



REGIONE BASILICATA
PROVINCIA DI POTENZA
COMUNE DI OPPIDO LUCANO



PROGETTO DI UN IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRIVOLTAICO PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI OPPIDO LUCANO (PZ) NELLE CONTRADE DI "PIANI GORGO" E DI "PEZZA CHIARELLA" E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE CON POTENZA PARI A 16.883,10 kW_p (15.600,00 kW IN IMMISSIONE) INTEGRATO CON TECNOLOGIA STORAGE.

PROGETTO DEFINITIVO

DESCRIZIONE TECNOLOGIE DI ACCUMULO



livello prog.	GOAL	tipo doc.	N° elaborato	N° foglio	NOME FILE	DATA	SCALA
PD					OP1314_I002d.07	29.04.2022	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO



PROPONENTE:

OMEGA CENTAURO S.R.L.
Via Mercato 3, 20121 Milano (MI)
CF:11467100969

ENTE:

PROGETTAZIONE:

HORIZONFIRM

Ing. D. Siracusa
Ing. A. Costantino
Ing. C. Chiaruzzi
Arch. A. Calandrino
Arch. M. Gullo
Arch. S. Martorana
Arch. F. G. Mazzola
Arch. P. Provenzano
Arch. Y. Kokalah
Arch. G. Vella
Ing. G. Buffa
Ing. G. Schillaci



IL PROGETTISTA

Sommario

Scopo del documento	2
Descrizione generale dell'impianto di produzione	3
I sistemi di accumulo elettrico di tipo elettrochimico - Generalità	5
Batterie ad alta temperatura	7
Accumulatori al piombo/acido	7
Accumulatori ioni/litio	8
Batterie a circolazione di elettrolita.....	10
Tabella di comparazione fra le diverse soluzioni tecnologiche sopra descritte	11
Soluzione tecnologica adottata	14
Sistema di accumulo	15
Power Conversion System	16
Energy Station Controller	17
Procedure per la dismissione degli accumulatori.....	19
Gruppo di imballaggio	19
Imballaggio	19
Etichette e marcature	19
Documento di trasporto.....	19
Riepilogo condizioni di trasporto su strada - batterie al litio	20

Scopo del documento

Il presente elaborato è stato redatto a valle della *richiesta di integrazione pervenuta in data 22.03.2022 dal “Ministero della Transizione Ecologica”*, ed ha per oggetto la descrizione della soluzione tecnologia adottata per l’impianto di accumulo, con particolare riferimento alla tipologia di batterie utilizzate, al tempo di vita utile, ai cicli di carica/scarica, alla manutenzione e ai costi di installazione e di esercizio. Verranno altresì dettagliate le procedure che saranno necessarie all’atto della dismissione degli accumulatori, al termine del loro ciclo di vita.

Descrizione generale dell'impianto di produzione

La Società **Omega Centauro S.r.l.**, ha intrapreso l'iniziativa per la realizzazione di un impianto ad energia solare fotovoltaica integrato da un sistema di accumulo e associato con attività di tipo agricolo-produttivo.

Le aree destinate alla realizzazione dell'impianto di produzione e del sistema di accumulo insisteranno interamente in area agricola del Comune di Oppido Lucano identificate al foglio catastale n.22, particelle: 574, 456, 457, 467, 468, 469, 470, 471, 723 e al foglio catastale n.25, particelle: 102, 263, 174, 177, 45, 49, 452, 453, 145 e 146.

L'impianto fotovoltaico avrà una potenza di picco pari a **16.883,1 kWp** e verrà realizzato con moduli fotovoltaici **CANADIAN SOLAR, modello BiHiKu 6 da 585 Wp** i quali, al fine di massimizzare la producibilità energetica, verranno montati su sistemi di inseguimento solare di tipo monoassiale (tracker monoassiali) con asse longitudinale del singolo tracker parallelo all'asse NORD-SUD ed inseguimento EST-OVEST mediante variazione, durante le ore di soleggiamento, dell'angolo Tilt di inclinazione della superficie captante rispetto al piano orizzontale.

Il sistema di accumulo invece, avrà una **potenza nominale di 15.000 kW ed una DC Usable Capacity di 29.880 kWh** con tempo di carica/scarica di 2 ore, e sarà costituito da n° 6 Energy Station da 2.500 kW aventi le caratteristiche di seguito riportate:

Target Power Capacity [MW]	15
AC Connection Specification	30 kV 50 Hz
PV-Coupling	AC
Battery Enclosure Quantity, BOL	12
Bess Enclosure Usable Energy [MWh]	2,49
Total Usable Capacity [MWh]	29,88
PCS Skid Quantity	6
PCS Capacity [MVA]	2,5 MVA @ 50 ° C
ESC quantity	6

Tabella 1: principali caratteristiche delle Energy Station costituenti il sistema di accumulo

Esso opererà come sistema integrato all'impianto fotovoltaico al fine di accumulare la parte di energia prodotta dal medesimo e non dispacciata in rete e rilasciarla in orari in cui l'impianto fotovoltaico non è in produzione o ha una potenza limitata.

In ogni situazione di esercizio, verrà gestito in modo tale da immettere in rete una potenza massima complessiva, inclusa quella prodotta dal generatore fotovoltaico, non superiore alla potenza in immissione di **15,6 MW** concessa dal Gestore della Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale.

Di seguito, dopo una comparazione tra le diverse soluzioni tecnologiche disponibili in commercio, verranno descritte le caratteristiche della tecnologia adottata per la realizzazione dell'impianto di accumulo oggetto di progettazione.

I sistemi di accumulo elettrico di tipo elettrochimico - Generalità

Gli accumulatori elettrochimici consentono di trasformare direttamente energia chimica in energia elettrica. Il loro principio di funzionamento si basa sui processi di ossido-riduzione e di elettrolisi che determinano una conversione reversibile dell'energia chimica in energia elettrica. Tali sistemi si differenziano dalle comuni pile primarie in quanto presentano una reazione di conversione dell'energia di tipo reversibile e, pertanto, sono denominati batterie secondarie per distinguerle da quelle primarie in cui la reazione di ossidoriduzione può procedere solo in una direzione (processo di sola scarica).

Generalmente, sono costituiti da una struttura composta da due semi-celle separate da un setto poroso, ciascuna delle quali contiene un elettrodo (anodo e catodo) metallico immerso in soluzione elettrolitica (contenente generalmente ioni dello stesso metallo). Attraverso le reazioni di ossido-riduzione l'anodo, ossidandosi, cede elettroni al catodo che a sua volta si riduce; il flusso di elettroni generato viene successivamente intercettato da un conduttore. La reazione di elettrolisi, viceversa, permette la conversione dell'energia elettrica generata in energia chimica.

L'elemento base di un sistema di accumulo elettrochimico è la cella elettrochimica, in grado di generare una tensione in corrente continua variabile e dell'ordine di pochi volt, che può essere combinata in serie e/o parallelo per ottenere un accumulatore di dimensioni maggiori, chiamato comunemente batteria. Il sistema di accumulo elettrochimico completo può comprendere, oltre alla batteria, un sistema elettronico di gestione e monitoraggio, ausiliari (pompe, sistemi di ventilazione e/o climatizzazione, ecc.) ed eventualmente un convertitore elettronico nel caso in cui il sistema di accumulo debba essere interfacciato verso la rete elettrica.

I sistemi di accumulo elettrochimico presentano le seguenti caratteristiche peculiari:

- la modularità (con possibilità di sistemi da pochi kW a decine di MW) e flessibilità;
- tempi di risposta alle variazioni di carico veloci;
- elevato rapporto energia/potenza.

Ulteriori vantaggi risiedono nella rapidità di installazione e nella possibilità di spostare il sistema in un altro punto della rete o di riconfigurarli in caso di necessità. Le numerose tipologie di accumulatori si differenziano per la coppia di specie elettrochimiche tra cui avviene la reazione, per il tipo di elettrolita e per le caratteristiche costruttive, mentre le caratteristiche funzionali dei dispositivi per uso stazionario dipendono dalle specifiche tecniche di applicazione.

Le principali tipologie di accumulatori elettrochimici disponibili in commercio, sono quelli di seguito elencati:

- gli accumulatori con elettrolita acquoso, che comprendono l'accumulatore al piombo acido, nichel/cadmio e nichel/ metal idruro
- le batterie a circolazione di elettrolita, che includono le batterie a flusso
- le batterie ad alta temperatura (sodio/zolfo, sodio/cloruro di nichel)
- le batterie agli ioni di litio.

Dal punto di vista “energetico” per operare una *comparazione fra le soluzioni tecnologiche sopra descritte* è opportuno considerare le seguenti grandezze:

- **Potenza Specifica** (W/kg): che è la potenza generabile per ogni unità di peso del sistema di accumulo;
- **Energia Specifica** (Wh/kg); che indica l'energia erogabile per unità di peso;
- **Efficienza energetica di carica/scarica** (%): che indica il rapporto tra l'energia scaricata e l'energia necessaria per riportare il sistema in una condizione di carica completa;
- **Durata**: che misura il numero di cicli di carica e scarica durante la vita utile della batteria;
- **Vita Utile** (anni);
- **il rendimento energetico**, dato dal rapporto tra l'energia scaricata a potenza nominale, partendo da piena carica fino alla scarica completa, e l'energia fornita alla batteria per riportarla nello stato di carica iniziale;
- **il rendimento amperometrico**, dato dal rapporto tra la carica estratta dalla batteria partendo da piena carica fino a piena scarica e la carica che è necessario fornire alla batteria per riportarla nello stato di carica iniziale.

Per redigere una tabella di comparazione fra le diverse tecnologie, viene di seguito riportata una descrizione sintetica delle principali tipologie di sistemi di accumulo, ed in particolare:

- batterie ad alta temperatura;
- accumulatori al piombo acido;
- accumulatori al litio;
- accumulatori a flusso VRB.

Batterie ad alta temperatura

Le batterie **ad alta temperatura** comprendono le batterie sodio/zolfo e quelle sodio/cloruro di nichel (ZEBRA - Zero Emission Battery Research Activities). Una caratteristica di tali sistemi è la temperatura interna di funzionamento particolarmente elevata. Tali batterie operano a una temperatura di circa 300°C, necessaria a mantenere allo stato fuso gli elettrodi e ad aumentare la conducibilità dell'elettrolita. La vita media di questo tipo di dispositivi è superiore a quella delle batterie al piombo ma, a causa dell'elevata temperatura d'esercizio, occorre prevedere adeguati sistemi di sicurezza. Queste batterie si caratterizzano per una elevata energia specifica, alti rendimenti energetici e buona durabilità. Esse hanno tuttavia prestazioni generalmente inferiori rispetto a quelle al litio, pur presentando il vantaggio di essere totalmente indipendenti dalla temperatura ambiente. Inoltre, esse presentano il vantaggio di essere completamente riciclabili e avere una sicurezza intrinseca un po' più alta.

Accumulatori al piombo/acido

Gli accumulatori al piombo/acido sono costituiti da un elettrodo al piombo e da uno al biossido di piombo, immersi in una soluzione acquosa di acido solforico.

Esistono molteplici tipologie di accumulatori al piombo acido, che possono essere raggruppate in due categorie principali:

- accumulatori aperti, o VLA - Vented Lead Acid,
- accumulatori ermetici, o VRLA - Valve Regulated Lead Acid.

Gli accumulatori VLA, tuttora i più diffusi, sono caratterizzati dalla presenza di aperture che permettono l'uscita nell'ambiente circostante dei gas, essenzialmente idrogeno e ossigeno, prodotti durante la ricarica e trovano largo impiego in applicazioni stazionarie e nella trazione elettrica.

Negli accumulatori VRLA, l'idrogeno prodotto sulla piastra negativa viene convogliato verso la piastra positiva dove si ricombina con l'ossigeno ricostituendo acqua.

Gli accumulatori ermetici sono ormai ampiamente diffusi grazie al fatto di richiedere minore manutenzione, minore ingombro e di emettere quantità di idrogeno limitate.

Tali accumulatori presentano due svantaggi principali, che ne hanno limitato l'impiego:

- la forte disomogeneità costruttiva;
- i gas prodotti si ricombinano completamente soltanto fino a un certo valore della corrente di ricarica, oltre il quale parte di essi viene evacuata nell'ambiente esterno attraverso le valvole di sicurezza, provocando un graduale consumo dell'elettrolita ed un accelerato degradamento della batteria.

In genere gli accumulatori di tipo VLA hanno valori di energia specifica compresi tra 15 e 25 Wh/kg (corrispondenti ad una densità di energia di 30-50 Wh/l) e picchi di potenza specifica di 20-40 W/kg (40-80 W/l). Nelle realizzazioni speciali per la trazione elettrica stradale si raggiungono potenze specifiche di 70-80 W/kg. Gli accumulatori ermetici di tipo VRLA, essendo più compatti, hanno delle migliori prestazioni in termini di contenuto energetico, hanno, infatti, valori di energia specifica compresa tra 20 e 45 Wh/kg (40-90 Wh/l), con picchi di potenza di 60-150 W/kg (120-300 W/l).

La forza elettromotrice (FEM) delle celle al piombo acido è nominalmente di 2 V. Il suo valore effettivo in realtà dipende da diversi fattori esterni, come la densità dell'elettrolita, la temperatura, lo stato di carica, la corrente circolante, lo stato di invecchiamento. Un altro fenomeno importante di cui tenere conto è il cosiddetto fenomeno dell'autoscarica. Nelle batterie al piombo l'autoscarica è dovuta a varie reazioni parassite che consumano lentamente le cariche presenti e portano nel tempo alla scarica completa della batteria. In condizioni normali l'autoscarica determina una riduzione della carica della batteria pari a circa il 2-3% al mese.

La capacità nominale di un accumulatore è la capacità corrispondente ad un particolare regime di scarica sufficientemente rappresentativo del regime di lavoro cui la batteria è destinata. Generalmente per applicazioni stazionarie si assume come capacità nominale la capacità al regime delle 10 h. Le capacità di una cella al piombo disponibile industrialmente possono variare da poche decine fino a migliaia di Ah.

La vita attesa di un accumulatore al piombo può variare in base alla tipologia e alla gestione. Una batteria tipo SLI (per l'avviamento di motori a combustione interna) ha una vita attesa di 3-4 anni, mentre un accumulatore aperto stazionario, gestito in tampone e correttamente mantenuto può arrivare ad una vita di oltre 20 anni. Il numero di cicli di carica/scarica di una cella al piombo, con una profondità di scarica dell'80%, è tra 500 e 800.

Accumulatori ioni/litio

Gli accumulatori litio/ioni presentano numerose varianti e sono caratterizzati da un'elevata potenza specifica, motivo per il quale trovano largo impiego anche nella trazione elettrica. Lo svantaggio principale di queste soluzioni è costituito dal costo elevato determinato dalla necessità dei sistemi di sicurezza che devono essere adottati per cautelarsi rispetto a potenziali situazioni di sovraccarico.

La famiglia delle batterie al litio è piuttosto ampia ed è differenziata dal materiale catodico, che ne definisce le caratteristiche.

Sebbene esistano diverse tipologie di batterie litio-ioni, esse sono caratterizzate da una struttura comune, che include un anodo costituito da grafite, un catodo solitamente di un ossido litiato di un metallo di transizione (ad esempio ossido di cobalto, fosfato di ferro, ecc.), che garantisce una

struttura a strati o a tunnel nella quale gli ioni litio possono essere inseriti ed estratti facilmente. Un elettrolita liquido o polimerico che permette la conduzione degli ioni litio agisce da collegamento tra l'elettrodo positivo e quello negativo, che risultano tra loro separati da un opportuno strato isolante elettronico costituito generalmente da una poliolefina. Le reazioni elettrochimiche variano a seconda delle diverse tipologie di cella. In tal senso, la tensione a circuito aperto è di 3.6-3.85 V.

Tra le principali tipologie di accumulatori ioni/litio si annoverano:

- celle litio-ioni-polimeri
- batterie agli ioni di litio
- celle litio metallo-polimeri

Le prime, comunemente dette litio-ioni, sono le più diffuse e tecnicamente mature. In commercio sono disponibili batterie di piccola taglia (da frazioni di Ah fino alla decina di Ah) che sono diventate uno standard consolidato per l'alimentazione di piccoli elettrodomestici portatili (telefoni cellulari, *cordless*, *laptop*, ecc.), mentre le celle di taglia maggiore sono prodotte in misura limitata e per applicazioni specifiche.

Inoltre, si stanno diffondendo anche le celle litio-ioni-polimeri, che hanno un elettrolita solido di tipo polimerico e presentano minori rischi in termini di sicurezza.

Le celle relative alla terza tipologia dell'elenco appena riportato, in cui il litio è in forma metallica e allo stato liquido, presentano uno sviluppo ancora limitato in quanto sono caratterizzate da maggiori problemi di sicurezza e al momento non sono commercialmente disponibili.

La ricerca nel settore delle celle al litio è molto intensa e lo è stata particolarmente negli ultimi anni, prefiggendosi obiettivi quali il miglioramento e lo sviluppo di nuovi materiali elettrodi ed elettrolitici, l'aumento delle prestazioni, della vita attesa e dell'affidabilità. Tra le finalità perseguite nelle attività di ricerca e sviluppo vi è anche quella relativa all'aumento delle capacità delle celle: al momento infatti la maggior parte della produzione delle batterie al litio è assorbita dal mercato dell'elettronica di consumo per cui le celle prodotte sono di taglia limitata (al massimo pochi Ah). Tuttavia, la prospettiva di impiego delle celle per la propulsione dei veicoli elettrici e nel sistema elettrico ha portato alcuni produttori a sviluppare celle di taglia medio-grande (dell'ordine della decina di Ah).

Le batterie al litio sono sistemi ad elevata energia e pertanto devono essere trattate con la massima cura. Gli abusi elettrici, meccanici e termici possono determinare processi, come ad esempio la fuga termica, in grado di danneggiare la cella e, nel caso peggiore, di determinare anche la gassificazione e il rilascio di vapori infiammabili del solvente presente nell'elettrolita.

Per tali motivi, le celle Li-Ion sono spesso dotate di *Battery Management System* per la gestione delle grandezze di cella quali tensione, corrente, temperatura, il quale regola la carica ed interviene nel caso in cui i parametri di funzionamento superino i limiti prefissati. Inoltre, sempre per motivi di sicurezza le celle sono spesso dotate di contenitori metallici robusti.

Le batterie litio-ioni hanno un'energia specifica che può arrivare fino a 180 Wh/kg, corrispondente a una densità di energia di 270 - 380 Wh/l (la più elevata tra tutti i sistemi di accumulo elettrochimici). Le celle litio-ioni-polimeri hanno valori di energia specifica e densità di energia molto simili (140 - 150 Wh/kg), mentre la potenza specifica può arrivare a 2800 W/kg. Il rendimento energetico è molto elevato per entrambe le tecnologie, con valori fino al 95% dipendentemente dalle condizioni operative. Il tempo di vita in cicli delle celle è di 500 cicli con una profondità di scarica del 100%, ed è legato con legge logaritmica alla profondità di scarica.

L'aspetto più critico relativo alle celle litio-ioni riguarda il degrado generalmente subito da questi dispositivi nel tempo; tale degrado induce una progressiva riduzione della capacità della batteria rispetto ai dati di fabbrica, anche in assenza di cicli di carica/scarica.

Il range di temperatura di lavoro per questo tipo di batterie è molto ampio, può andare da -30 °C (per alcune celle di tipo commerciale fino a -60 °C) fino a 60 °C (la temperatura consigliata è 30 °C).

Batterie a circolazione di elettrolita

Le batterie a circolazione di elettrolita sono in grado di accumulare energia elettrica in soluzioni elettrolitiche utilizzando reazioni accoppiate di ossidoriduzione in cui sia i reagenti sia i prodotti di reazione, in forma ionica, sono disciolti in soluzione non necessariamente acquosa.

La maggior parte delle batterie a circolazione di elettrolita è basata sulla tecnologia del vanadio. Si tratta di un metallo raro e di transizione, usato perché permette di sfruttare i suoi quattro differenti stati di ossidazione. Tuttavia, le soluzioni al vanadio sono molto corrosive, per cui bisogna evitare il contatto degli elettrodi con le diverse parti metalliche dell'impianto.

Questa tecnologia, a differenza delle tecnologie al litio, presenta una bassa densità sia di potenza che energetica, circa 100 W/kg e 15-25 Wh/kg.

Oltre alla tecnologia basata sulla chimica del vanadio, esistono batterie a flusso ibride Zn-Br performanti e tecnologicamente mature, ma il cui funzionamento risulta condizionato dalla temperatura esterna: temperature esterne al range 0-40°C possono infatti creare problemi al sistema di circolazione dell'elettrolita.

Tabella di comparazione fra le diverse soluzioni tecnologiche sopra descritte

Il principale limite dei sistemi di accumulo elettrico di tipo elettrochimico, è rappresentato dalla velocità di carica e scarica. Le batterie infatti non possono essere caricate o scaricate a qualsiasi potenza ma devono essere rispettati precisi parametri di corrente, oltrepassati i quali le celle subirebbero danni irreversibili fino al pericolo di esplosione.

Qualunque tecnologia inoltre subisce nel tempo un processo di degradazione perché correlato al tempo, indipendentemente dalle ore di utilizzo che ne riduce il numero di cicli di carica/scarica.

Di seguito vengono riportate delle tabelle di comparazione fra le soluzioni tecnologiche sopra descritte, a mezzo delle quali è stato possibile scegliere la tecnologia da adottare per il progetto in esame.

Tecnologia	Vantaggi	Svantaggi
Litio-Ioni	<p>Vita utile > 4000 cicli di carica/scarica;</p> <p>Shelf Life molto alta. Possono rimanere stoccate in magazzino per lunghi periodi;</p> <p>Buona capacità di mantenere la carica iniziale anche in caso di mancato utilizzo;</p> <p>Alto tasso di utilizzo in scarica a corrente continua di 5C e impulsiva fino a 25C;</p> <p>Tempi di ricarica relativamente brevi</p>	<p>Si degradano se scaricare al di sotto di una soglia minima di tensione dichiarata dal Costruttore;</p> <p>Perdono in maniera permanente le loro capacità con temperature superiori a 65°C;</p> <p>Soffrono gli sbalzi di temperatura;</p> <p>Potenziabile rischio di esplosione in caso di sovraccarico o se sottoposte a temperature molto alte;</p>
	<p>Buona efficienza energetica;</p> <p>Buone performance se utilizzate con alti livelli di scarica;</p> <p>ampia gamma nelle temperature di utilizzo, da -40°C a +60°C;</p>	<p>Vita utile relativamente breve se confrontata con altre soluzioni di accumulo;</p> <p>peso elevato;</p> <p>bassa densità energetica;</p>

<p>Piombo/Acido</p>	<p>tensione di cella singola sufficientemente elevata;</p> <p>diverse possibilità per l'indicazione dello stato di carica;</p> <p>basso costo.</p>	<p>rischio di danneggiamento irreversibile a causa della solfatazione;</p> <p>alto contenuto di piombo, arsenico ed antimonio, molto pericolosi per la salute;</p> <p>necessità di trattare i rifiuti in modo adeguato e differenziato;</p> <p>alte correnti di cortocircuito che possono danneggiare irrimediabilmente la batteria.</p>
<p>Alta temperatura</p>	<p>Soluzione ecologica e flessibile per numerose applicazioni;</p> <p>Componentistica completamente riciclabile;</p> <p>Non necessario un sistema di raffreddamento;</p> <p>Notevole resistenza agli sbalzi di temperatura.</p>	<p>Limitate applicazioni, prevalentemente sulla rete;</p> <p>Alte temperature di funzionamento;</p> <p>Diffusione ancora limitata ma prospettive incoraggianti.</p>
<p>A circolazione di elettrolita</p>	<p>Disaccoppiamento di potenza ed energia, perché l'energia è determinata solamente dalla capienza dei serbatoi;</p> <p>Soluzione economica per stoccare l'energia a livello di rete;</p> <p>Numero indefinito di cicli di carica/scarica;</p> <p>Efficienza elevata;</p> <p>Carica facile e veloce della batteria mediante sostituzione dell'elettrolita;</p> <p>Vita utile > 20 anni;</p>	<p>Non adatte ad applicazioni di piccola taglia;</p> <p>Ingombri notevoli;</p> <p>Rapporto Energia/Volume relativamente basso;</p> <p>Sistema di complessità maggiore dei classici accumulatori.</p>

	<p>Manutenzione bassa;</p> <p>Facilità di monitoraggio dello stato di carica delle celle;</p>	
--	---	--

Tabella 2: vantaggi e svantaggi delle principali tecnologie di accumulo elettrochimico

Tecnologia	Efficienza energetica di carica/scarica	Numero di cicli	Vita attesa
Batterie ad alta temperatura Sodio/Cloruro di Nickel	90%	2500-3000 cicli	10-12 anni
Accumulatori al Piombo Acido	70-85%	1500-2500 cicli	5-7 anni
Accumulatori ioni/litio	85-95%	4000-5000 cicli	12-15 anni
Batterie a circolazione di elettrolita	60-85%	>15000 cicli	Circa 20 anni

Tabella 3: prestazioni delle diverse tecnologie di sistemi di accumulo

Soluzione tecnologica adottata

Il progetto in esame prevede la realizzazione di un sistema di accumulo elettrico “*Litio Ferro Fosfato (LFP)*” il quale, fra le tecnologie attualmente disponibili in commercio, presenta efficienze di conversione più elevate. L’accumulo avrà una potenza nominale di **15.000 kW ed una DC Usable Capacity di 29.880 kWh** con tempo di carica/scarica di 2 ore e sarà realizzato con n° 6 Energy Station da 2.500 kW. Ciascuna Energy Station, costituita da un comparto batterie e da gruppo di conversione e trasformazione, presenterà le caratteristiche riportate in tabella:

AC Connection Specification	30 kV 50 Hz
PV -Coupling	AC
Battery Enclosure Quantity, BOL	2
Bess Enclosure Usable Energy [MWh]	4,98
PCS Capacity [MVA]	2,5 MVA @ 50 ° C

Tabella 4: principali caratteristiche delle Energy Station

Nei successivi paragrafi, vengono descritte le caratteristiche dei vari componenti costituenti le Energy Station.

Sistema di accumulo

Il sistema di accumulo scelto è basato su batterie a celle Litio-Ferro-Fosfato. Esso include il sistema Building Management System integrato per la gestione e la comunicazione con le batterie, un bus in DC, un sistema di protezione contro le sovracorrenti, un sistema di riscaldamento e raffreddamento, un controller industriale per il controllo e l'interfaccia di comunicazione con sistema SCADA esterno e sistema di rilevamento e mitigazione degli incendi.

Vendor	BYD
Model	Cube Pro
Part Number	CP32-B2800-U-R2M01
Battery Cell	C15-H3 320Ah
Battery Cell Chemistry	LFP
Battery Configuration, System	8x 1P342S
Module Configuration	1P114S
Nominal Power	1245kW
Nominal Energy, DC Useable @ FAT	2.49MWh
Voltage Range	957.6 ~ 1231.2VDC,
Nominal Voltage	1094VDC
Auxiliary Power Interface	AC 480V,3P,4 Wire
Auxiliary System Peak Power Requirement @45°C	32.7kW
Ambient Operating Temp	-20°C ~ 55°C
Relative Humidity	5~95% non-condensing
Altitude	≤2000m without derating
Weight	≤30,000kg
Dimension (L x W x H)	9.8m x 1.7m x 2.645m
Thermal Management	Liquid-based cooling and heating
Ingress protection	IP55
Communication Protocol and Interface	Modbus TCP/IP

Tabella 5: Battery Enclosure Specifications

Power Conversion System

Il Sistema di Conversione e Trasformazione dell'energia elettrica scelto è del Tipo *Sungrow SC250HV-MW* e presenta le caratteristiche di seguito riportate:

DC Voltage Range	800 ~ 1300 VDC
Max. DC voltage	1500 V
Min. DC voltage	800 V
Max DC Current	3508 A
Max DC Power	2806 kW
DC Inputs	1 or 2 optional
Nominal AC Power	2750kVA@45°C/2500 kVA@50°C
Max AC Output Current	2886 A
AC Voltage	30kV
Grid Frequency	50Hz/45-55Hz, 60Hz/55-65Hz,
Inverter Port AC Voltage	440 ~ 632VAC; 550VAC nominal
Inverter Max Efficiency / Euro. Efficiency	98.8% / 98.5%
MV Transformer Rated Power	2500 kVA
Transformer LV/MV	0.55 / 30kV
Transformer Cooling	ONAN
DC Input Protection	Load break switch + fuse
AC Output Protection	Circuit breaker
Ground Fault Monitoring	Yes
Insulation Monitoring	Yes
Dimensions (W x H x D)	6.058m x 2.896m x 2.438m
Weight	17,000 kg
Ambient Operating Range	-30°C ~ 50°C without derating
Relative Humidity	0 – 95% (non-condensing)
Altitude	4000m (> 2000m derating)
Cooling	Forced Air
Communication	RS485, CAN, Ethernet, Fiber optional

Tabella 6: Power Station Specifications

Energy Station Controller

L'Energy Station Controller monitora e controlla le apparecchiature locali della Energy Station e funge da interfaccia con il controllore dell'impianto. Le specifiche tecniche sono deducibili dalla tabella di seguito riportata.

Interface to Plant Controller	Modbus TCP
Equipment Communication Interfaces	PCS/Inverter, Battery Enclosure Controller (LCC)
Functions	Start/Stop Energy Storage System
	Charge/Discharge Battery via Power Commands
	Prevent Grid Charging
	Control Ramp Rate of Power Delivery
	Couple Battery and PCS for operations
	Limit charge/discharge based on BMS values
	Monitor for and communication fault conditions
	Start/Stop based on fault conditions
	Communicate auxiliary equipment status (thermal management, fire detection, door sensors, environmental sensors)
Fault and Alarm Monitoring and Indication	PCS
	BMS
	Thermal Management
	Low/High SOC
	Over/Under Ambient Temperature
	Communication Faults
	Switchgear Status
	Fire Detection Status
Response Time	<500ms
Interface	Web-based
Remote Access	Yes
Real Time and Historical Data Availability	Battery power
	Remaining battery capacity
	Average battery SOC

	Faults and alarms
	Total energy delivered by battery
	Total energy consumed by the battery
	Total energy delivered to the grid
Data Storage Time Period	15 years
Data Storage Parameters	Min/max cell voltages
	Min/max cell temperatures
	SOC for each battery rack
	Current for each battery rack
	Ambient temperature
	Faults and alarms
	Power level
Cyber-security compliance	CAISO, NERC
Uninterruptible Power Supply	125% for 8 hours duration
Battery Remote Interface	Separate LAN support for BYD Remote Monitoring

Tabella 7: Energy Station Controller Specification

Procedure per la dismissione degli accumulatori

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

Gruppo di imballaggio

Ai sensi della normativa vigente, alle batterie non viene più assegnato il Gruppo di Imballaggio in quanto le batterie sono articoli e non sostanze e miscele. Quindi, se anche presente nelle schede tecniche del produttore per le batterie al litio e al sodio, il gruppo di imballaggio non verrà indicato sulla documentazione.

Imballaggio

Dato che le batterie sono considerate articoli pericolosi, esse in fase di trasporto verranno imballate e, come principio generale, gli imballaggi saranno omologati e conformi a quanto previsto dall'Accordo Europeo per il trasporto internazionale di merce pericolosa su strada, per garantire che il contenuto non fuoriesca in caso di incidente.

Etichette e marcature

Al fine di identificare la merce pericolosa contenuta all'interno dei colli, verranno applicate idonee etichette e marcature, le quali saranno visibili e non coperte da altre parti dell'imballaggio. Le etichette avranno dimensioni minime di 10 x 10 cm, mentre l'altezza del carattere della marcatura sarà di almeno pari a 12 mm.

Documento di trasporto

Nel documento di trasporto, verranno indicati:

- nome e indirizzo dello speditore;
- nome e indirizzo del destinatario;
- numero ONU della merce pericolosa;
- designazione ufficiale;
- classe;
- quantità totale di merce pericolosa trasportata;

- numero di colli;
- tipo di colli;

Riepilogo condizioni di trasporto su strada - batterie al litio

Le batterie al Litio-Ione sono sempre considerate merci pericolose e pertanto si applicano le restrizioni previste dall'Accordo Europeo per il trasporto internazionale di merce pericolosa su strada.

I colli verranno marcati con il numero UN3480 e presenteranno l'etichetta di pericolo classe 9.

Considerando che le batterie previste sono dotate di un contenitore esterno robusto e resistente agli urti, esse potranno essere trasportate nei seguenti modi:

- in robusti imballaggi esterni non omologati;
- in involucri di protezione (per esempio in casse completamente chiuse o in casse di legno);
- su pallet.

Per impedirne il movimento involontario verranno opportunamente fissate.