

REGIONE MARCHE

Comune di Caldarola (MC)

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 60,0 MW integrato con un sistema di accumulo della potenza di 20,0 MW e delle relative opere di connessione alla RTN sito nei comuni di Caldarola e Camerino (MC)

TITOLO

Relazione tecnica del sistema di accumulo

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	
 SR International S.r.l. Via di Monserrato, 152 - 00186 Roma Tel. 06 8079555 - Fax 06 80693106 C.F e P.IVA 13457211004 	 Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - 00185 Roma C.F e P.IVA 15604711000	

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
01	20/12/2023	Giovannangeli	Bartolazzi	F.O. Renewables	Emissione per integrazione MASE
00	15/11/2022	Lauretti	Bartolazzi	F.O. Renewables	Relazione tecnica del sistema di accumulo

N° DOCUMENTO

FLS-CLD-RTS

SCALA

--

FORMATO

A4

INDICE

INDICE	1
INDICE DELLE FIGURE	2
INDICE DELLE TABELLE	3
1. PREMESSA.....	4
1.1 Oggetto e valenza dell’iniziativa	5
2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	6
3. LOCALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI ACCUMULO (BESS)	9
4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI ACCUMULO BESS	10
4.1. Tecnologia BESS.....	12
4.2. Classificazione di un BESS per tipologia di batteria.....	14
4.3. Componenti del sistema di accumulo agli ioni di litio	17
4.4. Vantaggi dei sistemi di accumulo	19
5. CARATTERISTICHE TECNICHE	21
5.1. Conessioni elettriche	21
5.2. Battery Containers (BC)	21
5.3. Cabina di trasformazione-inverter (PCS)	26
5.4. Cabina di Raccolta Storage (CRS)	28
5.5. Auxiliary Container	28
5.6. Fondazioni	29
5.7. Smaltimento acque meteoriche	29
6. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI ELETTRICI	31
6.1. Cavi elettrici in corrente continua	31
6.1.1. Dimensionamento elettrico in BT	32
6.2. Cavi elettrici in Media Tensione a 30 kV.....	33
6.2.1. Caratteristiche del cavo in MT	34
6.2.2. Determinazione delle sezioni dei cavi in MT	34
6.2.3. Dimensionamento dei cavi in MT tra le cabine di trasformazione utente e il quadro MT della SU	35
7. SISTEMI DI PROTEZIONE E COLLEGAMENTO ALLA RETE	36
7.1. Correnti di corto circuito dell’impianto BESS	36
7.2. Protezione contro le sovracorrenti.....	36
7.3. Protezione da contatti accidentali in c.c.	37
7.4. Compatibilità elettromagnetica e marcatura CE	37
7.5. Impianto di terra	38
8. SISTEMI DI MISURA DELL’ENERGIA PRODOTTA ED IMMESSA IN RETE	39
9. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE, VIDEOSORVEGLIANZA E ANTINTRUSIONE.....	39
9.1. Illuminazione del campo BESS	39
9.2. Impianto di videosorveglianza	40
10. SISTEMI DI PROTEZIONE LATO BT ED MT	41

10.1. Dispositivi di protezione: generale, d' interfaccia e di generatore	41
10.2. Scavi	43
10.2.1. Bilancio produzione materiali di scavo.....	44
11. ESERCIZIO DEL SISTEMA BESS.....	44
11.1. Caratteristiche del sistema BESS	45
11.2. Scambio di energia elettrica	47
11.3. Dismissione componenti ed impatto economico	48
11.4. Dismissione fondazioni e recinzione area	50
11.5. Smaltimento dei componenti e conferimento dei materiali di risulta	50
11.6. Interventi necessari al ripristino vegetazionale	52
12. OPERE DI MITIGAZIONE.....	52
13. SISTEMA DI SICUREZZA DEL SISTEMA BESS	60
13.1. Protezione passiva	60
13.2. Protezione attiva	61
13.3. Sistema di prevenzione antincendio	63

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Stralcio su ortofoto della posizione del sistema di accumulo (BESS), della Stazione Utente, della Stazione di Smistamento 132 kV e del relativo perimetro di mitigazione	9
Figura 2 – Densità di potenza e densità energetica di vari tipi di batterie	13
Figura 3 – Comparazione delle caratteristiche delle batterie elettriche (Fonte: Battery Technologies for Grid-Level Large-Scale Electrical Energy Storage)	15
Figura 4 – Evoluzione della capacità installata delle tecnologie di accumulo di energia (Fonte: IEA).....	16
Figura 5 – Costi delle tecnologie di storage applicate in diverse modalità (Fonte: IEA).....	16
Figura 6 – Tipologia di Battery Container da installare nell'impianto	24
Figura 7 – Componenti del battery container.....	25
Figura 8 - Tipologia di cabina di trasformazione-inverter da installare nell'impianto.....	27
Figura 9 - Planimetria del sistema di accumulo con indicazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche	30
Figura 10 - Sezione del cavo in MT - 30kV - ARE4H5(AR)E.....	34
Figura 11 – Ortofoto con indicazione dei punti di vista scelti	53
Figura 12 - POV 1: stato di fatto.....	54
Figura 13 - POV 1: stato di progetto senza mitigazioni	54
Figura 14 - POV 1: stato di progetto con mitigazioni	55
Figura 15 - POV 2: stato di fatto.....	55
Figura 16 – POV 2: stato di progetto senza mitigazioni.....	56
Figura 17 - POV 2: stato di progetto con mitigazioni	56
Figura 18 - POV 3: stato di fatto.....	57

Figura 19 - POV 3: stato di progetto senza mitigazioni	57
Figura 20 - POV 3: stato di progetto con mitigazioni	58
Figura 21 - POV 4: stato di fatto.....	58
Figura 22 - POV 4: stato di progetto senza mitigazioni	59
Figura 23 - POV 4: stato di fatto con opere di mitigazione	59

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Tabella riassuntiva delle caratteristiche tecniche delle batterie elettrochimiche .	17
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)	17
Tabella 3 - Dimensionamento cavi in cc di collegamento tra BC ed inverter	33
Tabella 4 - Dimensionamento dei cavi in MT di collegamento tra le cabine di trasformazione BT/MT e il quadro MT della SU	36
Tabella 5 - Caratteristiche tecniche delle celle.....	46
Tabella 6 - Evoluzione dello State of Health delle batterie durante la vita utile	46
Tabella 7 - Energia prelevata e immessa in rete del sistema di batterie nel tempo di vita utile dell'impianto	48

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 eolica. La realizzazione dell'opera prevede l'installazione di n. 12 aerogeneratori, modello tipo Vestas V150, della potenza unitaria di 5,0 MW per una potenza totale di 60,0 MW. A questi, si aggiunge un sistema di accumulo di energia elettrica di capacità pari a 20,0 MW e delle opere di connessione alla nuova Stazione di Smistamento della RTN (SE) a 132 kV, da inserire in entra - esce alle linee a 132 kV RTN "Valcimarra - Camerino" e "Valcimarra - Cappuccini", previa realizzazione degli adeguamenti al livello 132 kV della rete limitrofa. Tuttavia 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.

Soggetto responsabile del parco eolico, denominato "Energia Caldarola", è la società *Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l.* che ha come attività principali lo sviluppo, la progettazione, l'installazione, la commercializzazione, la gestione e la vendita di energia elettrica generata da fonti rinnovabili. La società ha sede a Roma, in Viale Castro Pretorio n. 122 - CAP 00185, C.F. e P.IVA 15604711000.

SR International S.r.l. è una società di consulenza e progettazione operante nel settore delle fonti di energia rinnovabili, in particolare solare ed eolica. Per la realizzazione del progetto in esame essa funge da soggetto di riferimento per il supporto tecnico-progettuale.

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.

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 20 MW, da integrare ad un impianto eolico, quest'ultimo avente una potenza nominale di circa 60 MW.

Si evidenzia che la realizzazione del progetto consentirà di:

- Accumulare energia elettrica dall'impianto eolico, ed immetterla in orari in cui il fabbisogno energetico è maggiore, evitando l'immissione 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 involucri 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 (BESS)

L'impianto di accumulo, verrà realizzato in un'area all'interno del comune di Camerino (MC), adiacente la stazione elettrica di trasformazione MT/AT (SU), a cui verrà connessa in MT e alla quale sarà collegato anche l'impianto eolico, da installare invece nel territorio comunale di Caldarola (MC). Entrambi gli impianti condivideranno lo stallo di trasformazione MT/A 30/132 kV nella SU, immettendo energia elettrica nella rete AT.

La Figura 1 seguente fornisce un'indicazione dettagliata dell'area interessata dal sistema di accumulo ed in cui verranno posizionate rispettivamente la SU e la nuova Stazione Elettrica di Smistamento della RTN.



Figura 1 – Stralcio su ortofoto della posizione del sistema di accumulo (BESS), della Stazione Utente, della Stazione di Smistamento 132 kV e del relativo perimetro di mitigazione

Di seguito sono riportate le coordinate del sistema di accumulo (BESS), della Stazione Utente di Trasformazione (MT/AT) 30/132 kV e della Stazione di Smistamento della RTN a 132 kV.

	Coordinate UTM 33 WGS84		Identificativo Catastale		
	Longitudine	Latitudine	Comune	Foglio	Particella
Battery Energy Storage System	344035	4776982	Camerino	63	49
Stazione Utente MT/AT	344008	4776940	Camerino	63	49
Stazione di Smistamento 132 kV	344065	4776858	Camerino	63	49

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 allegate 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 in serie ed in parallelo per 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. 14 Battery Container (BC), ognuno costituito da un banco batterie della potenza nominale di 1.428,6 kW, per un'energia massima disponibile pari a circa 80 MWh (ipotizzando un tempo di carica/scarica di circa 4 h);
- n. 7 Cabine di trasformazione-inverter o Power Conversion System (PCS) ciascuna con potenza nominale di circa 3.600 MVA, composta da n. 1 inverter, un trasformatore BT/MT 0,8/30, quadri BT ed MT;
- n. 1 Auxiliary Container;
- n. 1 Cabina di Raccolta Storage (CRS).

La viabilità interna e perimetrale avrà una larghezza minima di 4 m e sarà realizzata al fine di consentire l'accesso dei mezzi di soccorso e degli addetti alle operazioni di manutenzione. Per la realizzazione della viabilità, dopo l'esecuzione dello scavo e della necessaria compattazione, verrà steso uno strato di geotessile, quindi verrà realizzata una fondazione in misto granulare

dello spessore di 40 cm, uno strato di base per struttura stradale dello spessore di 10 cm e pezzatura 0,2-2 cm ed infine uno strato di collegamento in conglomerato bituminoso dello spessore di 10 cm.

Dal punto di vista elettrico, il BESS sarà suddiviso in n. 2 sottocampi o gruppi:

- il primo, composto da n. 8 BC, che verranno connessi a coppia con la rispettiva PCS e tutte le n. 4 unità PCS saranno collegate tra di loro mediante cavidotti interrati in MT a 30 kV opportunamente dimensionati ed infine con la cabina di raccolta storage;
- il secondo, costituito da n. 6 BC collegati a coppia con la rispettiva PCS. Tutte le n. 3 unità PCS verranno connesse tra di loro attraverso cavidotti interrati in MT a 30 kV opportunamente dimensionati ed infine con la cabina di raccolta storage.

Dalla CRS partirà una linea in cavidotto interrato a 30 kV che trasporterà l'energia elettrica dal sistema di accumulo verso i quadri MT ubicati nella cabina quadri della SU.

Nelle tavole allegate FLS-CLD-IE.19 e FLS-CLD-IE.20, 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 20 MW. L'energia erogata dal sistema BESS in MT a 30kV confluirà all'interno della Cabina di Raccolta Storage (CRS) localizzata nei pressi delle batterie 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;

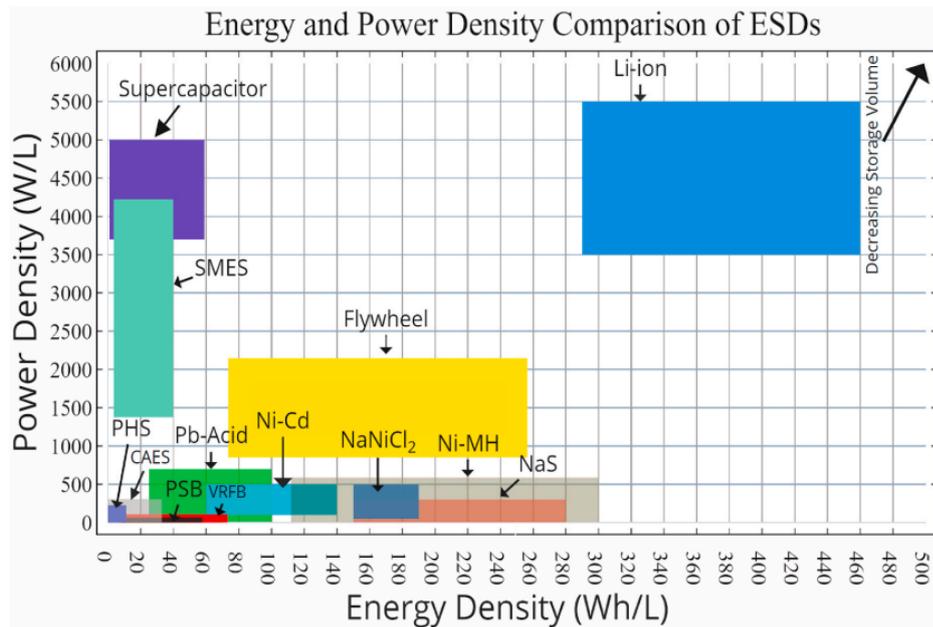


Figura 2 – Densità di potenza e densità energetica di vari tipi di batterie

- *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;

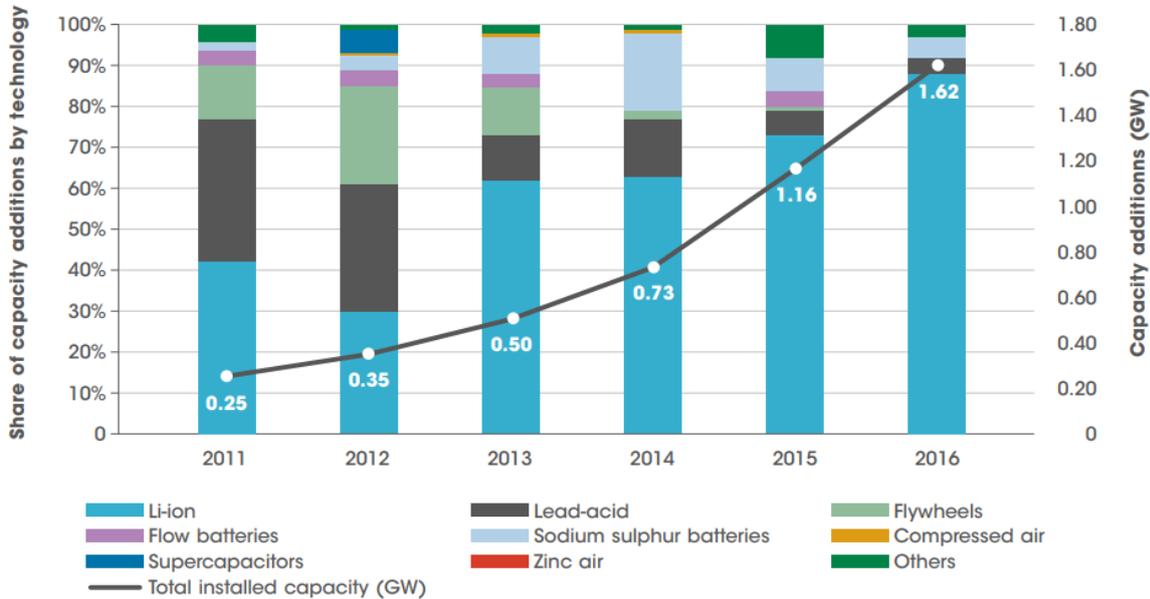
- *Ritenzione di energia o perdite in standby* - il tempo di ritenzione di energia è la quantità di tempo in cui un sistema di accumulo mantiene la sua carica. Il concetto di ritenzione di energia è importante a causa della tendenza di alcuni tipi di accumuli ad autoscaricarsi o a dissipare energia mentre 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 (NaNiCl₂):** 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;

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)

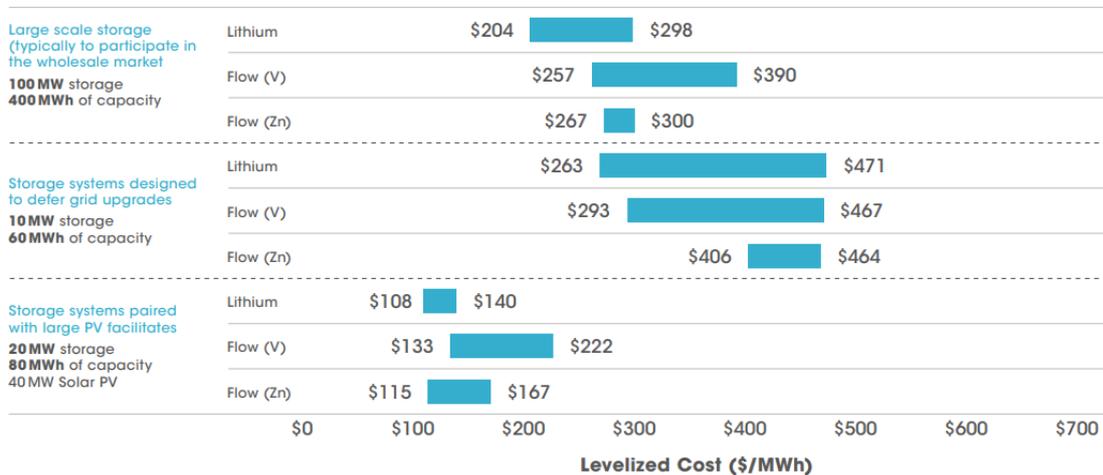


Figura 5 – Costi delle tecnologie di storage applicate in diverse modalità (Fonte: IEA)

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.

Tecnologia	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
NaniCl2	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.

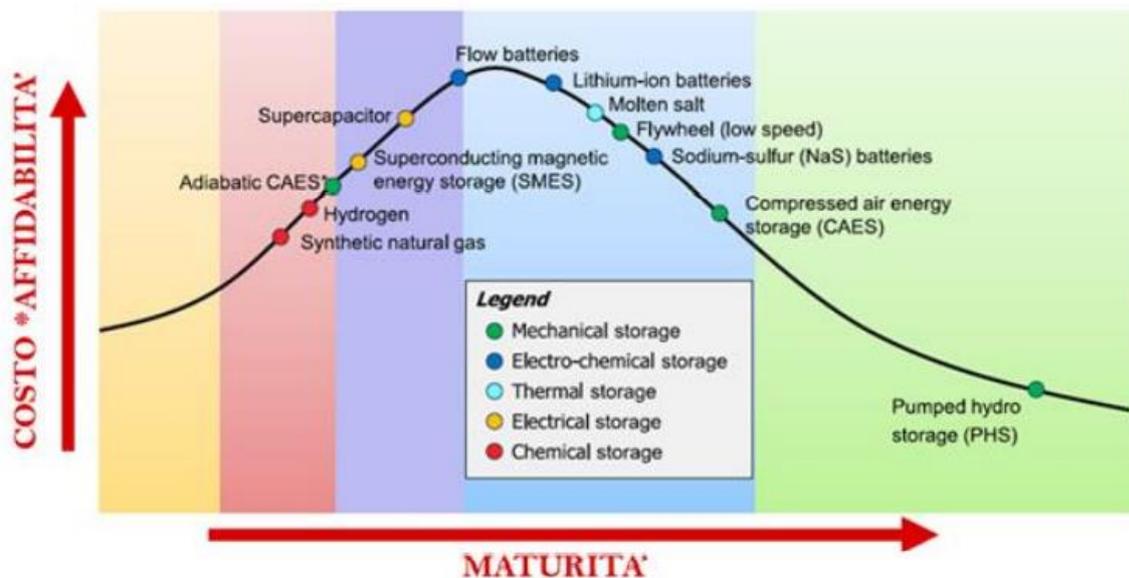


Tabella 2 – Comparazione di sistemi di accumulo per costo/affidabilità e maturità tecnologica (Fonte: Classificazione dei sistemi di accumulo in base all'applicazione ed al contesto – Rapporto Tecnico di Ricerca Industriale – D1.3)

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:

- 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. CARATTERISTICHE TECNICHE

5.1. 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 Yyn11, della potenza nominale di 3600 kVA. I quadri in MT in uscita delle PCS di ognuno dei due gruppi, saranno collegati ad antenna tra di loro mediante cavidotti direttamente interrati in MT a 30 kV, ed infine con i quadri MT all'interno della cabina di raccolta storage, dalla quale poi, un cavidotto interrato costituito da n. 1 terna di cavi unipolari in MT, di sezione pari a 400 mmq, trasporterà l'energia complessiva prodotta dall'impianto BESS 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 conseguente una bassa perdita di potenza).

5.2. Battery Containers (BC)

I sistemi di accumulo dell'energia elettrica sono costituiti da batterie elettriche, posizionate all'interno di appositi container, le quali consentono di immagazzinare energia elettrica dall'impianto eolico e/o dalla rete per poi immetterla nella stessa rete elettrica in periodi di tempo diversi e 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. 14 Battery Containers che dal punto di vista dei collegamenti elettrici, verranno suddivisi in n. 6 gruppi, collegati alla rispettiva PCS:

Battery Container	Cabina di trasformazione inverter
BC1-A	PCS-1
BC1-B	
BC2-A	PCS-2
BC2-B	
BC3-A	PCS-3
BC3-B	
BC4-A	PCS-4
BC4-B	
BC5-A	PCS-5
BC5-B	
BC6-A	PCS-6
BC6-B	
BC7-A	PCS-7
BC7-B	

Le cabine elettriche di trasformazione-inverter, saranno a loro volta così collegate tra di loro:

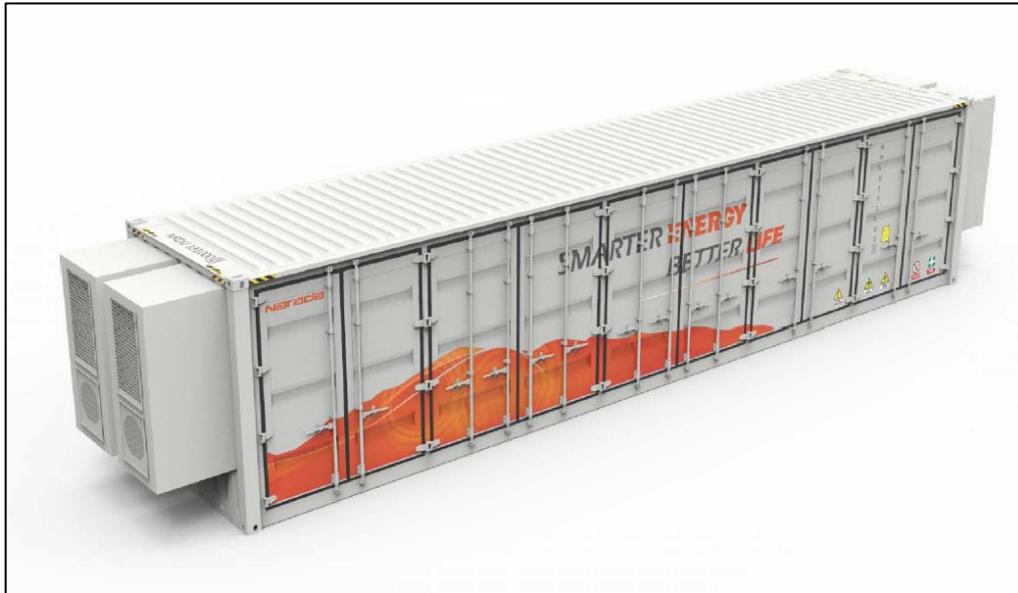
- ✓ PCS-4 con la PCS-3, PCS-3 con la PCS-2, PCS-2 con la PCS-1;
- ✓ PCS-7 con la PCS-6, PCS-6 con la PCS-5;

Infine la PCS-1, la PCS-5 saranno collegate direttamente con la cabina di raccolta CRS.

Le caratteristiche tecniche più rilevanti del BC sono le seguenti:

- Sistemi di misurazione e controllo associati;
- Sistema di gestione della batteria (BMS);
- Illuminazione interna e sistema di alimentazione;
- Pannelli DC di sviluppo;
- Sistemi di rivelazione e protezione antincendio;
- Sistema HVAC;
- Condizioni ambientali: Intervallo di temperatura operativa da -20 °C a +45 °C, umidità relativa 0 - 95 %, senza condensa
- Grado di protezione minimo IP54;
- Potenza e capacità: scalabile da kW/kWh fino a MW/MWh;
- Vita di progetto 20 anni e 365 cicli di ricarica completi all'anno (1 ciclo/giorno);
- Dimensioni/Layout: container ISO 40 (12,2 m circa, esclusa la lunghezza dei moduli HVAC), adatto ad installazioni all'aperto.

Di seguito è riportata una cabina BC tipo con le principali caratteristiche tecniche:



System Characteristics									
Battery Type	Lithium-Ion		LFP						
Energy Rating	DC Nominal Energy	MWh	2.88	2.30	1.84	5.76	4.61	3.69	Energy @ C/2 Rate
	Discharge C-Rate	C	0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	Up to 2C
Power Rating	Rated Power	MW	1.44	2.30	3.69	2.88	4.61	7.37	
Battery Voltage	Nominal Voltage	Vdc	1152						at Rack
	Voltage Range	Vdc	1008 ~ 1296						at Rack
SOC Range	Recommended Range		5%~95%						
Physical Characteristics									
Container Building	Quantity	pcs	1						
	Dimensions (L x W x H)	ft	20'			40'			ISO HC
	Weight	ton	31.88	30.64	26.88	62.16	59.74	52.41	

System Performance Characteristics									
Efficiency	D.C. Round Trip Efficiency	%	95%	94%	93%	95%	94%	93%	C/2 P - 25°C
Aux Power	Max Aux Power	kW	14.4	27.6	51.6	28.8	55.3	103.2	Depends on HVAC
Interconnection Parameters									
Point of Interconnect	PCS A.C. Voltage	Vac	Customized						
	POI Voltage	kV	Customized						
	A.C. Frequency	Hz	50Hz/60Hz						
Environmental Characteristics									
Environment conditions	Operating Temperature	°C	-40 °C to 60 °C						Maximum
	Storage Temperature	°C	10 °C to 30 °C						Optimum
Relative Humidity	Maximum Humidity	%	up to 95%						
Altitude	Above Sea Level	m	2000m / 600ft						
Applications									
Ancillary Service, Peak shaving, Demanding Response, Ramping Rate Control, Energy Shifting, etc									

Figura 6 – Tipologia di Battery Container da installare nell’impianto

Il container di batterie è costituito dalle celle elettrochimiche le quale sono disposte all’interno dei moduli. I moduli sono disposti in rack (armadi metallici). Ogni modulo dispone di un’unità di gestione e controllo la quale comunica con il sistema BMS dell’impianto. Inoltre, il sistema di accumulo è costituito dalle unità di protezione e un sistema di rilevazione antincendio nonché un sistema di spegnimento automatico. I componenti all’interno del container sono riportate nella Figura 7.

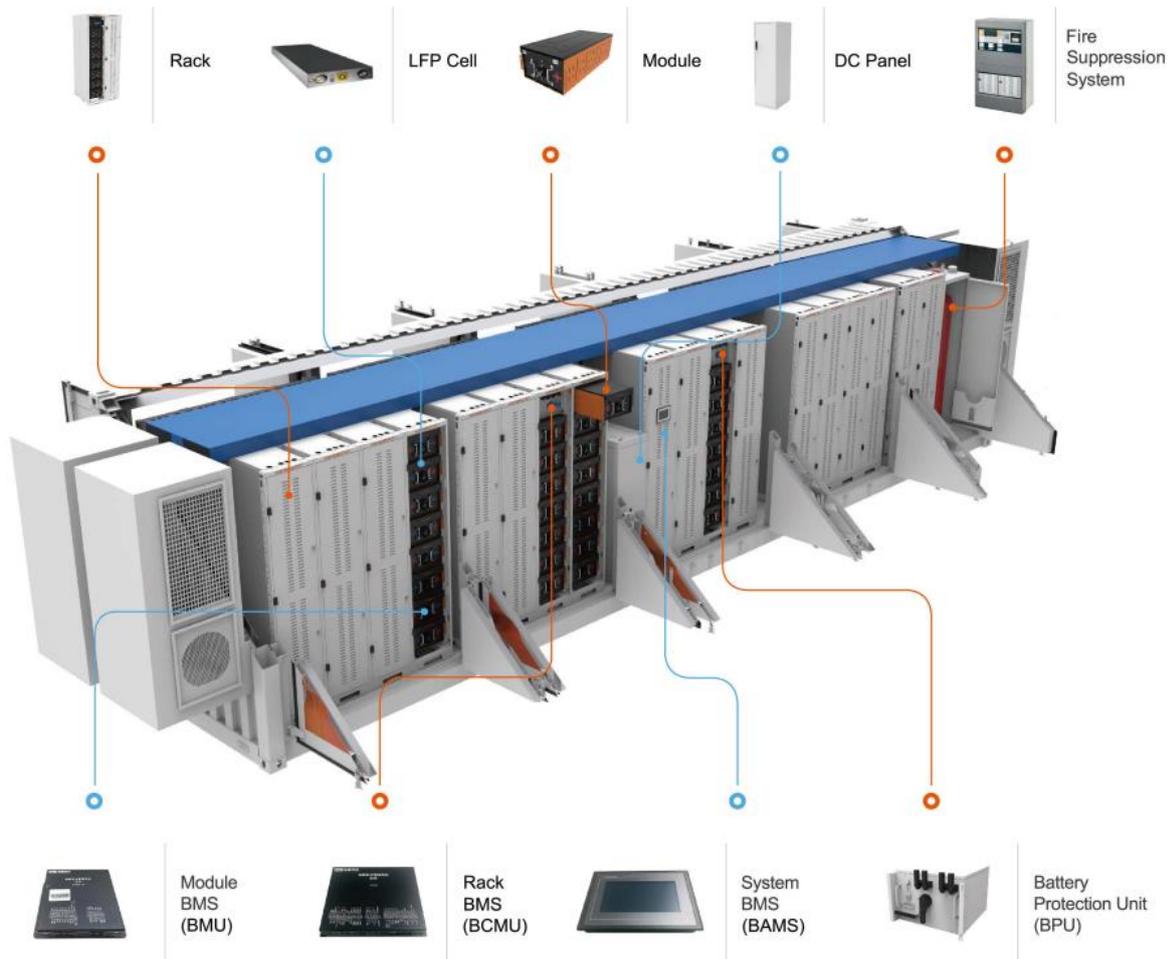


Figura 7 – Componenti del battery container

Le specifiche tecniche della cella sono riportate di seguito:

Cell Model	FE80B	FE105A	FE125A	Unit
Weight	2.20	2.30	2.35	kg
Dimensions	Length	130		mm
	Width	36		mm
	Height	240		mm
Nominal Capacity	86	105	130	Ah
Nominal Voltage	3.2			V
Allowed C-Rate	2	2	1	C
Recommended C-Rate	2	1	0.5	C

Nella tavola allegata FLS-CLD-IE.21 sono riportate le dimensioni in pianta della cabina e i prospetti e sezioni.

5.3. Cabina di trasformazione-inverter (PCS)

All'interno dell'area d'impianto verranno installate n. 7 cabine 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. 1 inverter statico centralizzato, con elevato fattore di rendimento, posizionati nell'apposito vano all'interno della cabina e avente funzionalità in grado di sostenere la tensione di rete e contribuire alla regolazione dei relativi parametri. La tipologia di cabina utilizzata sarà la MV Power Station con un inverter Sunny Central Storage UP, modello MVPS-4000-S2-10 con inverter da 3.600 kVA.

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.

In Figura 3 è raffigurata la PCS utilizzata in questa fase di progetto e le caratteristiche tecniche dell'inverter:

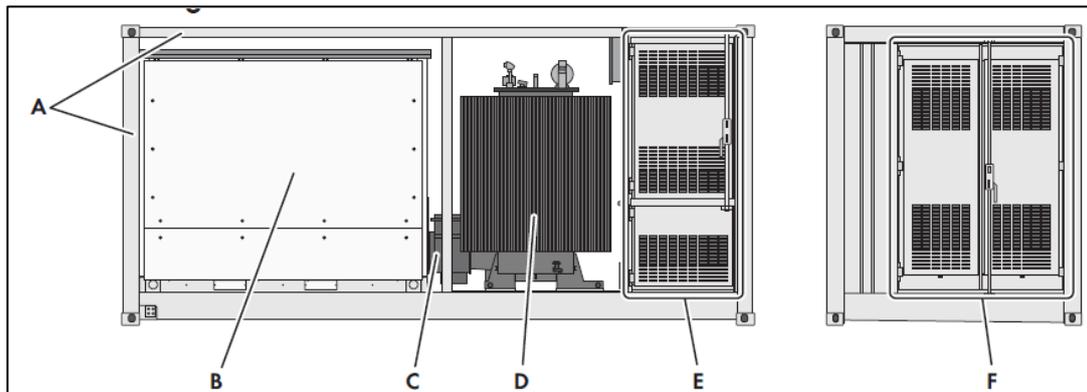


Figure 5: Design of the MV Power Station

Position	Designation	Explanation
A	Rack	The MV Power Station is equipped with a rack depending on the order option "Sea freight".
B	Sunny Central Storage	The Sunny Central Storage is a battery inverter that converts the direct current supplied by a battery into grid-compliant alternating current. It also charges the battery with energy drawn from the medium-voltage grid.
C	Low-voltage connection	Low-voltage connection between medium-voltage transformer and inverter with protective cover.
D	Medium-voltage transformer	The MV transformer converts the inverter output voltage to the voltage level of the medium-voltage grid.
E	LV cabinet	The low-voltage cabinet contains the station subdistribution and the optional low-voltage transformer.
F	Medium-voltage cabinet	Medium-voltage switchgear The medium-voltage switchgear connects and disconnects the medium-voltage transformer to and from the medium-voltage grid.

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

Gli inverter verranno collegati elettricamente al trasformatore di potenza BT/MT, trifase isolato in olio, con raffreddamento ONAN, di potenza nominale pari a 3.600 kVA, posizionato nel vano centrale della cabina elettrica, attraverso il quale la tensione verrà innalzata fino a 30 kV.

All'interno della cabina sono 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 e con il relativo quadro elettrico all'interno della cabina di raccolta CRS. Ciascun inverter è munito di un display che indica la temperatura di lavoro, l'energia accumulata/impressa 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. Le dimensioni minime della cabina sono pari a circa 6,1x2,9x2,4 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.

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 è alloggiato lo stesso trasformatore. Durante il normale funzionamento l'acqua piovana viene scaricata attraverso un filtro che ha lo scopo di bloccare l'eventuale fuoriuscita di olio, impedendone la dispersione in ambiente. Per rimuovere l'olio fuoriuscito dalla sottostruttura di contenimento è necessaria una pompa di aspirazione.

Nella tavola allegata FLS-CLD-IE.22 sono riportate le dimensioni in pianta della cabina e i prospetti e sezioni.

Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato e alle tecnologie dei componenti disponibili, potranno essere scelte diverse tipologie di battery container e di gruppi trasformatore-inverter, come anche degli altri elementi elettrici e meccanici presenti nell'impianto. Tale scelta sarà comunque effettuata tenendo conto della potenza massima installabile assicurando ottime prestazioni in termini durata e di producibilità. Allo stesso modo i componenti installati saranno provvisti di sistemi di sicurezza, di prevenzione incendio e di spegnimento automatico (nel caso dei battery container) equivalenti, o superiori, a quelli descritti nella presente relazione.

5.4. Cabina di Raccolta Storage (CRS)

Verrà installata una cabina elettrica di raccolta, che conterrà i quadri MT di arrivo cavi dall'impianto BESS, i sistemi di protezione e misura ed il quadro MT di protezione del cavo di collegamento con il quadro MT della SU. Le dimensioni della cabina sono pari a circa 12,0x3,0x2,7 m. Si rimanda alla tavola allegata FLS-CLD-IE.17 che descrive la planimetria e i prospetti della cabina.

5.5. 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 a 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. Le dimensioni del container sono pari a circa 12,0x3,0x2,7 m. Si rimanda alla tavola allegata FLS-CLD-IE.18 che descrive la planimetria e i prospetti della cabina.

5.6. Fondazioni

I battery container, le unità di conversione trasformatore-inverter e le cabine ausiliarie (cabina di raccolta e cabina ausiliaria) verranno installati su fondazioni in calcestruzzo armato. Queste fondazioni saranno dimensionate in base alle indicazioni tecniche dei fornitori ed in accordo con i parametri geotecnici dell'area e la vigente normativa NTC.

5.7. Smaltimento acque meteoriche

Sarà prevista una rete di drenaggio delle acque meteoriche, costituita da canaline interrato e pozzetti con caditoie lungo le aree impermeabilizzate che convogliano le acque verso l'impianto di raccolta, anch'esso interrato; qui le acque saranno sottoposte ad un trattamento di grigliatura, dissabbiatura e disoleatura, per entrare infine nel serbatoio di raccolta.

Per effettuare un primo dimensionamento delle opere di trattamento delle acque si considerano come acque di prima pioggia quelle acque distribuite uniformemente sull'intera superficie servita dalla rete di drenaggio per un'altezza di 5 mm.

Dati progetto	
Superficie impermeabilizzata BESS (viabilità, piazzole BC e cabine)	2396 mq
Tipo pavimentazione	asfalto/sup. impermeabile
Ricettore finale	come da Piano Reg. Tutela Acque

La quantità totale di "prima pioggia", e quindi il volume della vasca di raccolta e stoccaggio risulta pari a: $2.396 \text{ mq} \times 5 \text{ mm} = 11,98 \text{ mc}$.

La portata di trattamento sarà di: $11,98 \text{ mc} / 15 \text{ min} = 13,32 \text{ l/s}$.

Il trasferimento dell'acqua stoccata dovrà avvenire in un tempo di 24 ore e quindi la portata di pompaggio e rilancio sarà di: $11,98 \text{ mc} / 24 \text{ h} = 0,5 \text{ mc/h}$ o $8,32 \text{ l/min}$.

La vasca di raccolta sarà realizzata in muratura di cls armato. Verrà scelta una pompa con potenza utile motore di almeno 1 kW, da regolare per una portata di 8,32 litri/min. Inoltre, il un pozzetto disoleatore dovrà essere in grado di ricevere e trattare 33,28 litri/min (ossia 4 volte potenzialmente maggiore della portata rilanciata dalla pompa, in via precauzionale), attrezzata internamente di filtro a coalescenza. In coda al trattamento è collocato un pozzetto di ispezione finale e prelievo, a pianta quadrata con valvola a clapet prima dello scarico nel ricettore finale.

Lo smaltimento delle acque meteoriche, è regolamentato dagli enti locali; pertanto, a seconda delle norme vigenti, si dovrà realizzare il sistema di smaltimento più idoneo, che potrà essere in semplice tubo, da collegare alla rete fognaria mediante sifone o pozzetti ispezionabili, da un pozzo perdente, da un sistema di sub-irrigazione o altro. Il dimensionamento puntuale delle opere idrauliche sarà oggetto delle fasi successive della progettazione.

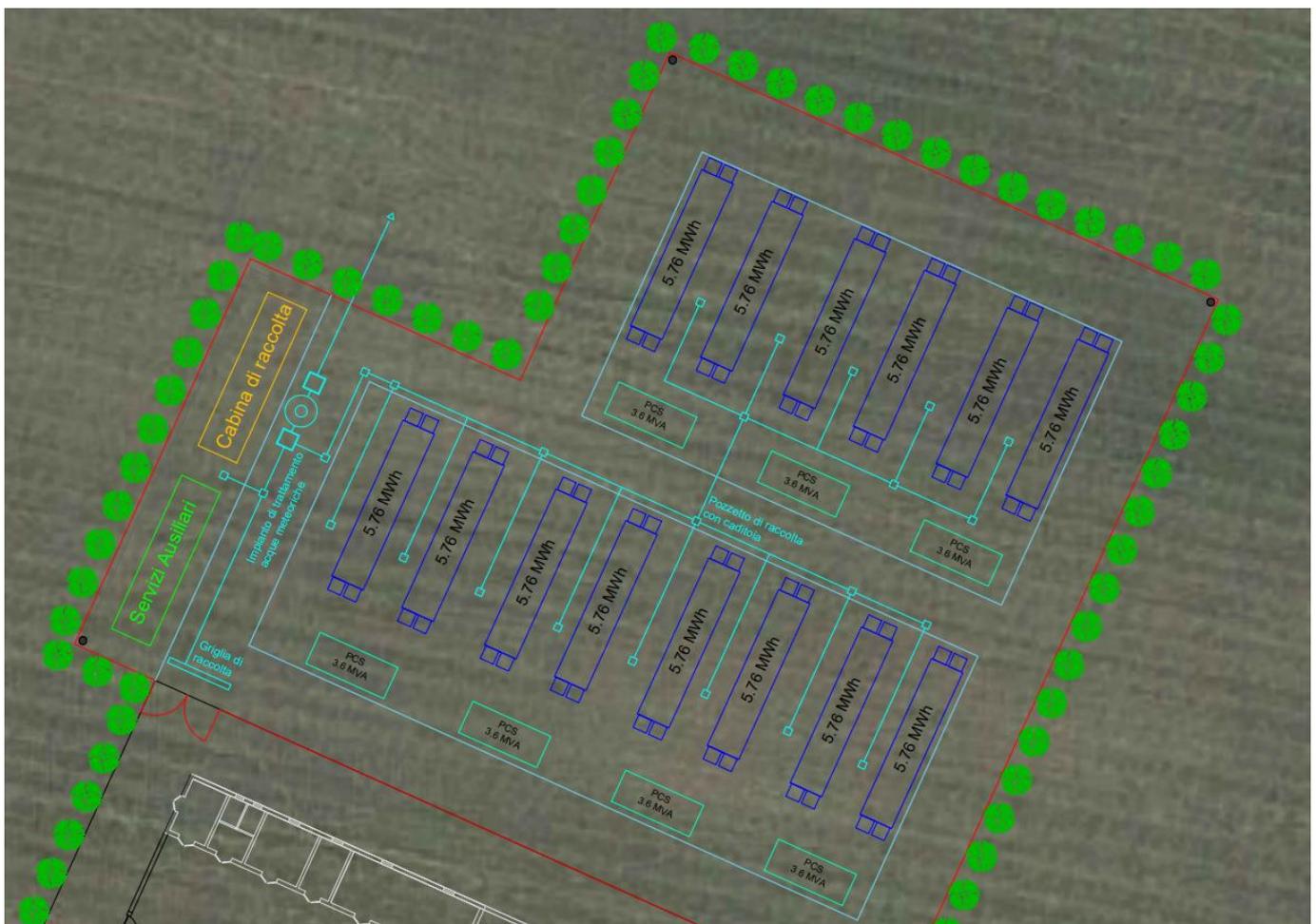


Figura 9 - Planimetria del sistema di accumulo con indicazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche

6. 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.:

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

- Connessioni in MT tra:

- le cabine di trasformazione-inverter (PCS) ed i quadri MT cabina di raccolta, mediante cavi in MT a 30 kV direttamente interrati;
- la cabina ausiliaria con il relativo quadro MT nella cabina di raccolta, interrato in apposito scavo;
- la cabina di raccolta ed il relativo quadro MT della stazione 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.

6.1. 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 similari), 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 (massimo 20 terne). Si rimanda per maggior dettaglio alla tavola allegata FLS-CLD-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.

6.1.1. Dimensionamento elettrico in BT

I n. 14 Battery Container dell'impianto saranno connessi elettricamente ai rispettivi quadri elettrici in BT all'interno dei n. 7 PCS, per alimentare gli inverter, mediante cavi in BT posati entro scavi e percorsi degli stessi opportunamente dimensionati ed ottimizzati.

Considerando che ciascun BC ha una potenza di circa 1.428,6 kW, alla tensione nominale di circa 1.152 V, la corrente totale prodotta dalle batterie interne di un BC assumerà in tal caso un valore di circa 1.240 A in corrente continua. Ripartendo il valore della corrente su n. 5 cavi, si ottiene così un valore della corrente d'impiego su ogni cavo pari a circa 248 A.

Si è scelto un valore di sezione commerciale del cavo pari a 150 mmq del tipo FG16R16 0,6/1 KV.

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 di trasformazione-inverter ed i Battery Container														
Battery Container	Cabina di trasformazione inverter	N° Inverter per cabina	Lunghezza connessione [m]	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	PCS-1	1	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	262,7	0,52	0,04	0,6
BC1-B		2	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6
BC2-A	PCS-2	1	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6
BC2-B		2	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6
BC3-A	PCS-3	1	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6
BC3-B		2	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6
BC4-A	PCS-4	1	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6
BC4-B		2	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6
BC5-A	PCS-5	1	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6
BC5-B		2	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6
BC6-A	PCS-6	1	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6
BC6-B		2	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6
BC7-A	PCS-7	1	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6
BC7-B		2	4	5	1152	248,0	150	0,26	420	0,63	264,6	0,52	0,04	0,6

Tabella 3 – Dimensionamento cavi in cc di collegamento tra BC ed inverter

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, ed assumendo una corrente di impiego pari a circa 248 A, deve verificarsi la seguente condizione:

$$I_z \geq I_b$$

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.

6.2. 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, ecc..) (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.

6.2.1. Caratteristiche del cavo in MT

Il cavo utilizzato in MT per la connessione tra:

- le cabine di trasformazione-inverter tra di loro;
- la cabina di trasformazione-inverter con la cabina di raccolta storage;
- la cabina ausiliaria con la cabina di raccolta;

sarà del tipo ARE4H5(AR)EX (o similari) tripolare, cordato ad elica visibile, con conduttore in alluminio, del tipo "air-bag", conformi alla specifica TERNA DC4385 e disposto a trifoglio negli scavi.

Il cavo che collega:

- la cabina di raccolta col quadro MT della SU;

sarà del tipo ARE4H5(AR)E (o similari) unipolare, con conduttore in alluminio, del tipo "air-bag", conformi alla specifica TERNA DC4385 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 10 è visibile la sezione del cavo MT utilizzato nei collegamenti elettrici dell'impianto BESS.



Figura 10 - Sezione del cavo in MT - 30kV - ARE4H5(AR)E

6.2.2. 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 cabina 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 interrati e per il dimensionamento dei cavi è previsto il posizionamento nello scavo ad una profondità minima di 1 m dal livello di superficie.

Anche in questo caso, il criterio utilizzato per determinare la sezione dei conduttori in MT è della massima caduta di tensione ammissibile. Dopo aver effettuato la scelta della sezione commerciale del cavo, è stata eseguita la verifica con il criterio termico, con la condizione cioè che la massima densità di corrente non superi determinati valori di sicurezza. In base ai valori limite delle portate di corrente stabiliti dai costruttori dei cavi, nelle varie condizioni di posa, esse devono essere superiori alle correnti di impiego calcolate in ogni tratto che compone il circuito elettrico.

Il valore della generica corrente d'impiego in uscita dal trasformatore MT/BT (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 gruppo di n. 2 BC
- 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 calcolato, verrà utilizzato nei calcoli successivi per determinare le sezioni commerciali dei cavi e le cadute di tensione e potenza dei vari tratti di collegamento.

6.2.3. Dimensionamento dei cavi in MT tra le cabine di trasformazione utente e il quadro MT della SU

Nella tabella sottostante vengono riportati i calcoli relativi al dimensionamento dei cavi e delle relative perdite di potenza nei tratti di connessione tra le cabine di trasformazione-inverter (PCS) e tra queste e la cabina di raccolta, insieme al dimensionamento del cavo in MT che collega il quadro in uscita della cabina di raccolta con quello d'ingresso della stazione utente MT/AT. Per ulteriori dettagli si rimanda alla tavola FS-CLD-IE.19-Planimetria reti elettriche storage.

	Lunghezza cavi in MT-30 kV [m]	Sezione cavo [mmq]	DP [kW]
PCS4-PCS3	20	70	0,1
PCS3-PCS2	18	70	0,5
PCS2-PCS1	18	70	1,1
PCS1-CR	37	95	1,1
PCS7-PCS6	20	70	0,1
PCS6-PCS5	20	70	0,5
PCS5-CR	28	95	0,6
CR-SU	110	400	3,8
S.AUX. - CR	10	70	0
TOTALE			7,8

Tabella 4 – Dimensionamento dei cavi in MT di collegamento tra le cabine di trasformazione BT/MT e il quadro MT della SU

7. SISTEMI DI PROTEZIONE E COLLEGAMENTO ALLA RETE

7.1. 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 per cento (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).

7.2. 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. È previsto un quadro in MT di interruzione e sezionamento a valle di ciascun trasformatore BT/MT.

7.3. 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.

7.4. 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.

7.5. 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 plinti di fondazione;
- l'anello di terra di ogni struttura metallica tracker e fissi;

- l'anello di terra delle cabine.

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.

8. 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 impianto e non direttamente connessa alla funzionalità di impianto.

I sistemi di misura dovranno essere conformi a tutte le disposizioni dell'autorità dell'energia elettrica e gas e alle norme CEI, in particolare saranno dotati di sistemi di sigillatura che garantiscano da manomissioni o alterazioni dei dati di misura. Inoltre saranno idonei a consentire la telelettura dell'energia elettrica prodotta da parte del distributore.

9. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE, VIDEOSORVEGLIANZA E ANTINTRUSIONE

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.

9.1. Illuminazione del campo BESS

L'impianto BESS sarà dotato di un sistema di illuminazione perimetrale normalmente spenta ed in grado di attivarsi su comando locale o su input di sorveglianza. L'impianto di illuminazione sarà composto da:

- n. 4 pali conici zincati a caldo, distanziati di circa 60 m tra di loro, posizionati sui vertici perimetrali della recinzione, aventi un'altezza di circa 4 mt e completi di accessori quali

asola per ingresso cavi, asola per morsettiera a conchiglia, morsettiera ad incasso con fusibile, portella da palo, bullone di messa a terra.

Sui pali saranno montati sia i corpi illuminanti (che si attiveranno in caso di allarme/intrusione) che le videocamere del sistema di sorveglianza. L'altezza dei pali tiene conto anche della possibilità di installazione in zone dove c'è il rischio di ombreggiamenti sui moduli BESS.

Per le n. 4 lampade verranno impegnate:

- lampade a LED a basso assorbimento di energia.

L'impianto sarà tale da garantire un illuminamento medio al suolo lungo le strade perimetrali, non inferiore a 5 [lux]. Tutto l'impianto sarà realizzato in Classe II o con isolamento equivalente: a tal fine, le armature illuminanti dovranno essere del tipo in Classe II, le connessioni dovranno essere effettuate alla base del palo, impiegando morsettiere di derivazione in Classe II e le condutture dovranno essere realizzate impiegando cavo a grado di isolamento non inferiore a 0.6kV/1kV. Il funzionamento dell'impianto di illuminazione sarà realizzato in modo tale da ridurre al minimo l'effetto di disturbo e in generale l'inquinamento luminoso, in particolare l'impianto di illuminazione sarà dotato di un sistema di accensione da attivarsi solo in caso di intervento dell'impianto antintrusione e allarme.

9.2. Impianto di videosorveglianza

Per la sorveglianza dell'impianto BESS è previsto un sistema di controllo dell'area perimetrale ed un controllo volumetrico delle cabine di campo. I pali utilizzati per l'installazione delle videocamere sono gli stessi utilizzati per l'illuminazione perimetrale. Avranno una altezza massima di 4 m su cui saranno montate n. 2 videocamere sui pali assieme al rispettivo corpo illuminante (che si attiverà in caso di allarme/intrusione). Il sistema di illuminazione e videosorveglianza sarà montato su pali in acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in cls armato. Il sistema di videosorveglianza è complementare al sistema del cavo microforato e sarà composto indicativamente da:

- telecamere brandeggiabili auto-dome, dotate di zoom ed installate sui pali d'illuminazione dell'impianto BESS, del tipo night & day;
- illuminatori ad infrarossi;
- convertitori per collegare le telecamere con cavo UTP;
- sistema di registrazione digitale;
- centrale di allarme.

Le telecamere, equipaggiate con convertitori analogici/digitali a bordo, dovranno essere collegate ad una postazione centrale di videoregistrazione ed archiviazione delle immagini mediante conduttori in fibra ottica secondo una topologia di rete point-to-point. Ciascun

dispositivo di ripresa sarà dotato di elemento scaldante al fine di evitare fenomeni di condensazione. L'intero impianto di TVCC sarà realizzato in Classe II o con isolamento equivalente; a tal fine, le telecamere dovranno essere apparecchiature in Classe II, le condutture di alimentazione dovranno essere realizzate mediante impiego di conduttori in classe 0.6kV/1kV e le derivazioni dovranno essere effettuate entro cassette in materiale isolante il cui isolamento sarà comunque garantito dopo l'installazione. La registrazione delle immagini sarà a ciclo continuo, ed il sistema dovrà permettere l'archiviazione di immagini relative a due settimane solari.

Nella tavola allegata FLS-CLD-IE.23 sono riportate i particolari costruttivi tipici del sistema di illuminazione, videosorveglianza, la recinzione e il cancello.

10. SISTEMI DI PROTEZIONE LATO BT ED MT

10.1. 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 ricalzo 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.

10.2. Scavi

È prevista l'esecuzione di scavi per la posa dei cavidotti per il cablaggio elettrico dell'impianto BESS. Essi riguarderanno sia il lato in corrente continua, in cui avverranno i collegamenti elettrici tra i BC e gli inverter, con scavi aventi profondità minima variabile da 0,6 a 0,9 m e sia in alternata in MT, con il collegamento tra le cabine di trasformazione e la cabina di raccolta (con scavi a profondità minima di 1 m) e tra quest'ultima e la SU (scavi con profondità minima di 1 m). Bisogna considerare anche il tracciato dei cavi in bt in corrente alternata per l'illuminazione e la videosorveglianza, che si estenderà prevalentemente lungo il perimetro dell'impianto BESS, i cui cavi aventi una sezione nominale minima di 4 mmq, verranno interrati ad una profondità minima pari a 0,6 m rispetto al livello della superficie del terreno.

La protezione dei cavi all'interno degli scavi deve essere garantita attraverso una protezione meccanica in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e dagli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza a urto). Tale protezione può essere aggiuntiva esterna (tubazione in PVC) oppure compresa nel cavo (caso "air-bag"). Per quanto riguarda la progettazione dell'impianto BESS lato MT, si è previsto l'utilizzo dei cavi con sistema "air-bag" i quali assorbono l'energia cinetica dello shock deformandosi in seguito all'impatto. Questo fa in modo che l'energia residua non danneggi le parti sensibili del cavo, come il sistema isolante e il rivestimento. Rappresenta quindi una soluzione a tale rischio, associato molto spesso all'armatura metallica, che potenzialmente potrebbe pregiudicare l'integrità del sistema isolante, riducendone l'affidabilità nel tempo. Questo sistema permette ai cavi di essere direttamente interrati.

Per quanto riguarda invece i cavi in bt, sia in c.c. che a.c. in questa fase di progettazione, è possibile utilizzare la posa direttamente interrata. La profondità minima di posa per le strade di uso pubblico è fissata dal Nuovo Codice della Strada ad 1 m dall'estradosso della protezione; per tutti gli altri suoli e le strade di uso privato valgono i seguenti valori minimi, dal piano di appoggio del cavo, stabiliti dalla norma CEI 11-17:

- 0,6 m (su terreno privato);
- 0,8 m (su terreno pubblico).

Durante l'esecuzione dei lavori sarà prestata particolare attenzione ai sottoservizi presenti sul posto (condotte fognarie, idriche, linee elettriche, telefoniche ecc.). Qualunque interferenza riscontrata durante la posa del cavo, sarà sottopassata nel rispetto delle vigenti norme CEI 11-17. Saranno ripristinate tutte le pavimentazioni preesistenti fino alla completa ricomposizione dello stato di fatto. A lavoro ultimato tutti i ripristini dovranno trovarsi alla stessa quota del piano preesistente, senza presentare dossi o avvallamenti.

10.2.1. Bilancio produzione materiali di scavo

In fase di costruzione si adotteranno tutte le misure volte a favorire in via prioritaria il reimpiego diretto dei materiali di scavo derivanti dalle operazioni previste per la realizzazione delle opere civili. I materiali di risulta dagli scavi a sezione ristretta, realizzati per la posa dei cavi, saranno momentaneamente depositati in prossimità degli scavi stessi o in altri siti individuati all'interno del cantiere e successivamente in gran parte riutilizzati per i rinterri. I materiali di risulta dagli scavi a sezione ampia (terre vegetali e/o materiali incoerenti), che derivano dall'esecuzione delle vasche di fondazione delle cabine elettriche e dei basamenti in calcestruzzo, potranno per esempio essere riutilizzati per il riempimento degli scavi e relativo livellamento finale col piano campagna, in modo da permettere anche un eventuale inerbimento del terreno lasciato libero dalle strutture.

Si specifica che una grande percentuale dei materiali scavati sarà destinata al reimpiego diretto senza trasformazioni e che sono previste modestissime quantità di materiali in eccedenza da avviare ad altri usi.

11. 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 eolica 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 eolico e si scaricano durante le ore in cui ci sono picchi di domanda o per compensare l'intermittenza dell'impianto eolico.

Inoltre, il sistema BESS può offrire servizi al gestore della rete elettrica. Il sistema BESS in progetto presenta attualmente una potenza nominale di 20 MW ed una capacità massima di 80 MWh. In questa fase di progettazione abbiamo ipotizzato un tempo di carica e scarica di circa 4 ore (0.25C), 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.

11.1. 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%.

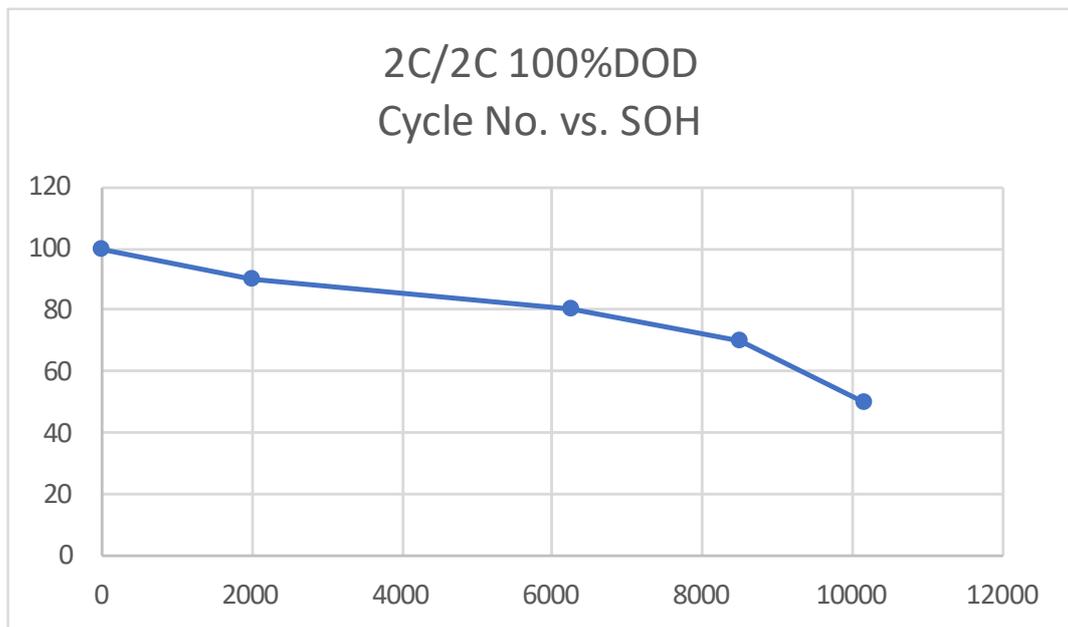
Dati	
Batterie	NESP NWI series
Energia [MWh]	5.76
SOC [%]	5 95
RTE [%]	95
Tempo di (s)carica [ore]	4
n°	14

Tabella 5 – 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 stata stimata pari a circa 20 anni, oltre la quale le batterie non garantirebbero più le caratteristiche di potenza ed energia idonee per le applicazioni di progetto. Considerando un ciclo di carica/scarica di energia al giorno, si ottengono nell'arco di tempo considerato circa 7300 cicli. 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 annuo [%]
0	100	0
2000	90	1.83
6250	80	0.86
8500	70	1.62
10150	50	4.42

Tabella 6 – Evoluzione dello State of Health delle batterie durante la vita utile



11.2. 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 eolico 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 durante i 20 anni di funzionamento dell'impianto è pari a circa 480 GWh e di circa 456 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	80.64	72.58	74.44	70.76	27.17	25.83	26.95	25.62
2	365	79.17	71.25	73.08	69.47	26.67	25.36	26.45	25.15
3	730	77.72	69.95	71.74	68.20	26.19	24.89	25.97	24.69
4	1095	76.31	68.67	70.44	66.96	25.71	24.44	25.50	24.24
5	1460	74.91	67.42	69.15	65.74	25.24	23.99	25.03	23.80
6	1825	74.27	66.84	68.56	65.17	25.02	23.79	24.82	23.59
7	2190	73.63	66.27	67.97	64.61	24.81	23.58	24.60	23.39
8	2555	73.00	65.70	67.38	64.06	24.60	23.38	24.39	23.19
9	2920	72.37	65.13	66.80	63.51	24.38	23.18	24.18	22.99
10	3285	71.75	64.58	66.23	62.96	24.17	22.98	23.98	22.79
11	3650	71.13	64.02	65.66	62.42	23.97	22.78	23.77	22.60
12	4015	70.52	63.47	65.10	61.88	23.76	22.59	23.57	22.40
13	4380	69.92	62.93	64.54	61.35	23.56	22.39	23.36	22.21
14	4745	69.32	62.39	63.99	60.83	23.35	22.20	23.16	22.02
15	5110	68.72	61.85	63.44	60.30	23.15	22.01	22.96	21.83
16	5475	68.13	61.32	62.89	59.79	22.96	21.82	22.77	21.64
17	5840	67.55	60.79	62.35	59.27	22.76	21.63	22.57	21.46
18	6205	66.95	60.27	61.81	58.76	22.57	21.44	22.38	21.28
19	6570	66.37	59.75	61.29	58.25	22.38	21.25	22.19	21.10
20	6935	64.31	57.88	59.37	56.43	21.67	20.60	21.49	20.43
TOTALE								480	456

Tabella 7 – Energia prelevata e immessa in rete del sistema di batterie nel tempo di vita utile dell'impianto

11.3. Dismissione componenti ed impatto economico

L'installazione del sistema di accumulo richiede delle opere civili le quali sono descritte nella relazione FLS-CLD-ROC (Relazione delle opere civili). Nella presente relazione sono descritte le fasi di dismissione del sistema di accumulo.

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 degli accumulatori all'interno dei container e degli altri componenti elettrici presenti nell'impianto (inverter, trasformatori e dispositivi ausiliari) e trasporto in centri di recupero e smaltimento autorizzati;
- Fase 3 – Smontaggio dei cavidotti in BT e MT e trasporto in centro di recupero e smaltimento autorizzato;
- 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 riciclo e al riciclo del materiale nell'impianto.

A fine vita dell'impianto, il processo di decommissioning, riciclo e smaltimento dei materiali costituenti il sistema BESS verrà effettuato in conformità alle leggi nazionali, europee ed internazionali vigenti (tra le quali la "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 prefabbricati alloggianti le cabine elettriche si procederà alla demolizione ed allo smaltimento dei materiali presso impianti di recupero e riciclo inerti da demolizione (rifiuti speciali non pericolosi). In caso di modifiche nella normativa vigente in materia sarà comunque garantito il rispetto della stessa.

Il costo relativo alla sostituzione delle batterie, qualora ritenute non più idonee a svolgere le funzioni di progetto, è stato stimato pari a circa il 54 % del costo totale di installazione dell'impianto BESS. Pertanto, ipotizzando la rimozione di tutti i battery container saranno necessari circa 6.480.000 € per la loro sostituzione, avendo stimato un costo totale di impianto pari a 12.000.000 € (FLS-CLS-CME-Computo metrico estimativo).

Tuttavia, si vuole evidenziare che, dato il notevole progresso tecnologico che stanno avendo i sistemi di accumulo negli ultimi anni in virtù della loro notevole importanza strategica nello

sviluppo delle energie rinnovabili, è verosimile che in caso di sostituzione delle batterie nel corso della vita utile dell'impianto, o in caso di future operazioni di revamping/repowering, saranno disponibili sul mercato soluzioni tecniche diverse, e più vantaggiose dal punto di vista energetico ed economico, da quella presentata.

Il costo della rimozione e dello smaltimento o recupero dei battery container, inclusi i sistemi antincendio e di condizionamento, degli inverter e dei locali tecnici prefabbricati presso centri autorizzati è stato stimato pari a 476.000,000 € (FLS-CLD-CMD-Computo metrico dismissione).

Si vuole sottolineare, infine, che lo smaltimento delle batterie rappresenta solo una delle possibili destinazioni di fine vita dell'impianto di accumulo. Le batterie, infatti, a seguito del processo di decommissioning dell'impianto (qui ipotizzato dopo 20 anni dalla sua costruzione) potrebbero avere ancora una buona capacità di accumulo che le rende idonee ad utilizzi in cui sono richieste potenze di scarica meno gravose, come applicazioni nei sistemi UPS o di supporto in ambito residenziale (integrazioni in comunità energetiche, impianti fotovoltaici ecc.). Nel caso in cui il riutilizzo delle batterie non sia più fattibile, sia tecnicamente che economicamente, si procederà con il recupero del maggior numero di componenti e infine con lo smaltimento dei restanti elementi.

11.4. Dismissione fondazioni e recinzione area

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

La recinzione in maglia metallica di perimetrazione del sito, compresi i paletti di sostegno e i cancelli di accesso, sarà rimossa e verrà conferita a centri di recupero per il riciclo delle componenti metalliche.

11.5. Smaltimento dei componenti e conferimento dei materiali di risulta

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

Materiale	Destinazione finale
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

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;
- Materiali necessari alla costruzione della viabilità interna.

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 della 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)
- 17 03 02 - Conglomerato bituminoso

11.6. 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 abbinate 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.

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.

12. OPERE DI MITIGAZIONE

Le opere di mitigazione dell'impianto di storage e della stazione utente ad esso adiacente consistono nell'installazione di elementi vegetali come siepi e filari, da impiantare a ridosso della recinzione perimetrale al fine di mitigare per quanto possibile l'impatto visivo dell'impianto sul paesaggio agrario circostante.

Saranno utilizzate essenze arboree autoctone facilmente reperibili sia in vivai tradizionali che presso vivai forestali specializzati. Le specie arboree per l'impianto saranno esclusivamente d'alto fusto da scegliere tra quelle tipiche della fascia alto collinare-montana (ad esempio roverella, acero di monte, sorbo comune, ciliegio selvatico ecc..), mentre per quanto riguarda le specie arbustive, da porre a corredo delle arboree, si potranno utilizzare essenze autoctone tipiche della fascia collinare marchigiana (acero campestre, biancospino, prugnolo ecc..). Si sottolinea che per le specie arboree a crescita lenta è prevista la piantumazione di esemplari già adulti, con altezza di almeno 3-5 metri.

Tutte le operazioni relative al ripristino della vegetazione saranno effettuate alla fine delle attività di cantiere. Al fine di garantire un migliore attecchimento le attività andranno

preferibilmente svolte nel periodo autunnale o primaverile, al fine di evitare i periodi di aridità estiva, non idonei alla riuscita dell'intervento.

Si illustrano di seguito i fotoinserimenti dell'area in cui verrà installata la stazione di accumulo e la stazione utente, con indicazione delle posizioni dalle quali sono state scattate le fotografie. Per ogni visuale è presentato lo stato di fatto ante operam, lo stato di progetto con l'impianto ricostruito digitalmente e lo stato di progetto con le opere di mitigazione.

La mitigazione scelta consiste nella piantumazione di aceri comuni lungo il perimetro delle stazioni.

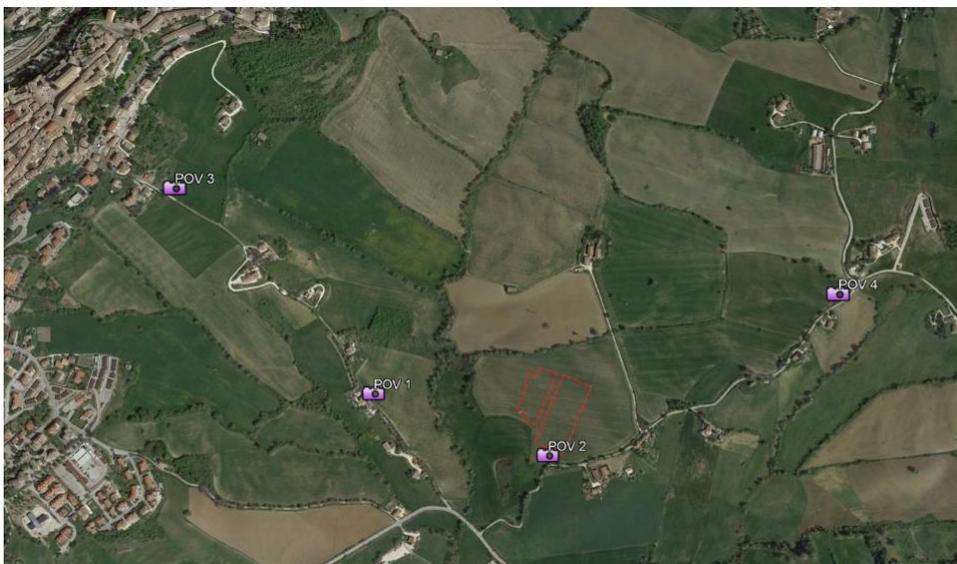


Figura 11 – Ortofoto con indicazione dei punti di vista scelti



Figura 12 - POV 1: stato di fatto



Figura 13 - POV 1: stato di progetto senza mitigazioni



Figura 14 - POV 1: stato di progetto con mitigazioni



Figura 15 - POV 2: stato di fatto



Figura 16 – POV 2: stato di progetto senza mitigazioni



Figura 17 - POV 2: stato di progetto con mitigazioni



Figura 18 - POV 3: stato di fatto



Figura 19 - POV 3: stato di progetto senza mitigazioni



Figura 20 - POV 3: stato di progetto con mitigazioni



Figura 21 - POV 4: stato di fatto



Figura 22 - POV 4: stato di progetto senza mitigazioni



Figura 23 - POV 4: stato di fatto con opere di mitigazione

13. SISTEMA DI SICUREZZA DEL SISTEMA BESS

L'impianto rispetta le distanze prescritte dagli edifici da abitazioni, ferrovie, fiumi ed altri. Non presenta nessun ostacolo all'attuazione dei piani regolatori. I fabbricati e i locali dove si trovano le batterie sono container metallici, considerati materiali incombustibili.

Il piazzale dov'è localizzato il sistema di batterie sarà in comunicazione diretta con la viabilità che porta al cancello dell'impianto. I locali tecnici localizzati nell'area di impianto (cabina di raccolta, cabina dei sistemi ausiliari) avranno tutte le porte con apertura verso l'esterno saranno dotate di maniglione antipanico.

I container di batterie elettrochimiche prevedono un sistema di prevenzione guasti e di spegnimento automatico degli incendi. I fabbricati sono container metallici, considerati incombustibili. I sistemi adottati per ridurre il rischio di incendio possono essere diversi, dipendendo dal fornitore. In seguito si riportano diverse tipologie di protezione delle celle per la prevenzione di guasto ed incendio.

13.1. 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. Inoltre, le batterie agli ioni di litio non presentano durante il normale funzionamento sostanziali emissioni gassose, che saranno quindi inferiori ai limiti imposti dalla normativa vigente.

Si è già accennato all'importanza della corretta costruzione del pacco batteria. In particolare, va prestata attenzione affinché le seguenti condizioni siano rispettate, anche al fine di rendere più semplici ed agevoli le operazioni di manutenzione:

- Deve essere adatto al montaggio delle celle;
- Deve permettere di rendere accessibile ogni cella ad un sistema di misura di 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 in accordo con la norma UN 3480, prevenendo qualsiasi abuso meccanico. I container sono certificati secondo la UN 38.3, obbligatoria per trasportare in sicurezza le batterie con qualsiasi mezzo di trasporto (aereo, navale, stradale), sia in ambito nazionale che internazionale;
- 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;
- 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 utilizzato 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.

13.2. Protezione attiva

- Battery Management System

Il sistema BMS rappresenta la prima protezione attiva del sistema di accumulo, in quanto gestisce il corretto funzionamento delle celle e rileva eventuali scostamenti dai valori ottimali di temperatura, voltaggio e corrente.

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

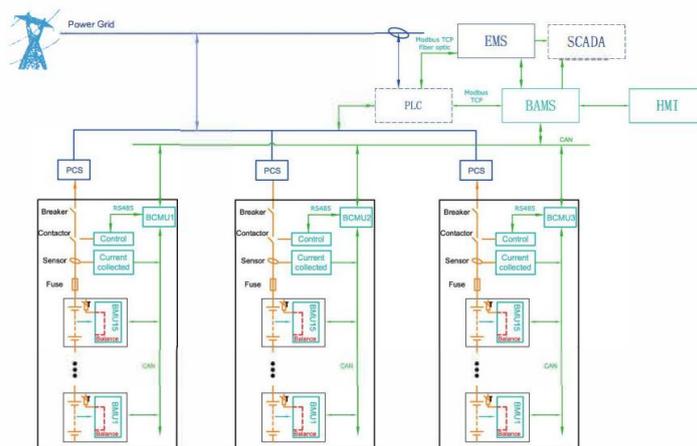
- La determinazione stato della carica (SOC) complessivo;
- La ricarica in sicurezza delle celle;
- L'equalizzazione del pacco;
- Il mantenimento del sistema nelle condizioni di lavoro raccomandate dal progettista (V, I, T);
- L'interruzione di corrente in caso di malfunzionamento o condizione operativa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

Il BMS controlla e gestisce i moduli, i rack che l'intero sistema BESS e include tutte le funzionalità per la prevenzione attiva. Prevede, inoltre, un sistema di comunicazione che gestisce l'informazione dei multipli Battery Management Module (microcontrollore per ogni modulo). Il sistema monitora e controlla le celle delle batterie, e comunica con il centro di controllo dell'impianto di accumulo. Tale sistema determina lo stato di allarme e sicurezza, monitora lo stato dei servizi ausiliari, il sistema HVAC, e lo stato 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)

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. Di seguito si riportano le condizioni ottimali di operazione delle batterie (datasheet):

Environmental Characteristics				
Environment conditions	Operating Temperature	°C	-40 °C to 60 °C	Maximum
	Storage Temperature	°C	10 °C to 30 °C	Optimum
Relative Humidity	Maximum Humidity	%	up to 95%	
Altitude	Above Sea Level	m	2000m / 600ft	

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;

- 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, 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' UN 38.3 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;
- Distanza di separazione per prevenire la propagazione in caso di incendio, pari ad almeno 3 m per le coppie di battery container collegati al medesimo gruppo trasformatore-inverter;
- Pianificazione dell'emergenza e addestramento 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 previsti per i container sistemi di contenimento dei liquidi, in quanto lo sversamento di sostanze chimiche (elettrolita delle celle di accumulo o altri inquinanti) verso l'esterno è impedito dalla tenuta stagna degli stessi. Tuttavia, nelle successive fasi della progettazione ed in funzione delle disponibilità tecnologiche sul mercato, potranno essere utilizzati container prefabbricati con vasca di raccolta dei liquidi sottostante agli stessi.

13.3. Sistema di prevenzione antincendio

Oltre al sistema di monitoraggio e controllo delle batterie ogni container sarà dotato di un sistema di rivelazione e segnalazione automatico di incendio. L'impianto di rivelazione e segnalazione ha la funzione di prevenire automaticamente un principio di incendio e segnalarlo nel minor tempo possibile, permettendo altresì la segnalazione manuale tramite appositi interruttori. 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.

Tra i sistemi automatici di controllo o estinzione dell'incendio si annoverano quelli che si basano sull'immissione nell'ambiente di un gas inerte, in caso di rilevazione di gas e di calore attivati. 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 all'interno del container.

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 adiacenti.

Il battery container utilizzato per la redazione del progetto dispone di un sistema di prevenzione incendi integrato (Fire Suppression System). Il sistema può essere attivato nelle seguenti modalità:

- Rilevamento di temperature al di sopra della soglia limite nel container;
- Rilevamento di fumo/calore;
- Pulsanti allarme incendio ad attivazione manuale.

Una volta attivato, il sistema disconnette automaticamente tutte le batterie del container e rilascia un agente estinguente (anidride carbonica o polvere) contenuto all'interno di estintori opportunamente dimensionati dal produttore in base al volume libero all'interno del locale. Infine, verranno installati estintori portatili e carrellati in prossimità dei container e dei gruppi di conversione.

Per quanto riguarda i locali elettrici non dotati di sistemi di estinzione automatici (cabina di raccolta e cabina ausiliaria), saranno provvisti di estintori a CO₂.

Si sottolinea che tutti gli estintori presenti all'interno dell'impianto, sia esterni ai locali che interni, dovranno essere facilmente accessibili e opportunamente segnalati in accordo alla normativa vigente in materia di prevenzione incendi.

L'impianto di accumulo è attività soggetta al Certificato di Prevenzione Incendi. Tuttavia gli impianti di accumulo elettrochimico come i BESS non hanno un codice di appartenenza specifico nel D.P.R. 151/2011 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi". Ad oggi ogni comando VV.F li ha attribuiti ai seguenti codici: codice 48.2.C (Centrali termoelettriche) o 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.