un convertitore elettronico nel caso il sistema debba essere interfacciato verso la rete elettrica.

Le principali caratteristiche del sistema di accumulo sono la modularità e la flessibilità. Altresì, è un sistema capace di rispondere alle variazioni di carico veloci e può lavorare in applicazioni "ibride", sia in scenari che richiedono autonomie di poche ore che in scenari in cui si richiede l'erogazione di picchi di potenza. La tecnologia BESS dell'impianto di accumulo presenta un SOC (State Of Charge) della carica variabile dal 5% fino al 95% ed un RTE (Round Trip Efficiency o rendimento del sistema) di circa l'95%.

Dati	
Energia [MWh]	2
SOC [%]	5   95
RTE [%]	95
Tempo di (s)carica [ore]	4
N. di Battery Container	24

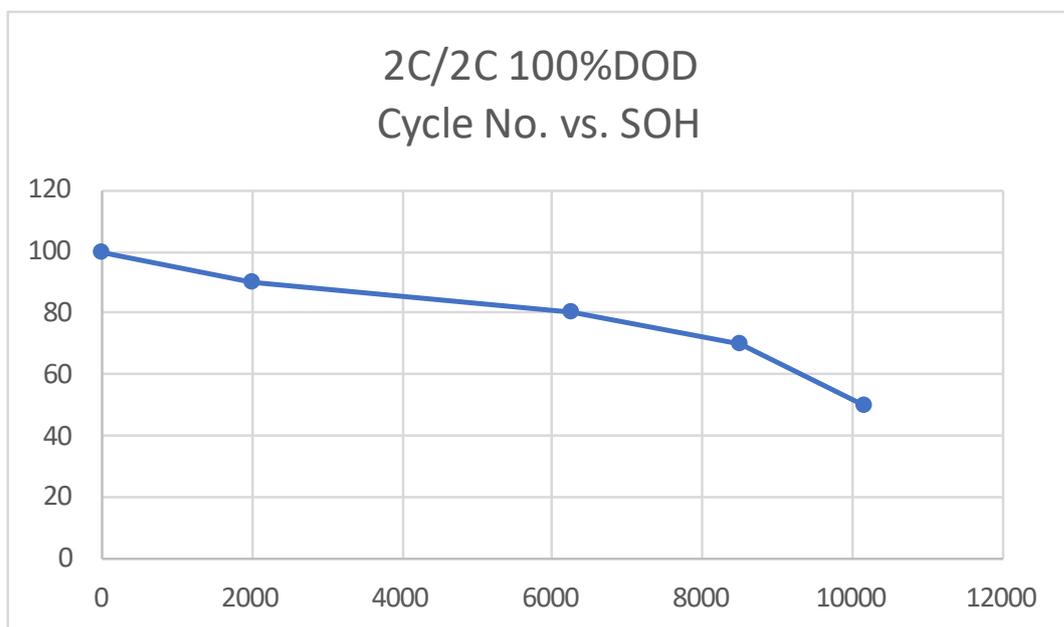
*Tabella 3 - Caratteristiche tecniche delle celle*

La capacità di immagazzinamento/immissione dell'energia elettrica da parte delle batterie del sistema diminuisce all'aumentare del numero di cicli di carica/scarica durante il

periodo di funzionamento. La vita utile dell'impianto in progetto è di circa 20 anni. Considerando un ciclo di carica/scarica dell'energia al giorno, si ottengono nell'arco di tempo considerato circa 7300. Di seguito è rappresentato un grafico in cui si riporta lo stato d'invecchiamento delle batterie rispetto al numero di cicli totali. Si nota che in corrispondenza di 7300 cicli nei 20 anni di funzionamento del sistema BESS, una riduzione di capacità d'immagazzinamento/immissione di energia da parte delle batterie.

State of health (SOH)		
Cicli	Cap. Retention [%]	Declino al anno [%]
0	100	0
2000	90	1.83
6250	80	0.86
8500	70	1.62
10150	50	4.42

Tabella 4 – Evoluzione dello State of Health delle batterie durante la vita utile



## 5.2. SCAMBIO DI ENERGIA ELETTRICA

Come specificato in precedenza, si ipotizza in questa fase che l'impianto di accumulo opererà realizzando un prelievo giornaliero di energia dalla rete/impianto agrivoltaico in 4 ore (carica) con lo stesso tempo per l'immissione di energia sempre verso la rete. Inoltre, le perdite di potenza dell'intero sistema BESS, definite in precedenza attraverso il Round Trip Efficiency, sono pari a circa il 5%.

Per valutare nella maniera più realistica possibile lo scambio energetico previsto con la rete, è necessario anche considerare un fermo di impianto per manutenzione, stimato in 3 giorni l'anno.

Tenendo in conto i parametri suddetti, si stima che l'energia prelevata dalla rete o dall'impianto fotovoltaico durante i 20 anni di funzionamento dell'impianto è pari a circa 285 GWh e di circa 271 GWh di energia immessa in rete. Di seguito è riportata la tabella riepilogativa con i dati di energia immessa e prelevata dalla rete nel tempo di vita utile dell'impianto.

Anni di funzionamento	Cicli cumulativi	Capacità nominale delle batterie [MWh]	Capacità di accumulo delle batterie [MWh]	Energia prelevata dalla rete tenendo conto delle perdite [MWh/giorno]	Energia immessa in rete tenendo conto delle perdite [MWh/giorno]	Energia prelevata dalla rete/anno [GWh/anno]	Energia immessa in rete/anno [GWh/anno]	Energia prelevata dalla rete con fermo impianto/anno [GWh/anno]	Energia immessa in rete con fermo impianto/anno [GWh/anno]
1	0	48,00	43,20	44,31	42,12	16,17	15,37	16,04	15,25
2	365	47,12	42,41	43,50	41,35	15,88	15,09	15,75	14,97
3	730	46,26	41,64	42,71	40,60	15,59	14,82	15,46	14,70
4	1095	45,42	40,88	41,93	39,86	15,30	14,55	15,18	14,43
5	1460	44,59	40,13	41,16	39,13	15,02	14,28	14,90	14,16
6	1825	44,21	39,79	40,81	38,79	14,89	14,16	14,77	14,04
7	2190	43,83	39,45	40,46	38,46	14,77	14,04	14,65	13,92
8	2555	43,45	39,11	40,11	38,13	14,64	13,92	14,52	13,80
9	2920	43,08	38,77	39,76	37,80	14,51	13,80	14,39	13,68
10	3285	42,71	38,44	39,42	37,48	14,39	13,68	14,27	13,57
11	3650	42,34	38,11	39,08	37,15	14,27	13,56	14,15	13,45
12	4015	41,98	37,78	38,75	36,84	14,14	13,45	14,03	13,33
13	4380	41,62	37,46	38,42	36,52	14,02	13,33	13,91	13,22
14	4745	41,26	37,13	38,09	36,21	13,90	13,22	13,79	13,11
15	5110	40,91	36,82	37,76	35,89	13,78	13,10	13,67	12,99
16	5475	40,55	36,50	37,43	35,59	13,66	12,99	13,55	12,88
17	5840	40,21	36,19	37,11	35,28	13,55	12,88	13,44	12,77
18	6205	39,85	35,60	36,51	34,71	13,33	12,67	13,22	12,56
19	6570	38,91	35,02	35,92	34,15	13,11	12,46	13,00	12,36
20	6935	38,28	34,45	35,34	33,59	12,90	12,26	12,79	12,16
<b>TOTALE</b>								<b>285</b>	<b>271</b>

*Tabella 5 – Energia prelevata e immessa in rete del sistema di batterie nel tempo di vita utile dell'impianto*

## 6. SISTEMA DI SICUREZZA DEL SISTEMA BESS

I sistemi di batterie elettrochimiche prevedono un sistema di prevenzione di guasto e di incendio. Essi possono essere diversi dipendendo dal fornitore. In seguito si riportano diverse tipologie di protezione delle celle per la prevenzione di guasto ed incendio.

### 6.1. PROTEZIONE PASSIVA

Un primo esempio di protezione passiva risiede nella scelta dei materiali con cui viene realizzata la cella (catodo, elettrolita ed anodo). In tal senso, la letteratura tecnica mostra come le celle che presentano il catodo a Litio-Ferro-Fosfato (LFP) siano le più performanti da un punto di vista della sicurezza da incendio in quanto presentano una maggiore stabilità termica e chimica, garantendo un range di temperature più elevato. Si è già accennato, inoltre, all'importanza della corretta costruzione del pacco batteria.

In particolare, va fatta attenzione che le seguenti operazioni siano possibili:

- Deve essere adatto al montaggio delle celle;
- Deve permettere di rendere accessibile ogni cella ad un sistema di misura della sua tensione e temperatura;
- Deve permettere l'eventuale passaggio dei collegamenti elettrici con i sensori se questi sono esterni al contenitore, in ogni caso deve essere compatibile con il sistema di gestione delle batterie;
- Deve permettere la gestione termica delle celle;
- Deve garantire la sicurezza elettrica del sistema;
- Deve essere trasportabile;
- Deve rispettare le normative di sicurezza vigenti;

- Poter contenere l'ingresso di sostanze che possono danneggiare le batterie;
- Poter garantire una sicurezza passiva in caso di venting (i.e. rilascio dei gas), esplosione o incendio di una cella, ovvero permettere alle sostanze di fuoriuscire senza problemi in caso di venting;
- L'insieme contenitore/elettronica di controllo e sistemi di gestione termica (esempio, ventole) dovrebbe essere ottimizzato in modo da facilitarne il montaggio e l'interfacciamento;
- La costruzione del pacco dovrebbe essere ottimizzata anche come assemblaggio dei singoli moduli.

**Il sistema di accumulo in progetto prevede tutte le protezioni passive appena illustrate.** Inoltre, si prevede la protezione contro le scariche atmosferiche realizzate nel rispetto delle relative norme tecniche.

## **6.2. PROTEZIONE ATTIVA**

- Systema BMS (Battery Management System):

Il BMS è un microcontrollore che assicura la corretta gestione del pacco di batterie. Il sistema BMS dispone di una serie di funzioni base e obbligatori per ogni modello in commercio. Per la sua corretta gestione un pacco batterie richiede:

- o La determinazione dello SOC (stato della carica) complessivo;
- o La ricarica in sicurezza delle celle;
- o L'equalizzazione del pacco;
- o Il mantenimento del sistema nelle condizioni di lavoro raccomandate dal progettista (V,I,T);
- o L'interruzione di corrente in caso di malfunzionamento o condizione operativa non gestibile in modo corretto;
- o Lo scambio di informazioni con l'esterno;
- o L'avviso di pericolo se una cella è in c.c.

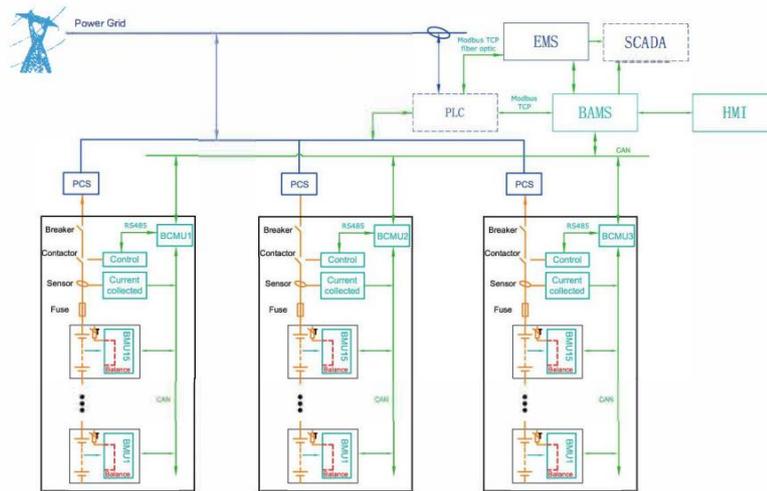
Il sistema BMS del sistema di progetto controlla e monitora sia i moduli, i rack che l'intero sistema BESS. Il sistema BMS include tutte le funzionalità per la prevenzione attiva. Il sistema BESS prevede un sistema di comunicazione che gestisce l'informazione dei multipli Battery Management Module (microcontrollore per ogni modulo). Il sistema monitora e controlla le string di batterie, e comunica con il centro di controllo dell'impianto di accumulo.

Inoltre, detto sistema determina lo status di allarme e sicurezza, monitora lo stato dei servizi ausiliari, il sistema HVAC, e lo status del sistema di mitigazione di incendio.

## BMS

### BMS Function

1. Battery working condition Monitoring
2. State of Charge (SOC) estimation
3. State of Health (SOH) estimation
4. Discharge Control
5. Thermal Management
6. Fault Diagnosis Alarm
7. Information Monitor
8. Balance
9. Protection



- HVAC (Sistema di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria)
  - o Altresì, il container di batterie prevede l'integrazione di un sistema di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria all'interno del container. Il sistema ha lo scopo di prevenire il guasto dovuto alle condizioni ambientali in cui si trovano le batterie e mantiene la temperatura e l'umidità all'interno del container alle condizioni ottimali di esercizio delle celle di batteria indicati dai fornitori. Inoltre, gli stessi rack e i moduli sono progettati per garantire la ventilazione passiva ed attiva.
- Altre misure di prevenzione di incendio:
  - o Test: sono realizzati test al livello della cella e dei moduli per caratterizzare il comportamento delle celle in una situazione di abuso termico ed elettrico.
  - o UN 3480 Batterie al litio. Il trasporto delle batterie è conforme alla norma 3480, prevedendo qualsiasi abuso meccanico. I container hanno la certificazione UN 38.3 che è obbligatoria per trasportare in sicurezza le batterie in qualsiasi modalità di trasporto: via aerea, via nave o via terra, sia in ambito nazionale che internazionale, e per evitare sanzioni o fermi doganali, ed assicurare che non ci siano pericoli durante il trasporto. L'UN38.3 è il test che certifica l'idoneità delle batterie a qualsiasi tipo di trasporto, in quanto conferma che le batterie hanno superato tutti i test selettivi che richiede la norma. Inoltre, il personale in carico con le operazioni di trasporto avranno una formazione specifica corrispondente la norma UN38.3.
  - o Distanza di separazione per prevenire la propagazione in caso di incendio.

- Pianificazione dell'emergenza e addestramento è necessario secondo la norma NFPA 855. Sarà redatto un piano di emergenza e sessioni di addestramento da fornire a lavoratori ed operatori dell'emergenza in modo che possano consapevolmente affrontare i rischi intrinseci del sistema BESS.
- Non sono necessari per i container sistemi di contenimenti dei liquidi per l'estero.

### **6.3. SISTEMA DI PREVENZIONE ANTINCENDIO**

Oltre al sistema di monitoraggio e controllo di operazione del container si prevede un sistema di rivelazione e segnalazione di incendio.

L'impianto di rivelazione e segnalazione di incendio ha la funzione di rilevare automaticamente un principio di incendio e segnalarlo nel minor tempo possibile, permette altresì la segnalazione manuale tramite appositi pulsanti. Il segnale di allarme incendio è trasmesso ad una centralina di controllo che attiva i segnalatori ottico/acustici installati nell'ambito dell'attività e lo trasmette tramite una linea HDSL alla centrale di comando e controllo remota. Scopo del sistema è pertanto:

- favorire il tempestivo esodo del personale tecnico eventualmente presente nell'ambito dell'attività;
- segnalare il principio di incendio alla centrale remota di controllo di modo che si possano attivare le procedure di intervento antincendio.

I sistemi automatici di controllo o estinzione dell'incendio si annoverano quelli che basano il sistema a saturazione di ambiente tramite immissione di gas inerte, in caso di rilevazione di gas e di calore attivati, risulta idoneo in quanto il mezzo estinguente utilizzato non conterrà HFC o sostanze tossiche ed evita la formazione di atmosfere pericolose in quanto riduce sensibilmente la concentrazione di ossigeno. Si sottolinea nuovamente che, fatto salvo quanto sopra, i container saranno certificati secondo la UL9540A "Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation", che garantisce e dimostra che il thermal runaway che dovesse avviarsi in una cella non si propaga alle celle vicine.

L'impianto di accumulo è attività soggetta al Certificato di Prevenzione Incendi. Tuttavia le BESS come batterie non hanno un codice di appartenenza specifico nel DPR 151/2011. Ad oggi ogni comando VV.F lo ha attribuito ai seguenti codici: codice 48.2.C (Centrali termoelettriche) o al codice 48.1.B (Macchine elettriche fisse con presenza di liquidi isolanti combustibili superiori ad 1 mc). Sarà pertanto cura della società proponente richiedere l'esame del progetto prima della realizzazione dello stesso.

## **7. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO BESS**

### **7.1. CONNESSIONI ELETTRICHE**

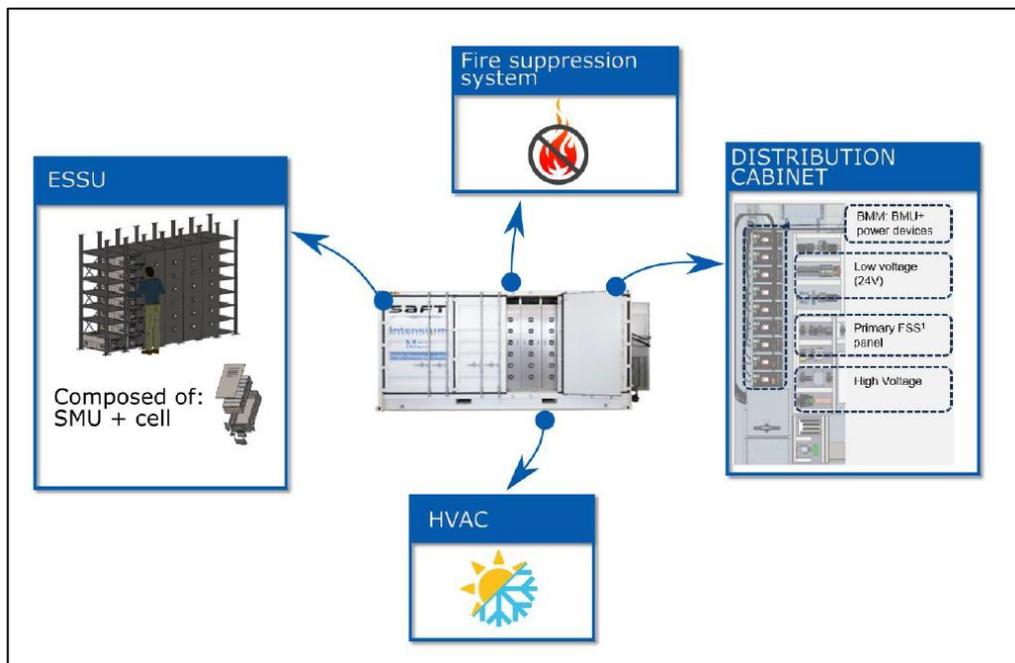
I collegamenti in continua (lato cc) in bassa tensione (BT) tra i BC e i rispettivi inverter nelle cabine PCS, avverranno prevalentemente con cavi direttamente interrati. All'interno

della cabina di trasformazione, la BT sarà trasformata in Media Tensione (MT) a 30 kV, mediante un trasformatore trifase, del tipo Dyn11, isolato in resina, della potenza nominale di 5000 kVA. I quadri in MT in uscita delle PCS di ognuno dei tre gruppi, saranno collegati ad anello tra di loro mediante cavidotti direttamente interrati in MT a 30 kV, ed infine con i quadri MT all'interno della cabina di raccolta, dalla quale poi, un cavidotto interrato costituito da n.3 terne di cavi unipolari in MT, di sezione pari a 500 mmq, trasporterà l'energia complessiva prodotta dall'impianto BESS (e generata dall'impianto agrivoltaico) fino alla Stazione Utente.

Tutte le connessioni elettriche fra i diversi sistemi che costituiscono l'impianto BESS, verranno realizzate mediante cavi opportunamente dimensionati, aventi sezioni nominali tali da garantire una bassa caduta di tensione e conseguentemente una bassa perdita di potenza.

## **7.2. BATTERY CONTAINERS (BC)**

Il container di batterie è costituito da celle elettrochimiche disposte all'interno dei moduli, i quali sono a loro volta suddivisi in rack (armadi metallici). Ogni modulo dispone di un'unità di gestione e controllo che comunica con il sistema BMS del sistema BESS. Inoltre, il sistema di accumulo è dotato di unità di protezione e di un sistema di rilevazione antincendio e spegnimento automatico in caso si sviluppi un incendio nelle batterie. Nella figura seguente sono riportati i principali dispositivi ubicati all'interno del container:



*Figura 6 – Componenti del battery container*

L'energia elettrica immagazzinata dalle batterie proveniente dall'impianto agrivoltaico e/o dalla rete verrà poi immessa nella rete elettrica, in periodi di tempo diversi ed opportuni, migliorando anche le forme d'onda di tensione e corrente. I BC in generale possono ospitare al loro interno batterie con tecnologie costruttive diverse, viste in precedenza, per le quali si hanno determinate specifiche tecniche che ne designano gli usi e influiscono sull'efficienza d'immagazzinamento dell'energia della batteria stessa.

Per il seguente progetto saranno installati n.24 Battery Containers che dal punto di vista dei collegamenti elettrici, verranno suddivisi in n.3 gruppi collegati alla rispettiva PCS:

Battery Container	Cabina di trasformazione inverter
BC1-A	CTI-1
BC1-B	
BC1-C	
BC1-D	
BC2-A	
BC2-B	
BC2-C	
BC2-D	
BC3-A	CTI-2
BC3-B	
BC3-C	
BC3-D	
BC4-A	
BC4-B	
BC4-C	
BC4-D	
BC5-A	CTI-3
BC5-B	
BC5-C	
BC5-D	
BC6-A	
BC6-B	
BC6-C	
BC6-D	

Le caratteristiche tecniche più rilevanti di un BC sono riportate nella tabella riassuntiva successiva:

Main Characteristics	Intensium® Max 20 High Energy 1500V LFP
Number of strings (ESSUs) per IHE container	5
Number of modules per ESSU	24
Cell type	Lithium Iron Phosphate (LFP)
Minimum Voltage (0% SOC, OCV)	1040 Vdc
Nominal Voltage (50% SOC, OCV)	1230 Vdc
Maximum Voltage (100% SOC, OCV)	1400 Vdc
Maximum Voltage range	960 – 1460 Vdc
Rated BoL Energy (DC) based on cell energy at C/5	2.3 MWh
Rated BoL Energy (DC) based on cell energy at C/2	2.2 MWh
Nominal DC Power in charge or discharge	1.1 MW
Max DC Power in charge or discharge	2.2 MW
DC-DC Roundtrip Efficiency at BoL	> 95%
Operating Temperature Range	-25°C to +55°C
Storage Temperature Range	-25°C to +55°C
Dimensions (L x W x H) <sup>Note 1</sup>	(6.1 x 2.4 x 2.9) m (19.9 x 8.0 x 9.5) ft
Ingress Protection (IP) Rating	IP54
20-foot Container Weight (kg)	< 30,400
Communication protocol	Modbus TCP (MESA standard compliant)

Note 1: Dimensions do not include the HVAC. With the HVAC, the length is increased by 0.7 m.

Di seguito, la tipologia di Battery Container utilizzato in questa fase di progettazione:



*Figura 7 – Tipologia di Battery Container da installare nell'impianto*

Nella tavola allegata TCN-PLN-IE-14 sono riportate le dimensioni in pianta della cabina e i prospetti e sezioni.

### 7.3. CABINA DI TRASFORMAZIONE-INVERTER (PCS)

All'interno dell'area d'impianto verranno installate n.3 sistemi di trasformazione-inverter o Power Conversion System (PCS), necessarie per la conversione dell'energia elettrica prodotta dal sistema di batterie, da continua in alternata trifase a 50 Hz in MT a 30 kV. In ciascuna cabina saranno previsti, in questa fase, n.2 inverter statici centralizzati, con elevato fattore di rendimento e aventi funzionalità in grado di sostenere la tensione di rete e contribuire alla regolazione dei relativi parametri. La tipologia di PCS utilizzata sarà la HEMK GEN3-MV TWINSKID GEN3 della Power Electronics, con n.2 inverter, modello FREEMAQ PCSK 630V da 2.005 Kva ciascuno.

In particolare, l'inverter, oltre a convertire l'energia da continua in alternata, riesce a costruire onde sinusoidali di corrente e tensione in uscita con tecnica PWM (Pulse With Modulation), in modo tale da regolare sia l'ampiezza che la frequenza della tensione e della corrente, mantenendole anche costanti nel tempo, così da contenere l'ampiezza delle armoniche entro i valori stabiliti dalle norme. Inoltre possiede la capacità di regolare e compensare la potenza reattiva richiesta dalla rete in determinati momenti della giornata. Ciascun inverter è munito di un display che indica la temperatura di lavoro, l'energia accumulata/immessa dal sistema, la potenza istantanea immessa/prelevata dalla rete MT. L'inverter è predisposto per un sistema di monitoraggio locale relativo al funzionamento dell'inverter stesso e per evidenziare mancate produzioni a livello delle QPS.

Di seguito, le specifiche tecniche dell'inverter:

		FRAME 2	FRAME 3	FRAME 4
REFERENCES		FP2005K	FP3005K	FP4010K
AC	AC Output Power (kVA/kW) @40°C <sup>[1]</sup>	2005	3005	4010
	AC Output Power (kVA/kW) @50°C <sup>[1]</sup>	1860	2790	3720
	Max. AC Output Current (A) @40°C	1837	2756	3674
	Operating Grid Voltage (VAC)	630V ±10%		
	Operating Grid Frequency (Hz)	50/60Hz		
	Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% per IEEE519		
	Power Factor (cosine phi) <sup>[2]</sup>	0.5 leading ... 0.5 lagging		
	Reactive Power Compensation	Four quadrant operation		
DC	DC Voltage Range <sup>[3]</sup>	891V - 1500V		
	Maximum DC Voltage	1500V		
	DC Voltage Ripple	< 3%		
	Max. DC Continuous Current (A)	2295	3443	4590
Battery Technology	All type of batteries (BMS required)			
EFFICIENCY	Efficiency (Max) (η) (preliminary)	98.76%	98.79%	98.85%
	Euroeta (η) (preliminary)	98.39%	98.42%	98.59%
CABINET	Dimensions [WxDxH] (ft)	9.8 x 6.5 x 7.2		
	Dimensions [WxDxH] (m)	3.0 x 2.0 x 2.2		
	Weight (lbs)	11465	11795	12125
	Weight (kg)	5200	5350	5500
	Type of Ventilation	Forced air cooling		
ENVIRONMENT	Degree of Protection	NEMA 3R / IP55		
	Permissible Ambient Temperature	-35°C to +60°C, >50°C / Active power derating		
	Relative Humidity	4% to 100% non-condensing		
	Max. Altitude (above sea level)	2000m / >2000m power derating (Max. 4000m)		

<b>CONTROL INTERFACE</b>	Communication Protocol	Modbus TCP
	Power Plant Controller	Optional. Third party SCADA systems supported.
	Keyed ON/OFF Switch	Standard
<b>PROTECTIONS</b>	Ground Fault Protection	Insulation monitoring device
	Humidity Control	Active heating
	General AC Protection & Disconn.	Circuit breaker
	General DC Protection & Disconn.	DC switch-disconnectors <sup>[4]</sup>
	Overvoltage Protection	Type 2 protection for AC and DC (optionally, Type 1+2)
<b>CERTIFICATIONS &amp; STANDARDS</b>	Safety	UL 1741 / CSA 22.2 No.107.1-16 / IEC 62109-1 / IEC 62109-2
	Utility Interconnect <sup>[5]</sup>	IEEE 1547:2018 / UL 1741 SB/ IEC 62116:2014

Gli inverter verranno collegati elettricamente al trasformatore di potenza BT/MT, trifase isolato in resina, di potenza nominale pari a 5.000 kVA, posizionato nel vano centrale della cabina elettrica, attraverso il quale la tensione verrà innalzata fino a 30 kV.

All'interno della PCS saranno installati anche quadri in BT per il collegamento con le cabine BC ed il quadro in MT switchgear, per il collegamento tra le cabine PCS ed il relativo quadro elettrico all'interno della cabina di raccolta.

Le dimensioni minime della cabina inverter sono pari a circa 3,0x2,0x2,2 m. In fase di installazione, l'altezza potrà essere regolata in maniera tale da mantenere una distanza opportuna dal suolo per evitare che la pioggia o i ristagni d'acqua possano penetrare all'interno della cabina e recare danni ai componenti elettrici ed elettronici al suo interno.

In Figura 8 è raffigurata la PCS utilizzata in questa fase di progetto e le caratteristiche tecniche dell'inverter:



*Figura 8 – Tipologia di cabina di trasformazione-inverter da installare nell'impianto*

Questa soluzione, adatta all'installazione all'aperto, rappresenta una configurazione inverter-trasformatore del tipo compatta, ad alta densità di potenza, flessibile e configurabile per soddisfare le esigenze di progetto. Il trasformatore di potenza MT/BT, gli inverter e gli altri componenti elettrici sono posizionati su un solido e stabile telaio in acciaio. Sia gli inverter, i quadri elettrici ed il trasformatore possono avere accesso

immediato ed il particolare design ne facilita la manutenzione e gli eventuali lavori di riparazione. Inoltre all'interno della cabina sono installati sistemi di protezione elettronici per il controllo dei vari dispositivi, erogazione di potenza reattiva e controllo dell'iniezione di potenza attiva. Le connessioni elettriche tra l'inverter e il trasformatore sono completamente protette dai contatti diretti.

Inoltre i gruppi di conversione saranno dotati di un sistema integrato di contenimento dell'olio il quale è costituito da una vasca di raccolta avente dimensioni in pianta pari a quelle del locale dove si alloggia lo stesso trasformatore.

Nella tavola allegata TCN-PLN-IE-15 sono riportate le dimensioni in pianta della cabina e i prospetti e sezioni.

#### 7.4. COMPATIBILITÀ BC-INVERTER

Nella tabella successiva sono riepilogate le principali caratteristiche tecniche delle batterie e dell'inverter centralizzato, mostrando la compatibilità nella scelta delle soluzioni adottate nella progettazione.

COMPATIBILITA' BATTERY CONTAINER - INVERTER						
Battery container	V_min [V]	V_nom [V]	V_Max_range [V]	I_out [A]	Potenza DC [kW]	
	1040	1230	960 1460	406,5	500	
Inverter	V_in [V]	I_in [A]	V_out [V]	I_out [A]	Pot_min_in [kW]	Pot_out [kW]
	891 1500	2295	630	1837	2045	2005

Tabella 6 – Compatibilità BC-Inverter

#### 7.5. AUXILIARY CONTAINER

Per l'impianto BESS in oggetto sarà installato un container per l'alimentazione dei servizi ausiliari e conterrà al suo interno un trasformatore BT/MT di potenza minima pari a 100 kV, isolato in resina, del tipo DYn11, il quale preleverà la tensione necessaria ad alimentare i servizi ausiliari direttamente dalla rete. Verranno inoltre installati i quadri in MT a 30 kV del tipo MT Switchgear 36 kV, isolati ad SF6, per la distribuzione secondaria, e quadri in BT a 230 V. All'interno verrà posizionata una postazione di controllo con pc, monitor, ups, rack, ecc... da utilizzare da personale specializzato. L'alimentazione dei sistemi elettrici di cabina avverrà mediante un cavidotto interrato in BT proveniente dal quadro elettrico in BT della CDR dell'impianto agrivoltaico. Le dimensioni del container sono pari a circa 12,0x3,0x3,0 m. Si rimanda alla tavola allegata TCN-PLN-IE-16 che descrive la planimetria e i prospetti della cabina.

### 8. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI ELETTRICI

Nel seguente paragrafo verrà descritto il dimensionamento dei cavi elettrici utilizzati nel progetto per la realizzazione del sistema BESS. In particolare verranno considerati i collegamenti in bassa tensione in corrente continua ed in media tensione a 30 kV.

- Connessioni in BT in c.c.:

saranno realizzate con cavi in BT, interrati in appositi scavi, per il collegamento elettrico tra ciascun container batterie (BC) ed i rispettivi quadri all'interno delle cabine di trasformazione-inverter PCS;

- Connessioni in MT:

- ad anello tra le cabine di trasformazione-inverter (PCS) ed i quadri MT in cabina di raccolta, mediante cavi direttamente interrati;
- la cabina di raccolta ed il relativo quadro MT della Stazione di trasformazione Utente MT/AT.

Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà essere scelta una diversa tipologia di cavi elettrici. Tale sostituzione avverrà con componenti di pari prestazioni.

### **8.1. CAVI ELETTRICI IN CORRENTE CONTINUA**

I cavi utilizzati per la connessione tra le batterie elettriche in corrente continua ed il quadro BT all'interno del container trasformazione-inverter, saranno del tipo FG16R16 0,6/1 kV (o simili), in posa direttamente interrata (o eventualmente in tubi) ad una profondità minima compresa tra 60÷90 cm, dipendente dal numero di cavi posati sullo stesso strato di scavo. Si rimanda per maggior dettaglio alla tavola allegata TCN-PLN-IE-09.

Tali cavi dovranno inoltre rispettare le seguenti caratteristiche tecniche:

- tensione massima compatibile con quella del sistema elettrico;
- il dimensionamento dei cavi elettrici sarà dettato dall'esigenza di limitare la caduta di tensione e, quindi, le perdite di potenza sul lato corrente continua ed alternata. Ai sensi della guida CEI 82-25, si deve limitare la caduta di tensione sul lato corrente continua sotto al 2%;
- saranno adatti per posa esterna e direttamente interrata (resistenza all'acqua, al gelo, al calore e agli agenti chimici, resistività agli urti).

I percorsi dei cavi saranno progettati in maniera tale da ottimizzare la lunghezza delle connessioni, minimizzare le perdite di potenza e dunque ridurre la spesa economica. Il dimensionamento dei cavi verrà eseguito affinché i cavi siano percorsi da un valore di corrente tale da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti, quest'ultimi sottoposti agli effetti termici dovuti al passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati ed in condizioni ordinarie di esercizio. Inoltre, la sezione scelta del conduttore deve essere tale da garantire che in ogni punto del sistema non venga superata la massima caduta di tensione consentita.

#### **8.1.1. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO IN BT IN CC**

I n.24 Battery Container dell'impianto saranno connessi elettricamente ai rispettivi quadri elettrici in BT all'interno dei n.3 PCS, mediante cavi in BT, per alimentare gli inverter centralizzati.

Considerando che ciascun BC ha una potenza di circa 500 kW, alla tensione nominale di circa 1.230 V, la corrente totale prodotta dalle batterie interne di un BC assumerà in tal caso un valore di circa 406,5 A in corrente continua. Ripartendo il valore della corrente su n.2 cavi di sezione pari a 240 mmq ciascuno, del tipo FG16R16 0,6/1 KV, si ottiene così un valore della corrente d'impiego su ogni cavo pari a circa 203,3 A.

Nella seguente tabella riepilogativa, si riportano i calcoli del dimensionamento elettrico dei cavi in BT nei quali si è considerata una profondità media d'interramento di circa 80 cm, un valore di temperatura pari a 25 °C, una distanza tra le terne dei cavi di 7 cm ed un valore della resistenza termica del terreno pari a 1 °Cm/W:

Connessione in dc tra le cabine trasformazione-inverter ed i Battery Container															
Battery Container	Cabina di trasformazione inverter	N° Inverter per cabina	Lunghezza connessione [m]	N° cavi per BC	Numero di cavi per scavo	Tensione [V]	Corrente max per cavo [A]	Sezione cavi [mmq]	R [Ohm/km]	Portata iniziale [A]	K	Portata finale [A]	c.d.t. [V]	c.d.t. [%]	ΔP parziale [kW]
BC1-A	CTI-1	1	14	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,31	0,02	0,37
BC1-B		1	8,5	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,19	0,02	0,22
BC1-C		1	11	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,24	0,02	0,29
BC1-D		1	17	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,37	0,03	0,45
BC2-A		2	14	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,31	0,02	0,37
BC2-B		2	8,5	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,19	0,02	0,22
BC2-C		2	11	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,24	0,02	0,29
BC2-D		2	17	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,37	0,03	0,45
BC3-A	CTI-2	3	14	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,31	0,02	0,37
BC3-B		3	8,5	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,19	0,02	0,22
BC3-C		3	11	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,24	0,02	0,29
BC3-D		3	17	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,37	0,03	0,45
BC4-A		4	14	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,31	0,02	0,37
BC4-B		4	8,5	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,19	0,02	0,22
BC4-C		4	11	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,24	0,02	0,29
BC4-D		4	17	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,37	0,03	0,45
BC5-A	CTI-3	5	14	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,31	0,02	0,37
BC5-B		5	8,5	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,19	0,02	0,22
BC5-C		5	11	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,24	0,02	0,29
BC5-D		5	17	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,37	0,03	0,45
BC6-A		6	14	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,31	0,02	0,37
BC6-B		6	8,5	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,19	0,02	0,22
BC6-C		6	11	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,24	0,02	0,29
BC6-D		6	17	2	4	1230	203,3	240	0,16	550	0,67	367,3	0,37	0,03	0,45

*Tabella 7 – Dimensionamento cavi in ac di collegamento tra inverter e quadri BT*

Considerando che la portata del generico cavo  $I_z$  (intesa come la massima intensità di corrente elettrica che può attraversare un cavo permanentemente ed in modo stabile in determinate condizioni di posa e di esercizio, senza che la temperatura superi quella sopportabile dall'isolante) deve essere maggiore o uguale alla corrente di impiego del circuito elettrico, pari a circa 203,3 A, la seguente condizione è verificata:

$$I_z \geq I_b$$

dove

- $I_z$  è la portata in regime permanente della conduttura (funzione del tipo di cavo scelto)
- $I_b$  è la corrente d'impiego

Per la protezione dal sovraccarico, i cavi sono stati scelti con una portata maggiore rispetto alla massima corrente che li può interessare nelle condizioni più severe.

## 8.2. CAVI ELETTRICI IN MEDIA TENSIONE A 30 KV

La scelta della sezione del conduttore dei cavi MT dipende dalla corrente d'impiego e dalla portata effettiva del cavo in relazione al suo regime di funzionamento (regime permanente, ciclico o transitorio) ed alle sue condizioni di installazione (temperatura ambientale, modalità di posa, numero di cavi e loro raggruppamento, etc) (CEI 11-17).

I collegamenti in MT saranno realizzati in conformità allo schema elettrico unifilare mediante cavi con tensione d'isolamento 18/36 KV con conduttore in alluminio ad isolamento solido.

### 8.2.1. CARATTERISTICHE DEL CAVO IN MT

Il cavo utilizzato in MT per la connessione tra:

- le cabine di trasformazione-inverter con la cabina di raccolta CDR, ad anello;

sarà del tipo ARE4H5(AR)EX (o similari) tripolare, cordato ad elica visibile, con conduttore in alluminio, del tipo "air-bag", e disposto a trifoglio negli scavi.

Queste tipologie di cavi possiedono un sistema di protezione, situato al di sotto della guaina esterna, che garantisce una elevata protezione meccanica, assorbendo gli urti e riducendo il rischio di deformazioni o danneggiamenti degli strati sensibili sottostanti, come l'isolante o lo schermo metallico. Questo sistema fa sì che il cavo possa essere posato direttamente nel terreno senza l'utilizzo di una protezione meccanica esterna.

In Figura 9 sono visibili sia la sezione che le caratteristiche tecniche del cavo MT utilizzato nei collegamenti elettrici dell'impianto BESS.



MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION	
<b>ARE4H5(AR)EX AIR BAG™ COMPACT</b>	
Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV Triplex 12/20 kV and 18/30 kV	
<p><b>Norma di riferimento</b> HD 620/IEC 60502-2</p> <p><b>Descrizione del cavo</b>  <b>Anima</b> Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio  <b>Semiconduttivo interno</b> Mescola estrusa  <b>Isolante</b> Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)  <b>Semiconduttivo esterno</b> Mescola estrusa  <b>Rivestimento protettivo</b> Nastro semiconduttore igroespandente  <b>Schermatura</b> Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (Rmax 3Ω/Km)  <b>Protezione meccanica</b> Materiale Polimerico (Air Bag)  <b>Guaina</b> Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)  <b>Marcatura</b> PRYSMIAN (**) ARE4H5(AR)EX &lt;tensione&gt; &lt;sezione&gt; &lt;fase 1/2/3&gt; &lt;anno&gt;</p>	<p><b>Standard</b> HD 620/IEC 60502-2</p> <p><b>Cable design</b>  <b>Core</b> Compact stranded aluminium conductor  <b>Inner semi-conducting layer</b> Extruded compound  <b>Insulation</b> Cross-linked polyethylene compound (type DIX 8)  <b>Outer semi-conducting layer</b> Extruded compound  <b>Protective layer</b> Semiconductive watertight tape  <b>Screen</b> Aluminium tape longitudinally applied (Rmax 3Ω/Km)  <b>Mechanical protection</b> Polymeric material (Air Bag)  <b>Sheath</b> Polyethylene: red colour (DMP 2 type)  <b>Marking</b> PRYSMIAN (**) ARE4H5(AR)EX &lt;rated voltage&gt; &lt;cross-section&gt; &lt;phase 1/2/3&gt; &lt;year&gt;</p>

Figura 9 – Sezione del cavo in MT – 30 kV - ARE4H5(AR)EX

### **8.2.2. DETERMINAZIONE DELLE SEZIONI DEI CAVI IN MT**

L'energia prodotta da ciascun container di batterie, dopo essere stata convertita in alternata nei convertitori statici di potenza andrà ad alimentare il proprio trasformatore trifase posizionato all'interno della stazione di trasformazione-inverter. Quest'ultimo eleverà la tensione fino a 30 kV in alternata e permettendone così il collegamento alla rete elettrica. Tutti i collegamenti elettrici in MT avverranno in cavidotti direttamente interrati e per il dimensionamento dei cavi è previsto il posizionamento nello scavo ad una profondità minima di 1,2 m dal livello di superficie.

Il criterio per la scelta della sezione dei conduttori è quello della massima caduta di tensione (c.d.t.) consentita, con la condizione che la massima densità di corrente ( e quindi la massima sovratemperatura rispetto all' ambiente) non superi i valori ritenuti di sicurezza. Per quanto riguarda il collegamento ad anello tra le cabine elettriche, il calcolo della sezione dei conduttori è stata effettuata in modo tale che in nessun punto della linea venisse superata la massima c.d.t. fissata. Il dimensionamento dei cavi è stato effettuato nel seguente modo: fissato un valore della c.d.t. massima ammissibile per fase, si determinano i valori delle correnti "attive" e "reattive" delle correnti d'impiego prodotte dai tre gruppi, si considerano poi le linee di collegamento caricate con le sole componenti reattive, calcolando il valore della c.d.t. massima reattiva (ipotizzando un valore di reattanza induttiva del cavo). Utilizzando successivamente le sole componenti attive delle correnti, si definisce il valore della massima c.d.t. disponibile come differenza tra la c.d.t. massima iniziale e la c.d.t. massima "reattiva". A questo punto si può calcolare il valore della sezione del cavo, fissando un valore di resistività termica del conduttore. La sezione utilizzata nella progettazione sarà quella commerciale del cavo maggiore di quella calcolata.

La scelta della sezione del conduttore, in modo tale che non venga superata la massima caduta di tensione consentita nel sistema, si avvale della seguente formula:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_{cavo} \cdot (R_l \cos\varphi + X_l \sin\varphi)$$

dove:

$\Delta V$  è la caduta di tensione [V];

$L$ , la lunghezza della linea [km];

$I_{cavo}$  è la corrente di impiego [A];

$\cos\varphi$ : fattore di potenza;

$R_l$ , è il valore di resistenza del cavo elettrico [ $\Omega$ /km];

$X_l$ , è il valore della reattanza del cavo elettrico [ $\Omega$ /km].

In valore percentuale la caduta di tensione (cdt%) è stata calcolata come:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_N} \cdot 100$$

dove  $V_N$  è pari a 30 kV.

Fissato un valore di  $\Delta V\%$  allo 0,02% massimo, si evince dai calcoli la correttezza della scelta della sezione del cavo utilizzato.

Sarà infine effettuata la verifica termica, calcolando la portata reale del cavo scelto, verificando che questa sia maggiore della corrente massima trasportata dalla linea elettrica. La formula per il calcolo della portata è la seguente:

$$I_z = I_0 \cdot K_T \cdot K_p \cdot K_R \cdot K_D$$

dove:

$I_0$  è il valore della portata definita dalle tabelle della norma CEI EN 35027, corrispondente a specificate condizioni di posa interrata;

$K_D$  è il coefficiente correttivo che tiene conto dell'effettiva condizione di posa;

$K_T$  rappresenta il coefficiente di correzione relativo alla temperatura del terreno;

$K_R$  è il coefficiente di correzione per valori di resistività termica del terreno [Km/W];

$K_p$  è il coefficiente di correzione per valori di profondità di posa;

Il valore finale della portata del cavo, tenuto conto delle varie condizioni di posa, questo deve essere superiore o al più uguale alla corrente di impiego calcolata nel circuito elettrico.

Il valore della generica corrente d'impiego dell'impianto FV ( $I_{IMP}$ ) è stata calcolata mediante la seguente formula:

$$I_{IMP} (A) = \frac{P_N (MW)}{\sqrt{3} \times V_N (kV) \times \cos(\varphi)}$$

dove:

- $P_N$  è la potenza nominale del sottocampo
- $V_N$  è la corrispondente tensione nominale di 30 [kV]
- $\cos(\varphi)$  che corrisponde al fattore di carico, pari a 0,9.

Il valore di corrente determinato dalla formula verrà utilizzato nei calcoli successivi per determinare le sezioni commerciali dei cavi, le cadute di tensione e potenza dei vari tratti di collegamento.

### **8.2.3. DIMENSIONAMENTO AD ANELLO DEL CAVO IN MT TRA LE CABINE DI TRASFORMAZIONE-INVERTER E LA CABINA DI RACCOLTA**

Nella tabella sottostante vengono riportati i calcoli relativi al dimensionamento del cavo in MT e le rispettive cadute di tensione e potenza lungo i tratti di connessione ad anello tra le cabine di trasformazione-inverter (PCS) e la cabina di raccolta (CDR).

COLLEGAMENTO AD ANELLO TRA LE CABINE ELETTRICHE IN MT											
Gruppo 1			Gruppo 2			Gruppo 3					
Ib1	I-att.	I-reatt.	Ib1	I-att.	I-reatt.	Ib1	I-att.	I-reatt.			
77,0	69,3	33,10	77,0	69,3	33,10	77,0	69,3	33,10			
c.d.t. max [V]	c.d.t. max [%]	c.d.t. r. [V]	c.d.t. a. [V]	Xl [Ω/km]	ρ-All [mmq·Ω/m]	R [Ω/km]	Lunghezza cavo tra CDR-PCS1 [m]	Lunghezza cavo tra PCS1-PCS2 [m]	Lunghezza cavo tra PCS2-PCS3 [m]	Lunghezza cavo tra PCS3-CDR [m]	
2,6	0,02	0,47	2,13	0,122	0,036	0,211	100	25	25	50	
Iz0	Kd	Kt-20°C	Kr	Kp-1,2 [m]	K_tot	Iz	Sezione calcolata del cavo in MT [mmq]	Sezione commerciale del cavo in MT [mmq]			
320	0,74	1	1	0,98	0,73	232,1	135,3	<b>185</b>			

*Tabella 8 – Dimensionamento del cavo in MT di collegamento tra le cabine elettriche*

Dalla tabella si evince che la sezione del cavo scelto è pari a 185 mmq.

## 9. SISTEMI DI PROTEZIONE E COLLEGAMENTO ALLA RETE

### 9.1. CORRENTI DI CORTO CIRCUITO DELL'IMPIANTO BESS

Il valore del contributo alla corrente di guasto dovuta al sistema di generazione in progetto, in caso ad esempio di cortocircuito trifase, è da attribuirsi unicamente al ponte di conversione cc/ac degli inverter. Tenuto conto della risposta tipica di questa tipologia di macchine ai corto circuiti esterni nonché della limitazione offerta dall'impedenza equivalente in serie del trasformatore, oltre al fatto che il generatore BESS ha una corrente di cortocircuito pari a qualche percento (6%) in più della corrente massima di funzionamento, il contributo al guasto in rete da assegnare all'impianto è, di fatto, trascurabile (paragonabile infatti alla corrente nominale di funzionamento immessa in rete).

### 9.2. PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

I cavi in corrente continua dell'sistema di accumulo sono stati scelti con una portata maggiore della massima corrente che li può interessare nelle condizioni più severe, cioè:

$$I_z \geq 1,25 \cdot I_{sc}$$

perciò non occorre proteggere i cavi contro il sovraccarico. Le seguenti indicazioni sono di massima e verranno definite in fase di progetto esecutivo in accordo con i fornitori.

Per quanto riguarda la protezione dal corto circuito, i cavi del sistema di accumulo possono essere interessati da una corrente di corto circuito in caso di:

- Guasto a terra nel sistema con punto a terra;
- Doppio guasto a terra nei sistemi isolati da terra.

Nella parte di circuito a valle degli inverter, la protezione dalle sovracorrenti è assicurata dall'interruttore magnetotermico o dai fusibili. Questi ultimi dovranno avere una tensione nominale in c.c. maggiore della massima tensione del BC. Il fusibile ha lo scopo di proteggere il cavo dal cortocircuito intervenendo in maniera tale da limitare l'energia specifica passante ad un valore sopportabile dal cavo stesso, per un tempo limitato.

I fusibili verranno scelti in base alla seguente condizione:

$$I_b < I_n < 0,9 \cdot I_z$$

in cui,  $I_b$  è il valore di corrente che percorre i cavi e  $I_z$  è la portata del conduttore.

Nel circuito in corrente alternata in bassa tensione, la protezione dal corto circuito è assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter stesso. Potrà essere previsto un ulteriore interruttore MT posto a valle del trasformatore bt/MT, in cabina utente che agisce da rinalzo all'azione del dispositivo di protezione interno all'inverter. I cavi in MT a 30 kV di connessione tra i gruppi di cabine di trasformazione bt/MT con il rispettivo quadro in MT in cabina di raccolta, avranno una portata superiore alla massima corrente che il trasformatore è in grado di fornire. Tali cavi dunque, non sono soggetti a sovraccarico. E' previsto un quadro in MT di interruzione e sezionamento a valle di ciascun trasformatore BT/MT.

### **9.3. PROTEZIONE DA CONTATTI ACCIDENTALI IN C.C.**

Le tensioni continue sono particolarmente pericolose per la vita. Il contatto accidentale con una tensione superiore ai 400 V in c.c., (nel nostro caso è superiore a 768 V), può avere conseguenze anche gravi. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantita dalla presenza del trasformatore BT/MT. In tal modo, perché un contatto accidentale sia realmente pericoloso, occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità.

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

### **9.4. COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA E MARCATURA CE**

Tutte le apparecchiature dovranno essere progettate e costruite in ottemperanza a quanto prescritto dalla Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", in termini di sicurezza e di esposizione umana ai campi elettromagnetici.

Le apparecchiature elettriche ed elettroniche (in particolare i relè di protezione ed i dispositivi multifunzione a microprocessore), gli apparecchi e i sottosistemi dovranno essere conformi ai requisiti delle Direttive Europee n. 89/336/CEE "Direttiva EMC" e successive modifiche ed in accordo alla direttiva n° 93/68/CEE nonché a quanto prescritto dalla Norma CEI 210. Tutti i componenti, apparecchi, sottosistemi e sistemi dovranno avere marcatura "CE" e dovranno essere in accordo alle prescrizioni contenute nelle Norme di riferimento. In particolare per i sistemi di controllo e protezione, ed in generale per gli impianti ausiliari, sarà adottato un adeguato sistema di protezione, per ridurre la penetrazione del campo magnetico nelle apparecchiature e realizzare l'equipotenzialità elettrica fra ciascun apparecchio e l'impianto di terra. Dovranno essere tenuti in considerazione ulteriori e più specifici criteri di installazione desunti dalle norme di riferimento.

### **9.5. IMPIANTO DI TERRA**

L'impianto di terra sarà progettato e realizzato secondo la normativa vigente a valle della comunicazione della corrente di guasto fornita dal distributore di energia elettrica. Esso verrà realizzato all'interno del campo, per ragioni di equipotenzialità e sarà unico sia per la bassa che per la media tensione.

L'impianto di terra sarà progettato tenendo conto anche delle caratteristiche elettriche del terreno e del tempo di intervento delle protezioni per guasto a terra, nel rispetto delle normative CEI e antinfortunistiche e tale da soddisfare le seguenti prescrizioni:

- avere sufficiente resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- essere in grado di sopportare, da un punto di vista termico, le più elevate correnti di guasto prevedibili;
- evitare danni a elementi elettrici ed ai beni;
- garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sugli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto a terra.

Il dispersore intenzionale avrà una struttura orizzontale e verrà realizzato da uno o più anelli con nastro in acciaio zincato a caldo di dimensioni minime 30x30 mm, collegati tra loro (anello di terra primario), ai quali saranno collegati i pali d'infissione delle strutture porta modulo che diventeranno dispersori di fatto. Ugualmente saranno collegati all'anello di terra primario:

- la rete di recinzione, il cancello d'ingresso e i ferri di fondazione;
- l'anello di terra di ogni struttura metallica;
- l'anello di terra delle cabine e battery containers.

Per il dimensionamento dei conduttori di protezione si rimanda alla progettazione esecutiva, in questa fase possiamo affermare con buona approssimazione che le sezioni dei PE sono pari alla metà della rispettiva sezione di fase.

## **10. SISTEMI DI MISURA DELL'ENERGIA PRODOTTA ED IMMESA IN RETE**

Nell'impianto saranno previste apparecchiature di misura necessarie alla contabilizzazione dell'energia prodotta, scambiata con la rete e assorbita dai servizi ausiliari. In particolare le misure dell'energia saranno attuate in modo indipendente:

- sistema di misura dell'energia prodotta dall'impianto BESS, posizionato in uscita dagli inverter (contatore di energia prodotta);
- misure per la contabilizzazione della energia immessa e prelevata dalla rete;
- misure UTF destinate alla contabilizzazione della energia utilizzata in.

## **11. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE, VIDEOSORVEGLIANZA E ANTINTRUSIONE**

Verranno installate delle lampade e un sistema di videosorveglianza perimetrale dell' area BESS, integrati a quello dell' impianto agrivoltaico. Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà essere scelta una diversa tipologia di sistemi d'illuminazione e/o videosorveglianza e/o antintrusione. Tale sostituzione avverrà con componenti di pari prestazioni.

## **12. SISTEMI DI PROTEZIONE LATO BT ED MT**

### **12.1. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE: GENERALE, D' INTERFACCIA E DI GENERATORE**

I dispositivi di protezione sono delle apparecchiature impiegate per proteggere un circuito elettrico (in questo caso l'impianto BESS) contro le sovracorrenti, ossia, da correnti di valore superiore alla portata del circuito. Le sovracorrenti possono essere causate sia da un sovraccarico e sia da un corto circuito in uno o più punti dell'impianto elettrico. Nel primo caso, la corrente che attraversa il circuito elettrico è di poco superiore alla portata e il circuito stesso è elettricamente sano; nel secondo caso invece, la corrente ha un valore molto elevato perché è stata prodotta da un guasto a bassa impedenza. Come già precedentemente accennato, la protezione generale e di interfaccia con la rete, saranno realizzati in conformità a quanto previsto dalle norme CEI 11-20 e CEI 0-16. Eventuali modifiche del sistema di connessione, protezione e regolazione saranno concordate in fase di progettazione esecutiva.

L'sistema di accumulo (BESS) avrà:

- un dispositivo del generatore: ogni inverter è protetto in uscita da un interruttore automatico con sganciatore di apertura collegato al pannello del dispositivo di interfaccia, in modo da agire di rincalzo al dispositivo di interfaccia stesso. L'inverter è anche dotato di dispositivi contro le sovratensioni generate in condizioni anomale lato c.c.;
- un dispositivo di interfaccia o DDI, il cui scopo è quello di assicurare il distacco del sistema dalla rete per guasti o funzionamenti anomali della rete pubblica, o per apertura intenzionale del dispositivo della rete pubblica (es. manutenzione). Sarà assicurato l'intervento coordinato del dispositivo di interfaccia con quelli del generatore e della rete pubblica, per guasti o funzionamenti anomali durante il funzionamento in parallelo con la rete. La protezione di interfaccia, agendo sull'omonimo dispositivo, sconnette l'impianto di produzione dalla rete TERNA evitando che:
  - in caso di mancanza dell'alimentazione TERNA, il Cliente Produttore possa alimentare la rete TERNA stessa;
  - in caso di guasto sulla rete TERNA, il Cliente Produttore possa continuare ad alimentare il guasto stesso inficiando l'efficacia delle richiuse automatiche, ovvero che l'impianto di produzione possa alimentare i guasti sulla rete TERNA prolungandone il tempo di estinzione e pregiudicando l'eliminazione del guasto stesso con possibili conseguenze sulla sicurezza;
  - in caso di richiuse automatiche o manuali di interruttori TERNA, il generatore possa trovarsi in discordanza di fase con la rete TERNA con possibilità di rotture meccaniche

Le protezioni di interfaccia sono costituite da relè di massima e minima frequenza (81), relè di massima (59) e minima tensione (27), relè di massima tensione omopolare (59Vo), e sono inserite in un pannello polivalente conforme alla norma CEI 11-20.

Per la sicurezza dell'esercizio della rete di Trasmissione Nazionale è prevista la realizzazione di un rinalzo alla mancata apertura del dispositivo d'interfaccia.

Il rinalzo consiste nel riportare il comando di scatto, emesso dalla protezione di interfaccia, ad un altro organo di manovra. Esso è costituito da un circuito a lancio di tensione, condizionato dalla posizione di chiuso del dispositivo di interfaccia, con temporizzazione ritardata a 0.5 s, che agirà sul dispositivo di protezione lato MT del trasformatore di utenza. Il temporizzatore sarà attivato dal circuito di scatto della protezione di interfaccia. In caso di mancata apertura di uno degli stalli di produzione il Dispositivo di Interfaccia comanda l'apertura del Dispositivo Generale che distacca l'sistema di accumulo (BESS) dalla rete di TERNA, contestualmente a questa situazione tutti i Servizi Ausiliari rimangono alimentati dall'UPS.

- un dispositivo generale o DG, che ha la funzione di salvaguardare il funzionamento della rete nei confronti di guasti nel sistema di generazione elettrica e deve assicurare le funzioni di sezionamento, comando e interruzione. Esso è costituito da un interruttore in SF6 con sganciatore di apertura e sezionatore, predisposto per essere controllato da una protezione generale, composta dai seguenti relè:
  - sovraccarico  $I >$ , 51;
  - cortocircuito polifase (ritardata),  $I >>$ , 51;
  - cortocircuito polifase (istantanea),  $I >>>$ , 50;
  - guasto monofase a terra  $I_{o>}$  (51N);
  - doppio guasto monofase a terra,  $I_{o>>}$ , 50N;
  - direzionale di guasto a terra per neutro compensato 67NC o neutro isolato 67NI.

### **13. OPERE CIVILI**

Le superfici interessate del sistema di accumulo verranno inizialmente trattate mediante l'asportazione del terreno vegetale affinché si ottenga un piano di posa quanto più regolare possibile e si prevenga il ristagno delle acque piovane.

Successivamente si effettueranno gli scavi delle platee di fondazione dei container di batterie, le cabine trasformazione-inverter (PCS) e i locali tecnici dopo aver opportunamente delineato l'area con tracciamenti. La platea sarà dimensionata dipendendo dalla tecnologia scelta per l'impianto di accumulo e le caratteristiche del terreno previamente analizzate.

Inoltre, è prevista l'installazione di una riserva idrica interrata come punto di rifornimento idrico per i VVF con un attacco adatto (DN 70). La capacità della riserva idrica è progettata secondo le indicazioni del fornitore di riferimento il quale prevede una riserva idrica da 120 mc in caso di un incendio critico.

### **14. OPERE DI DISMISSIONE**

La rimozione dei materiali, macchinari, attrezzature e quant'altro presente nel terreno seguirà una tempistica dettata dalla tipologia del materiale da rimuovere e, più

precisamente, dall'eventualità in cui detti materiali potranno essere riutilizzati oppure conferiti a smaltimento e/o recupero. Quindi si procederà prima alla eliminazione di tutte le parti (apparecchiature, macchinari, cavidotti, ecc.) riutilizzabili, con il rispettivo allontanamento; in seguito si procederà alla demolizione delle altre parti non riutilizzabili.

Questa operazione avverrà tramite operai specializzati, dopo che si sarà preventivamente provveduto al distacco di tutto l'impianto dalla linea della RTN di riferimento.

Tutte le lavorazioni saranno sviluppate nel rispetto delle normative al momento vigenti in materia di sicurezza dei lavoratori. Tutte le operazioni di dismissione potranno essere eseguite in un periodo di tempo massimo di un mese.

La realizzazione della dismissione procederà con fasi inverse rispetto al montaggio dell'impianto:

- Fase 1 – Disconnessione dalla RTN secondo le procedure stabilite dal gestore di rete;
- Fase 2 - Smontaggio delle componenti elettriche inserite all'interno dei container d'impianto, quali sistema di accumulo, inverter, trasformatori e componenti ausiliari;
- Fase 3 – Smontaggio e recupero dei cavidotti in BT e MT
- Fase 4 – Smantellamento delle fondazioni e recinzioni
- Fase 5 – Ripristino dei terreni al fine di devolverlo ad un uso agricolo.

La dismissione del sistema di accumulo comprende la demolizione del BESS e dei componenti per lo smaltimento e il riciclo. Inoltre, si devono considerare i costi associati alla separazione dei componenti riciclabili, al trasporto dei materiali a un impianto di riciclaggio e al riciclaggio del materiale nell'impianto.

A fine vita dell'impianto, il processo di decommissioning, riciclaggio e smaltimento dei materiali costituenti il sistema BESS verrà effettuato in conformità alle leggi nazionali, europee ed internazionali vigenti (tra le quali European Directive on batteries and accumulators 2006/66/EC), assicurandone il rispetto anche nel caso di modifiche e/o integrazioni di quest'ultime dal momento in cui l'impianto verrà messo in esercizio.

Per quanto riguarda il sistema di accumulo, dal 1° gennaio 2009, in virtù del D.Lgs. 188 del 20/11/2008, è stato esteso in Italia l'obbligo di recupero alle pile e agli accumulatori non basati sull'uso di piombo bensì sull'impiego di altri metalli o composti. Tale decreto recepisce e rende effettiva la direttiva europea 2006/66/CE. Si stabilisce, inoltre, che sia il fornitore della tecnologia il preposto ad organizzare la raccolta ed il riciclo delle parti recuperabili, così come lo smaltimento dei componenti non riutilizzabili.

Per quanto attiene alle strutture prefabbricate alloggianti le cabine elettriche si procederà alla demolizione ed allo smaltimento dei materiali presso impianti di recupero e riciclaggio inerti da demolizione (rifiuti speciali non pericolosi).

### 14.1. FONDAZIONI

Per le platee in calcestruzzo delle cabine, i battery container e i sistemi di conversione si prevede la loro frantumazione, con asportazione e conferimento dei detriti a ditte specializzate per il recupero degli inerti.

### 14.2. DETTAGLI RIGUARDANTI LO SMALTIMENTO DEI COMPONENTI

Nell'ambito del presente progetto lo smaltimento dei componenti verrà gestito secondo i seguenti dettagli:

<b>Materiale</b>	<b>Destinazione finale</b>
Acciaio	Riciclo in appositi impianti
Materiali ferrosi	Riciclo in appositi impianti
Rame	Riciclo e vendita
Inerti da costruzione	Conferimento a discarica
Materiali provenienti dalla demolizione delle strade	Conferimento a discarica
Materiali compositi in fibre di vetro	Riciclo
Materiali elettrici e componenti elettromeccanici	Separazione dei materiali pregiati da quelli meno pregiati. Ciascun materiale verrà riciclato/venduto in funzione delle esigenze del mercato alla data di dismissione del parco eolico

### Conferimento del materiale di risulta

Nell'ambito territoriale afferente alle opere di progetto è stata condotta un'indagine mirata ad individuare i possibili siti di cava e di discarica autorizzata utilizzabili per la realizzazione dell'impianto di accumulo.

#### a) Classificazione dei rifiuti

L'impianto è costituito essenzialmente dai seguenti elementi:

- Moduli di accumulo elettrochimico
- Apparecchiature elettriche ed elettroniche: inverter, quadri elettrici, trasformatori, moduli
- Container prefabbricati in metallo;
- Cavi elettrici;
- Tubazioni in pvc per il passaggio dei cavi elettrici;
- Pietrisco per la realizzazione della viabilità interna semplicemente posato sul terreno.

Si riporta di seguito il codice CER relativo ai materiali suddetti: si precisa che il codice CER è il codice utilizzato per classificare un rifiuto, sia pericoloso che non, all'interno del Catalogo Europeo dei Rifiuti. Qualora alla sequenza dei sei numeri che caratterizzano il rifiuto venga aggiunto il simbolo \* (asterisco) il rifiuto è considerato pericoloso.

- Batterie ed accumulatori 1606
  - 160601\* batterie al piombo
  - 160602\* batterie al nichel-cadmio
  - 160603\* batterie contenenti mercurio
  - 160604 batterie alcaline (tranne 16 06 03)
  - 160605 altre batterie ed accumulatori

160606\* elettroliti di batterie ed accumulatori, oggetto di raccolta differenziata

- 20 01 36 - Apparecchiature elettriche ed elettroniche fuori uso (inverter, quadri elettrici, trasformatori, moduli fotovoltaici)
- 17 01 01 - Cemento derivante dalla demolizione dei fabbricati che alloggiavano le apparecchiature elettriche.
- 17 02 03 - Plastica (derivante dalla demolizione delle tubazioni per il passaggio dei cavi elettrici)
- 17 04 11 - Cavi
- 17 05 04 - Pietrisco (derivante dalla rimozione della ghiaia gettata per realizzare la viabilità).

### **14.3. INTERVENTI NECESSARI AL RIPRISTINO VEGETAZIONALE**

La fase di preparazione dell'area (sbancamento e livellamento) così come la dismissione dell'impianto potrebbe provocare fasi di erosioni superficiali e di squilibrio di coltri detritiche. Questi inconvenienti saranno prevenuti mediante l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica abbinata ad una buona conoscenza del territorio di intervento.

Gli obiettivi principali di questa forma riabilitativa sono i seguenti:

- riabilitare mediante attenti criteri ambientali, le zone soggette ai lavori che hanno subito una modifica rispetto alle condizioni pregresse;
- consentire una migliore integrazione paesaggistica dell'area interessata dalle modifiche.

Gli obiettivi principali di questa forma riabilitativa sono i seguenti:

- riabilitare, mediante attenti criteri ambientali, le zone soggette ai lavori che hanno subito una modifica rispetto alle condizioni pregresse;
- consentire una migliore integrazione paesaggistica dell'area interessata dalle modifiche.

Per il compimento degli obiettivi sopra citati il programma dovrà contemplare i seguenti punti:

- prestare particolare attenzione durante la fase di adagiamento della terra vegetale, facendo prima un'adeguata sistemazione del suolo che dovrà riceverla;
- effettuare una attenta e mirata selezione delle specie erbacee, arbustive ed arboree maggiormente adatte alle differenti situazioni. Inoltre, particolare cura si dovrà porre nella scelta delle tecniche di semina e di piantumazione, con riferimento alle condizioni edafiche ed ecologiche del suolo che si intende ripristinare;
- procedere alla selezione di personale tecnico specializzato per l'intera fase di manutenzione necessaria durante il periodo dei lavori di riabilitazione.