

COMUNE DI

PROGETTO



ELABORATO

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

LIV. PROG.	VERSIONE	TIPO DOC.	CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	DATA	SCALA

REVISIONI

REV	DATA	AUTORE	DESCRIZIONE	VER.	APP.

PROGETTAZIONE




Maya Engineering S.r.l.

Via M. D'Azeglio 2, 70017, Putignano (BA)  
T: +39 080 8937976 | E: info@maya-eng.com  
CF e P.IVA 08365980724

GRUPPO DI LAVORO

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI


RICHIEDENTE

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## SOMMARIO


<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. LOCALIZZAZIONE SITO</b> .....	<b>4</b>
2.1 Disponibilità delle aree e stato "ante-operam" .....	4
2.2 Le politiche energetiche ed il contesto normativo .....	6
2.3 IL RUOLO DELLO STORAGE .....	7
2.4 GENERALITÀ SUGLI STOCCAGGI.....	8
<b>3. SISTEMA DI ACCUMULO: GENERALITA'</b> .....	<b>9</b>
3.1 Norme tecniche e leggi di riferimento .....	9
3.2 Definizioni .....	9
<b>4. TECNOLOGIE AL LITIO PER L'ACCUMULO DI ENERGIA ELETTRICA</b> .....	<b>11</b>
4.1 Proprietà chimico fisiche del litio .....	11
4.2 Alcune definizioni di base .....	11
<b>5. ESPLOSIONE ED INCENDIO DI BATTERIE LITIO-IONE</b> .....	<b>14</b>
5.1 Incendio ed esplosione: generalita' .....	15
5.1.1 Esplosione.....	15
5.1.2 Incendio .....	16
5.1.3 Infiammabilità di una sostanza.....	17
5.1.4 Individuazione dei sistemi di estinzione .....	18
5.1.5 Determinazione della classe di fuoco .....	19
<b>6. IL SISTEMA DI ACCUMULO (BESS)</b> .....	<b>21</b>
6.1 Schemi di connessione e misura .....	21
6.2 Condizioni per l'installazione di sistemi di accumulo .....	22
6.3 Caratteristiche della connessione .....	23
6.4 Caratteristiche principali del sistema di storage .....	23
6.4.1 Quadri di bassa e media tensione .....	23
6.5 Descrizione generale dell'impianto storage .....	24
6.5.1 Battery Container .....	25
6.5.2 Battery Power Converter .....	27
6.6 Sistema batterie .....	29
6.7 Container .....	30
<b>7. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE E CONTROLLO</b> .....	<b>32</b>
7.1 Dispositivi di protezione e controllo all'interno della cella.....	32
7.2 Dispositivi di protezione e controllo all'esterno della cella .....	34
7.3 QUALITÀ ED AFFIDABILITÀ.....	35
<b>8. PREVENZIONE DEI RISCHI: BUONE PRATICHE DI ASSEMBLAGGIO DEGLI ACCUMULATORI E RUOLO DEL BMS</b> .....	<b>37</b>

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	1

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

<b>8.1</b>	<b>Dinamiche del guasto elettrico e loro prevenzione.....</b>	<b>37</b>
8.1.1	Dinamiche di guasto elettrico .....	37
8.1.2	Dinamiche di guasto elettrico .....	38
8.1.3	Prevenzione integrata nella cella .....	38
8.1.4	Costruzione di un pacco batterie – assemblaggio elettrico.....	39
<b>8.2</b>	<b>Prevenzione passiva – Il contenitore delle batterie .....</b>	<b>40</b>
<b>8.3</b>	<b>Prevenzione attiva – Il BMS.....</b>	<b>41</b>
8.3.1	Funzioni del BMS .....	41
8.3.2	Strutture ed interfaccia di un BMS.....	41
8.3.3	Problemi relativi al montaggio di celle in parallelo e alla scelta dei punti di misura della temperatura .....	42
8.3.4	Celle in serie: la funzione di equalizzazione .....	42
8.3.5	Possibili malfunzionamenti del BMS ed integrazione di protezioni indipendenti .....	44
<b>9.</b>	<b>SISTEMA ANTINCENDIO .....</b>	<b>45</b>
<b>10.</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DEGLI STOCCAGGI AL CHIUSO E ALL'APERTO .....</b>	<b>46</b>
<b>10.1</b>	<b>Caratterizzazione degli stoccaggi al chiuso .....</b>	<b>46</b>
10.1.1	Condizioni ambientali .....	46
10.1.2	Confinamento.....	46
10.1.3	Resistenza dei materiali.....	47
10.1.4	Predisposizione alla bonifica.....	47
<b>10.2</b>	<b>Caratterizzazione degli stoccaggi all'aperto .....</b>	<b>48</b>
10.2.1	Condizioni ambientali .....	48
10.2.2	Confinamento.....	48
10.2.3	esistenza dei materiali e predisposizione alla bonifica.....	48
10.2.4	Validità dei sistemi di protezione attiva .....	48
<b>11.</b>	<b>GESTIONE DEI RIFIUTI DI BATTERIE AL LITIO E BONIFICA DELLE AREE INTERESSATE DA EVENTI INCIDENTALI.....</b>	<b>49</b>
<b>11.1</b>	<b>Il Testo Unico Ambientale, la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti contaminati .....</b>	<b>49</b>
<b>11.2</b>	<b>Caratterizzazione dei rifiuti di batterie al litio.....</b>	<b>50</b>
11.2.1	Codice CER e Codice HP.....	50

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	2

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 1. PREMESSA

Il presente progetto ha come obiettivo la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "Tavernola" destinato alla produzione di coltivazioni orticole e la produzione di energia elettrica da fonte solare tramite l'impiego di moduli fotovoltaici. L'impianto verrà installato a terra utilizzando una tecnologia ad inseguimento solare con movimentazione mono-assiale (da est verso ovest).

L'iniziativa prevede la realizzazione di un impianto agro-voltaico destinato alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare integrato da un progetto agronomico.

Il modello, meglio descritto nelle relazioni specialistiche, si prefigge l'obiettivo di ottimizzare e utilizzare in modo efficiente il territorio, producendo energia elettrica pulita e garantendo, per il miglior utilizzo del suolo, una produzione agricola che ne mantenga il grado di fertilità.

L'iniziativa si inserisce nel quadro istituzionale identificato dall'art.12 del D.lgs. n. 387 del 29 dicembre 2003, che dà direttive per la promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

L'impianto fotovoltaico produrrà energia elettrica rinnovabile da fonte solare fotovoltaica. Il progetto si inserisce nel quadro generale della riconversione degli impianti per la produzione di energia elettrica da fonte fossile in favore degli impianti da fonte rinnovabili, in grado di produrre energia a prezzo concorrenziale senza l'utilizzo di materie prima di origine fossile.

E' ormai evidente come il clima negli ultimi anni ha subito un forte cambiamento con il verificarsi in maniera sempre più frequente eventi climatici estremi e di notevole intensità come alluvioni, uragani, scioglimento dei ghiacciai sulle montagne e quello dei ghiacciai delle calotte polari con la deriva di iceberg dell'estensione di centinaia di chilometri quadrati.

Con gli accordi sanciti dal Protocollo internazionale di Kyoto del 1997 e dal Libro Bianco italiano scaturito dalla Conferenza Nazionale Energia e Ambiente del 1998, l'Italia si è dotata di un piano Energetico Nazionale 2030, con l'obiettivo di raggiungere attraverso le energie rinnovabili l'indipendenza dalle materie prime di origine fossile provenienti dall'estero.

Questa nuova opportunità può contribuire a incrementare l'occupazione sul territorio con la creazione di migliaia di posti di lavoro e migliorare il tenore di vita e il reddito nelle regioni più svantaggiate e contribuire a conseguire una maggiore coesione economica e sociale.

In tale contesto lo sfruttamento dell'energia solare da fonte fotovoltaica, costituisce una valida risposta alle esigenze economiche ed ambientali sopra esposte.

Gli sfidanti obiettivi imposti dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNEIC) e dai programmi europei in termini di sviluppo della penetrazione rinnovabile hanno fatto sì che l'Italia si trovi oggi nel pieno di una intensa Transizione Energetica. Per cogliere gli obiettivi suddetti mantenendo alta la qualità dei servizi


forniti dal sistema elettrico nazionale e, in particolare, dalla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), è necessario da un lato un intenso sviluppo di impianti a Fonti Rinnovabili Non Programmabili (FRNP) in regime di grid party, e dall'altro lo sviluppo di tecnologie che abilitino una penetrazione sempre maggiore di FRNP mantenendo alta la qualità dei servizi sopracitati.

Nel PNEIC è indicato come obiettivo al 2030 la realizzazione di 6 GW di sistemi di accumulo per abilitare la Transizione Energetica: tra di essi, sebbene sia previsto che la quota maggiore sia coperta da impianti di pompaggio, un ruolo rilevante è ricoperto anche dai sistemi di accumulo elettrochimico, anche noti come Energy Storage Systems (ESS) o semplicemente batterie.

Se diverse tecnologie FRNP (PV, Wind onshore, ecc.) risultano ormai mature, con migliaia di MW installati sul territorio nazionale, al contrario le realizzazioni di batterie di grande taglia sono ancora poco diffuse, pur essendo alcune tecnologie già sviluppate ed affidabili.

Lo scopo della presente Relazione Tecnica è quindi quello di presentare il contesto tecnologico, normativo e di mercato in cui lo storage si inserisce, per poi articolare la proposta tecnica di un sistema di storage associato ad un impianto fotovoltaico.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	3

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 2. LOCALIZZAZIONE SITO

Dalla verifica cartografica condotta sul portale geografico dei comuni di **Foggia** e **Manfredonia** si evince che tutti i terreni oggetto di intervento ricadono in zona agricola **E**.

La superficie totale dell'intervento è pari a circa **87,16** ha. Di questa quella recintata ed utilizzata per l'installazione dei moduli fotovoltaici è circa **689.882,2 m<sup>2</sup> (68,99 ha)** e le restanti aree saranno destinate alle fasce di rispetto.

L'area impianto risulta essere distante dai centri abitati collocandosi ad una distanza di circa **12,0 km** dal Comune di **Foggia**, **24 km** dal Comune di **Manfredonia**.

L'area è servita dalla SP 116 Adriatica e dalla viabilità locale ed interpodereale. Di seguito si riportano le coordinate geografiche e l'ubicazione:

- o Latitudine: 41.491253°N
- o Longitudine: 15.690981°E
- o Altitudine: 32 m s.l.m.



Figura 1: Rappresentazione del tracciato degli elettrodotti su base Ortofoto

Nella Tabella sono riassunti i dati di progetto relativi all'ubicazione dell'impianto (attraverso coordinate geografiche identificative del suo punto baricentrico), nonché l'estensione dell'area su cui ricade l'intervento.

<b>Denominazione impianto</b>	TAVERNOLA
<b>Regione</b>	PUGLIA
<b>Provincia</b>	FOGGIA
<b>Comune</b>	FOGGIA, MANFREDONIA
<b>Estensione area interessata dall'intervento</b>	689.882,2 m <sup>2</sup> (68,99 ha)
<b>Longitudine</b>	15.600981°E
<b>Latitudine</b>	41.491253°N
<b>Elevazione</b>	32 m. s.l.m.


Tabella 1: Dati geografici di progetto

### 2.1 Disponibilità delle aree e stato "ante-operam"

Si precisa che le particelle su cui ricadrà l'impianto fotovoltaico in oggetto sono nella disponibilità della società, con contratti preliminari di diritto di superficie e/o compravendita legalizzati, ciò nonostante, le suddette aree sono state inserite nel presente piano particellare di esproprio/servitù con lo scopo di garantire l'eseguibilità dell'opera ad autorizzazione ottenuta:

Nella seguente tabella vengono riportati i dati catastali relativi alle aree di intervento:

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	4

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWp, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Fogli e particelle catastali interessate dal progetto		
<b>Area impianto</b>		
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Foggia (FG)	106	42-43-152-154-157
Foggia (FG)	107	3-4-13-20-21
Manfredonia (FG)	99	6-7-58-72
<b>Area Sistema di Accumulo (SdA)</b>		
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Manfredonia (FG)	129	486
<b>Collegamento in MT al Sistema di Accumulo (interrato)</b>		
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Foggia (FG)	107	4-20-21-SP76
Foggia (FG)	108	SP76-SP73
Foggia (FG)	109	SP73
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Manfredonia (FG)	99	SP73
Manfredonia (FG)	96	SP73
Manfredonia (FG)	96	S76
Manfredonia (FG)	95	SP76
Manfredonia (FG)	101	SP76-SP70-113
Manfredonia (FG)	129	485
<b>Collegamento in AT alla Stazione Elettrica (interrato)</b>		
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Manfredonia (FG)	129	485
Manfredonia (FG)	101	113-SP70
Manfredonia (FG)	128	SP70-52-97-139-79


Tabella 2: Dati catastali di progetto

Nella tabella seguente sono elencate e descritte le principali caratteristiche tecniche e i dati di impianto:

<b>Potenza nominale generatore</b>	45 MWp
<b>Tipo strutture di montaggio moduli fotovoltaici</b>	Inseguitori (tracker) mono-asse infissi al suolo
<b>Moduli fotovoltaici (tipo)</b>	RISEN TITAN RSM120-8-605M – bifacciali - monocristallino
<b>Tensione max sistema</b>	1500 Volt
<b>Potenza nom. modulo fotovoltaico</b>	605 Wp
<b>Totale moduli fotovoltaici</b>	82.076
<b>Moduli per stringa</b>	34
<b>Totale stringhe</b>	1500
<b>Potenza nominale impianto fotovoltaico (DC)</b>	49,66 MWp
<b>Inverter (tipo)</b>	SUNGROW SG350HX
<b>Potenza max inverter</b>	350 MW (PF=1)
<b>Totale inverter</b>	141
<b>Potenza max totale inverter (AC)</b>	45,12 MW (PF=1)
<b>Tensione uscita inverter</b>	800 Volt
<b>Trasformatore (tipo)</b>	Skid (aperti) completi di protezioni MT (IP65)
<b>Potenza trasformatore</b>	3.150 kVA
<b>Tensione primario/secondario trasformatore</b>	36/0,8 kV
<b>Totale trasformatori</b>	21
<b>Potenza totale trasformatori</b>	51.100 kVA
<b>Unità di accumulo</b>	3,727 MWh
<b>Potenza max unità di accumulo</b>	3,450 MW
<b>Totale unità di accumulo</b>	3
<b>Potenza totale sistema di accumulo</b>	10,35 MW
<b>Rete di collegamento</b>	Alta tensione 36 kV
<b>Gestore della rete</b>	TERNA S.p.A.
<b>Potenza immissione richiesta</b>	55 MW

Tabella 3: Specifiche e caratteristiche dell'impianto di produzione

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	5

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RTSdA

## 2.2 Le politiche energetiche ed il contesto normativo

Lo sviluppo delle FRNP è fortemente supportato dalle politiche energetiche dei governi, sia a livello mondiale (COP 21, accordi di Parigi), sia a livello comunitario (pacchetto Clima-Energia 2030 europeo), sia a livello nazionale (PNEIC).

L'obiettivo comune primario è la lotta ai cambiamenti climatici, che deve essere realizzata perseguendo diversi obiettivi chiave:

- **decarbonizzazione**, ossia riduzione di emissione di gas clima alteranti (CO<sub>2</sub> in primis), attraverso un progressivo abbandono delle fonti energetiche fossili;
- **sviluppo delle FRNP**, che deve avvenire parallelamente all'abbandono delle fonti fossili e deve essere accompagnato dallo sviluppo di nuovi modelli di sistemi energetici e reti elettriche che consentano di accogliere tale sviluppo in maniera sostenibile (generazione distribuita, smart grid, ESS, ecc.);
- **riduzione dei consumi energetici** attraverso l'efficientamento energetico degli usi finali dell'energia

Come evidenziato nel secondo punto, una condizione necessaria allo sviluppo delle FRNP è che le reti elettriche e i sistemi energetici nazionali siano sufficientemente pronti a gestirne l'aleatorietà della produzione.

In Italia le FRNP hanno priorità di dispacciamento rispetto agli impianti la cui produzione è programmabile, e Terna, in qualità di Transmission System Operator (TSO), si occupa dell'approvvigionamento di risorse per garantire la stabilità della RTN tramite il Mercato per il Servizio di Dispacciamento (MSD), nonché della gestione dei flussi di potenza in tempo reale.

Il MSD è lo strumento attraverso il quale vengono approvvigionate le risorse necessarie alla gestione e al controllo del sistema elettrico nazionale (risoluzione delle congestioni intrazonali, creazione della riserva, bilanciamento in tempo reale).

Sul MSD le offerte presentate dai soggetti abilitati che vengono accettate, sono remunerate al prezzo presentato (pay-as-bid). Fino al 30/05/2017, gli unici soggetti abilitati al MSD erano solamente le Unità di Produzione (UP) rilevanti (ossia di taglia superiore a 10 MW) ad esclusione di quelle non programmabili (PV, Wind, ecc.). Tali soggetti sono obbligati a presentare in ogni sessione di mercato le offerte per i vari servizi di dispacciamento (per ulteriori approfondimenti si rimanda al Codice di Rete).

A seguito della Delibera 300/2017/R/eel dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA), dal titolo "Prima apertura del mercato per il servizio di dispacciamento (MSD) alla domanda elettrica e alle unità di produzione anche da fonti rinnovabili non già abilitate nonché ai sistemi di accumulo. Istituzione di progetti pilota in vista della costituzione del testo integrato dispacciamento elettrico (TIDE) coerente con il balancing code europeo" sono stati avviati i primi step per la progressiva apertura del MSD a nuovi soggetti (la domanda, la generazione distribuita, le FRNP rilevanti, ecc.), tramite una serie di progetti pilota.

Con le delibere dell'ARERA 372/2017/R/eel e 583/2017/R/eel sono poi stati rispettivamente approvati i regolamenti (predisposti da Terna) relativi ai progetti pilota che disciplinano la partecipazione al MSD delle seguenti categorie:


- Le Unità di Consumo Virtuali Abilitate (UVAC), costituite da uno o più impianti di consumo connessi alla rete aventi le seguenti caratteristiche:
  - i. "Potenza Massima di Controllo11, intesa come la massima quantità di prelievo che può essere modulata in riduzione, superiore a 1 MW;
  - ii. in grado di incrementare la propria immissione (cioè, fisicamente, di modulare in riduzione il prelievo degli impianti di consumo associati alla UVAC) entro 15 minuti dalla ricezione dell'ordine di dispacciamento di Terna per un valore non inferiore alla quantità minima di cui sopra, e sostenere tale riduzione per un periodo almeno pari a due ore consecutive;
  - iii. ogni impianto di consumo deve essere dotato di un sistema di misura della potenza rispondente ai requisiti individuati da Terna; Nel caso delle UVAC, è ammesso che le Unità di Consumo possano avere al loro interno anche sistemi di generazione purché questi.
- Le Unità di Produzione Virtuali Abilitate (UVAP), costituite da uno o più punti di immissione ai quali siano connessi esclusivamente impianti di produzione (attualmente esclusivamente non rilevanti), caratterizzate dai seguenti attributi:
  - i. per servizio di riserva sia nella modalità a salire che a scendere: essere in grado di aumentare o ridurre la potenza immessa di almeno 1 MW;
  - ii. per servizio di riserva solo a salire: essere in grado di aumentare la potenza immessa di almeno 1 MW;
  - iii. per servizio di riserva solo a scendere: essere in grado di ridurre la potenza immessa di almeno 1 MW;
  - iv. devono essere in grado di modulare in incremento (o in decremento) l'immissione entro 15 minuti dalla ricezione dell'ordine di dispacciamento di Terna e sostenere tale modulazione per un periodo almeno pari a due ore consecutive;
  - v. ogni impianto di produzione deve essere dotato di un sistema di misura della potenza rispondente ai requisiti individuati da Terna.

Con la delibera 422/2018/R/eel i sopracitati progetti sono confluiti nel progetto pilota delle Unità Virtuali Abilitate Miste.

A questi progetti si aggiungono anche:

- FRNP rilevanti, ossia impianti rinnovabili non programmabili di taglia superiore a 10 MW. Il regolamento è in corso di approvazione da parte dell'ARERA (383/2018/R/eel);

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	6

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

- Unità di Produzione Integrate, ossia UP tradizionali affiancate da sistemi di storage elettrochimico. Il regolamento deve essere presentato all' ARERA per l'approvazione, essendo chiusa la fase di consultazione con gli operatori (402/2018/R/eel);
- Inoltre da dicembre 2019 risulta in consultazione, da parte di TERNA, un progetto pilota denominato "Riserva Ultrarapida" caratterizzato dalle seguenti requisiti principali
- Taglia minima a livello di aggregato almeno pari a 5 MW e taglia massima al più pari a 25 MW (l'obiettivo è di evitare eccessiva concentrazione di riserva in pochi aggregati/dispositivi e assicurare una maggiore disponibilità media delle risorse);
- Essere in grado di fornire una regolazione continua e automatica della frequenza nel rispetto dei vincoli di tempo di attivazione, durata e modalità di seguito definite e indipendentemente dal tipo di tecnologia;
- Essere in grado di fornire la risposta entro 1 secondo dall'evento di deviazione della frequenza (secondo le modalità definite da Terna), di regolare continuativamente il profilo di potenza richiesto per 30 secondi e di eseguire una derampa lineare fino a potenza nulla entro tempo di default di 5 minuti;
- Essere in grado di garantire una durata minima di erogazione del servizio a piena potenza pari a 15 minuti sia a salire sia a scendere.

Nonostante il progetto pilota della riserva Ultra-rapida risulti essere tecnologicamente neutro, la caratteristica del terzo punto (risposta completa del sistema entro 1 secondo) rende il progetto dedicato quasi esclusivamente ai sistemi di accumulo elettrochimico.

### 2.3 IL RUOLO DELLO STORAGE

I sistemi di storage elettrochimico, più comunemente noti come batterie, sono in grado, se opportunamente gestiti, di essere asserviti alla fornitura di molteplici applicazioni e servizi di rete.

Uno sviluppo sostenuto degli ESS, grazie appunto ai servizi che sono in grado di erogare verso la rete, è il fattore abilitante per una penetrazione di FRNP molto spinta, che altrimenti il sistema elettrico nazionale non sarebbe in grado di accogliere in maniera sostenibile per la rete.

Una prima classificazione degli ESS può essere fatta in base a chi eroga e/o beneficia di tali applicazioni e servizi (produttori di energia, consumatori, utility).

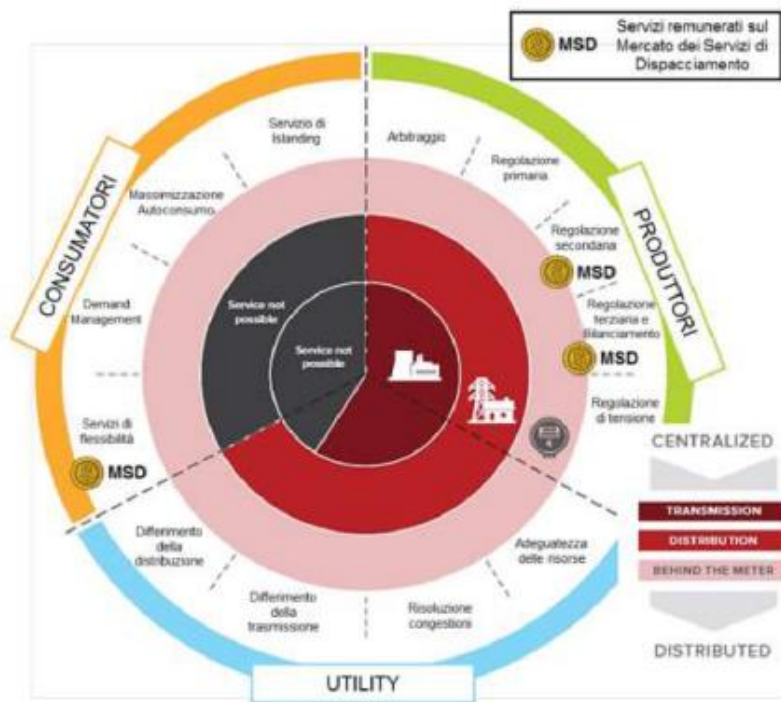



Figura 2: Diversi servizi erogabili dai sistemi Storage

Limitatamente alle applicazioni di interesse per i Produttori, vengono di seguito elencate tutte le applicazioni e i servizi di rete che possono essere erogati dalle batterie:

- Arbitraggio: differimento temporale tra produzione di energia (ad esempio da fonte rinnovabile non programmabile, FRNP) ed immissione in rete della stessa, per sfruttare in maniera conveniente la variazione del prezzo di vendita dell'energia elettrica;

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	7



<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

- Regolazione primaria di frequenza: regolazione automatica dell'erogazione di potenza attiva effettuata in funzione del valore di frequenza misurabile sulla rete e avente l'obiettivo di mantenere in un sistema elettrico l'equilibrio tra generazione e fabbisogno;
- Regolazione secondaria di frequenza: regolazione automatica dell'erogazione di potenza attiva effettuata sulla base di un segnale di livello inviato da Terna e avente l'obiettivo di ripristinare gli scambi di potenza alla frontiera ai valori di programma e di riportare la frequenza di rete al suo valore nominale;
- Regolazione terziaria e Bilanciamento: regolazione manuale dell'erogazione di potenza attiva effettuata a seguito di un ordine di dispacciamento impartito da Terna e avente l'obiettivo di:
  - o ristabilire la disponibilità della riserva di potenza associata alla regolazione secondaria;
  - o risolvere eventuali congestioni;
  - o mantenere l'equilibrio tra carico e generazione.
- Regolazione di tensione: regolazione dell'erogazione di potenza reattiva in funzione del valore di tensione misurato al punto di connessione con la rete e/o in funzione di un setpoint di potenza inviato da Terna.

## 2.4 GENERALITÀ SUGLI STOCCAGGI

Le batterie al litio, pile e accumulatori, e gli apparecchi utilizzatori che le contengono, a livello internazionale sono definite "merci pericolose" e, pertanto, sono sottoposte alle norme internazionali applicabili al trasporto di merci pericolose lungo il loro intero ciclo di vita. Vale a dire: dal sito di produzione fino al conferimento dei rifiuti e alla loro gestione come tali, fino agli impianti di riciclo.

Lo stoccaggio di merci pericolose è sottoposto, in relazione alle quantità e alle tipologie di merce, alle norme giuridiche di tutela ambientale (TU Ambiente), di tutela dei lavoratori addetti (D.lgs. 81/08 e s.m.i.), di prevenzione del rischio incendio (Attività soggette) e di prevenzione dei rischi di incidente rilevante (Direttiva Seveso III). In tutti questi casi, la prevenzione dei rischi è affidata alla individuazione sistematica dei pericoli e alla loro gestione, tra cui le misure necessarie per la prevenzione delle incompatibilità chimico-fisiche con sostanze, miscele o articoli, che possono portare ad aggravamenti del rischio.

Lo studio condotto sullo stoccaggio di batterie al litio ha consentito di individuare i pericoli di questa tecnologia, ma necessita ulteriori approfondimenti sulle incompatibilità di natura chimica.


Per le pile al litio metallico, sebbene siano sigillate, la presenza di tale elemento impone la prevenzione del contatto con l'acqua o la gestione in ambienti troppo umidi o che sottopongano a stress meccanico o chimico le sigillature, questione questa da risolvere attraverso la scienza dei materiali.

Per gli accumulatori al litio, lungo tutto il ciclo di vita, vanno individuate le cause esterne di natura chimica e fisica che possono portare alla perdita di sigillatura ovvero alla perdita dell'integrità dei contenitori di celle e batterie, e le condizioni di incompatibilità chimica.

Considerando la composizione chimica di questi sistemi, l'abuso termico è ciò che va evitato per primo: vanno quindi gestite correttamente sia la prossimità con materiali che possono incendiarsi (sostanze infiammabili o combustibili) o provocare incendi (agenti ossidanti), che l'esposizione ad alta temperatura o a condizioni di irraggiamento termico ambientale che producono accumulo di calore all'interno o sulle superfici dei sistemi litio-ione.

La differenza tra stoccaggio passivo e stoccaggio attivo consente di individuare un aggravamento del rischio collegato ai cicli di carica e scarica, alla maggiore quantità di energia elettrica immagazzinata come energia chimica e al cambiamento della composizione chimica in funzione di parametri elettrici, quali, ad esempio, stato di carica, e velocità di carica/scarica, come pure del normale processo di invecchiamento e di impurezze eventualmente presenti "ab origine" che, nel tempo, possono condurre a invecchiamento precoce o innescare reazioni non desiderate portando il sistema di accumulo nel campo della instabilità chimico-fisica.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	8

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

### 3. SISTEMA DI ACCUMULO: GENERALITA'

Ogni impianto fotovoltaico ha la necessità di essere servito da una fornitura di energia elettrica per l'alimentazione dei servizi ausiliari. Infatti, durante il periodo di non funzionamento dell'impianto di produzione, come ad esempio nel periodo notturno, le apparecchiature elettriche che sono in funzione vengono alimentati da una fornitura esterna definita dei "servizi ausiliari".

In particolare, "la potenza elettrica assorbita dai servizi ausiliari è la potenza elettrica consumata dai servizi ausiliari della centrale direttamente connessi con la produzione di energia elettrica e comprende quella utilizzata – sia durante l'esercizio che durante la fermata della centrale – per gli impianti di movimentazione del combustibile, per l'impianto dell'acqua di raffreddamento, per i servizi di centrale, il riscaldamento, l'illuminazione, per le officine e gli uffici direttamente connessi con l'esercizio della centrale".

Gli impianti fotovoltaici, a seconda della tipologia di installazione, si possono qualificare come a Cessione Totale o in Autoconsumo, la differenza tra i due è che il primo tipo utilizza una fornitura di energia dedicata per alimentare i servizi ausiliari di generazione, mentre nel secondo questi vengono alimentati direttamente dalla stessa produzione della centrale. Nei momenti della giornata di non produzione, durante la notte ad esempio, i servizi ausiliari vengono alimentati dallo stesso collegamento che serve all'immissione dell'energia elettrica prodotta.

La disponibilità attuale sul mercato di Sistemi di Accumulo offre la possibilità di alimentare i servizi ausiliari con energia prodotta dallo stesso impianto. Infatti, durante il giorno una parte dell'energia prodotta anziché essere immessa nella rete elettrica nazionale viene utilizzata per ricaricare delle batterie, che verranno utilizzate per alimentare appunto i servizi ausiliari durante le ore di non funzionamento dell'impianto.

#### 3.1 Norme tecniche e leggi di riferimento

L'attuale quadro regolatorio definisce:

- le disposizioni per la connessione alla rete dei sistemi di accumulo;
- le condizioni per l'erogazione del servizio di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica prelevata dai sistemi di accumulo;
- le condizioni per l'erogazione del servizio di dispacciamento in presenza di sistemi di accumulo;
- le disposizioni inerenti all'erogazione del servizio di misura in presenza di sistemi di accumulo;
- le condizioni per la corretta erogazione degli incentivi o dei regimi commerciali speciali (ritiro dedicato e scambio sul posto), in caso di integrazione di sistemi di accumulo negli impianti di produzione che ne beneficiano;
- i servizi di rete che dovranno essere prestati dai sistemi di accumulo.

Il Comitato Elettrotecnico Italiano, nel mese di luglio 2016, ha pubblicato la Variante V2 alla Norma CEI 0-16 e la nuova edizione della Norma CEI 0-21, in vigore a partire dal 1° agosto 2016.

In particolare, con la nuova edizione della Norma CEI 0-21, il CEI ha:

- allineato la Norma CEI 0-21 alle disposizioni previste dalla Norma europea CEI EN 50438 che comporta tra l'altro l'estensione del campo di applicazione delle disposizioni previste per gli utenti attivi anche agli impianti di produzione con potenza nominale inferiore a 1 kW;
- aggiornato le prescrizioni relative agli inverter e ai sistemi di protezione di interfaccia;
- definito i protocolli di test direttamente applicabili ai sistemi di accumulo e le specifiche per l'esecuzione delle prove (Allegato B);
- aggiornato lo schema standard del regolamento di esercizio, comprensivo delle verifiche periodiche dei sistemi di protezione (Allegato G).

Le opere previste per la realizzazione di un impianto di accumulo sono soggette alla normativa dell'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambienti n. 574/2014/R/EEL del 20.11.2014 "Disposizioni relative all'integrazione dei sistemi di accumulo di energia elettrica nel sistema elettrico nazionale" e s.m.i., ed alla norma tecnica CEI 0-16 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica".


Di seguito vengono forniti i principali riferimenti tecnico-normativi e legislativi per la connessione dei sistemi di accumulo alle reti elettriche di distribuzione in Italia (Fonte GSE).

In particolare, si definiscono le prescrizioni tecniche che devono soddisfare i sistemi di accumulo secondo quanto riportato nelle varianti di dicembre 2014 delle Norme CEI 0-21 e CEI 0-16.

#### 3.2 Definizioni

Prima di entrare nel merito delle considerazioni tecniche che hanno portato alle scelte di progetto è necessario precisare i termini della questione, definendo i parametri essenziali secondo la normativa tecnica.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	9

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

**Sistema di Accumulo (SdA):** è un insieme di dispositivi, apparecchiature e logiche di gestione e controllo, funzionale ad assorbire e rilasciare energia elettrica, previsto per funzionare in maniera continuativa in parallelo con la rete con obbligo di connessione di terzi o in grado di comportare un'alterazione dei profili di scambio con la rete elettrica (immissione e/o prelievo). Il sistema di accumulo può essere integrato o meno con un impianto di produzione (se presente).

Non rientrano i sistemi utilizzati in condizioni di emergenza che, pertanto, entrano in funzione solo in corrispondenza dell'interruzione dell'alimentazione dalla rete elettrica per cause indipendenti dalla volontà del soggetto che ne ha la disponibilità.

**Sistema di Accumulo Bidirezionale:** è un sistema di accumulo che può assorbire energia elettrica sia dall'impianto di produzione che dalla rete con obbligo di connessione di terzi.

**Sistema di Accumulo Monodirezionale:** è un sistema di accumulo che può assorbire energia elettrica solo dall'impianto di produzione.

**Sistema di Accumulo Lato Produzione:** è un sistema di accumulo installato o nel circuito elettrico in corrente continua (eventualmente anche integrato nell'inverter) o nel circuito elettrico in corrente alternata, nella parte di impianto compresa tra l'impianto di produzione e il misuratore dell'energia elettrica prodotta.

**Sistema di Accumulo Post Produzione:** è un sistema di accumulo installato nella parte di impianto compresa tra il misuratore dell'energia elettrica prodotta e il misuratore dell'energia elettrica prelevata e immessa.

**Energia elettrica assorbita da un sistema di accumulo:** è l'energia elettrica che il sistema di accumulo ha assorbito.

**Energia elettrica prelevata da un sistema di accumulo:** è la parte dell'energia elettrica prelevata dalla rete elettrica destinata ad essere assorbita dal sistema di accumulo;


**Energia elettrica immessa da un sistema di accumulo:** è la parte dell'energia elettrica immessa nella rete elettrica rilasciata dal sistema di accumulo;

**Energia elettrica rilasciata da un sistema di accumulo:** è l'energia elettrica che il sistema di accumulo ha rilasciato;

**Potenza nominale del sistema di accumulo:** è il valore nominale della potenza che il sistema di accumulo è in grado di assorbire e di rilasciare;

**Regimi commerciali speciali:** sono rappresentati dai meccanismi di scambio sul posto ai sensi della deliberazione 570/2012/R/efre di ritiro dedicato ai sensi della deliberazione n. 280/07.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	10

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

#### 4. TECNOLOGIE AL LITIO PER L'ACCUMULO DI ENERGIA ELETTRICA

Le particolari proprietà chimico-fisiche del litio hanno consentito lo sviluppo di tecnologie per l'accumulo di energia elettrica sotto forma di energia chimica: il litio metallico viene utilizzato per la realizzazione di pile e accumulatori, mentre lo ione litio (Li+) ha consentito la produzione di accumulatori e supercondensatori ibridi.

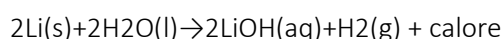
##### 4.1 Proprietà chimico fisiche del litio

Il litio è il terzo elemento della Tavola Periodica degli Elementi, dopo l'idrogeno e l'elio. E' il primo elemento del Primo Gruppo (Metalli alcalini), ha numero atomico Z=3 e configurazione elettronica 1s22s; peso atomico 6,941 UMA, raggio atomico pari a 0,152 nm e raggio ionico pari a 0,07 nm. Il suo valore di

elettronegatività è pari ad 1 e il potenziale standard di riduzione (in ambiente acquoso) è -3,04 V. E' dunque un metallo altamente riducente che tende a cedere il suo elettrone per raggiungere la configurazione 1s2 dell'elio, di massima stabilità.

Si tratta di un elemento altamente reattivo che non si trova puro in natura.

A contatto con l'acqua, il litio metallico reagisce con formazione di idrogeno, idrossido di litio e calore:



Se confrontata con quelle del sodio e del potassio, questa reazione è meno violenta. L'idrogeno prodotto porta alla formazione di una fiamma aranciata.

Il litio reagisce con ossigeno (combustione con formazione di fiamma rossa), idrogeno e con azoto, per dare, rispettivamente, ossido di litio/perossido di litio (usato nell'industria aerospaziale e sottomarina, in quanto intrappola CO2, con formazione del carbonato e sviluppo di ossigeno), idruro di litio (tra i 250°C e i 350 °C), azoturo di litio (LiN3- instabile e tossico) e nitruro di litio (Li3N, l'unico nitruro stabile di metalli alcalini):



Reagisce, infine, anche con l'anidride carbonica, con formazione del carbonato Li2CO3.

##### 4.2 Alcune definizioni di base

Una batteria è un dispositivo in grado di convertire energia chimica in energia elettrica, tramite una reazione chimica di ossidazione (reazione Redox), che implica trasferimento di elettroni. I principali elementi costitutivi sono l'anodo, il catodo, l'elettrolita e il ponte salino.

Più propriamente, una batteria è un insieme di più celle (o elementi) collegate tra loro in serie o in parallelo (o in entrambi i modi) a seconda della tensione e della capacità che si desiderano ottenere. In Figura 1 si presenta, a titolo di esempio, la configurazione 2p4s di una batteria di capacità pari a 4Ah e tensione nominale pari a 16,8V, realizzata con 8 celle da 2Ah e 4,2V.

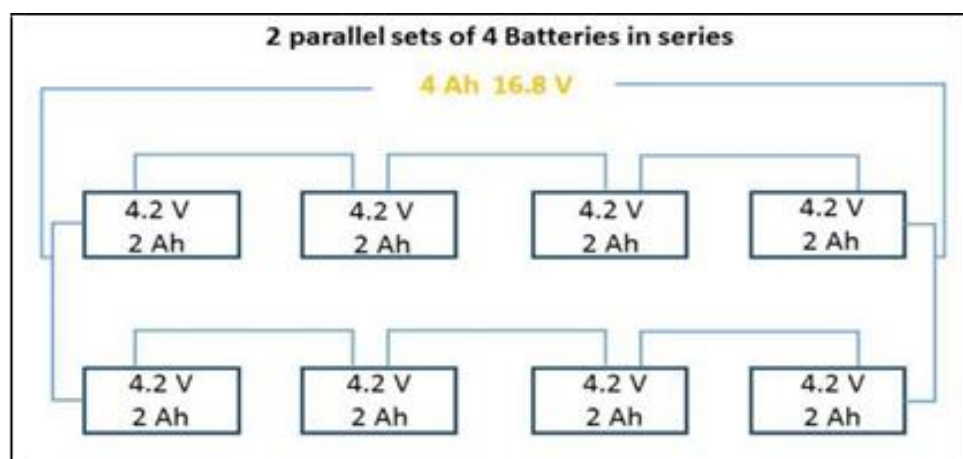



Figura 3: Esempio di configurazione di una batteria

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	11

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RTSdA

Le batterie possono essere di due tipi: non ricaricabili (pile) o ricaricabili (accumulatori). Nel primo caso la reazione elettrochimica è non reversibile ed il dispositivo è utile per l'erogazione di corrente; nel secondo caso, la reazione elettrochimica reversibile, consente sia l'erogazione che l'accumulo di corrente proveniente da fonti esterne.

Nel linguaggio internazionale che deriva dalla normativa tecnica, le batterie non ricaricabili sono denominate "batterie primarie" e quelle ricaricabili, "batterie secondarie".

Nel caso di sistemi che utilizzano il litio (Figura 2), il litio metallico (Li) viene impiegato sia per la realizzazione di batterie primarie che secondarie. Allo ione litio (Li +) è riservato il dominio degli accumulatori o batterie Litio-ione (LIB- Lithium Ion Battery) e quello dei supercondensatori. In generale si ha:

- **Batterie al litio primarie** (non ricaricabili): sono costituite da una o più celle monouso che contengono un anodo in litio metallico. A livello commerciale sono denominate "batterie o pile al litio", "batterie o pile al Litio metallico".
- **Batterie al litio secondarie** (ricaricabili): sono costituite da una o più celle (unità elementare commerciale) ricaricabili, contenenti un anodo costituito da un ossido metallico litiato e un catodo generalmente in grafite, tra i cui piani cristallini si intercala lo ione litio nei processi di carica e scarica. A livello commerciale sono denominate come "batterie Litio - ione" o "batterie agli ioni di litio".

All'aumentare della richiesta di energia del dispositivo utilizzatore, aumenta la dimensione della batteria: dal punto di vista elettrico, aumenta la quantità di energia in grado di essere immagazzinata, con riflessi sui valori di capacità e di tensione; mentre dal punto di vista chimico, aumenta la quantità di materia messa in gioco. In Tabella 1 si presentano i fattori di scala di accumulatori al litio, connessi a diverse applicazioni.

Numerose sono le grandezze elettriche che definiscono le caratteristiche delle batterie al litio: nella Appendice 1 A ne viene presentato un elenco non esaustivo. Numerose le tipologie di composizione chimica, delle quali parleremo nei capitoli successivi.

La composizione chimica, le caratteristiche elettriche e la forma/ingegneria di realizzazione sono alla base della scelta consapevole del sistema più adatto ad un determinato uso finale.

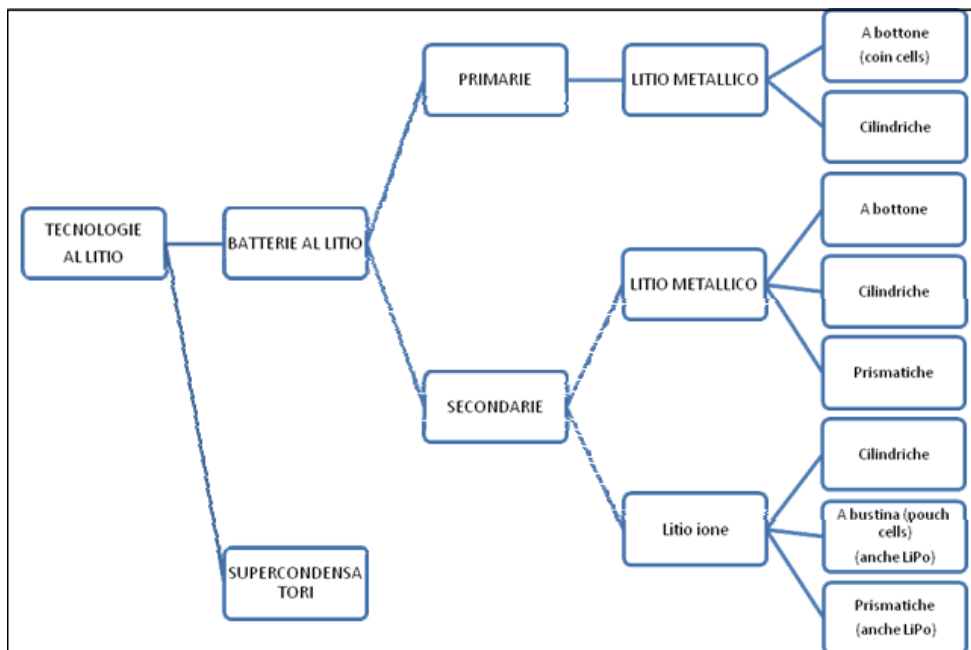



Figura 4: Tecnologie di accumulo basate sul litio

Tipologia di impiego	Capacità della batteria		Peso delle batterie	Esempi
Dispositivi portatili	Bassa	Fino a 100 Wh	Fino ad 2 kg	Sigarette elettroniche: <b>3.7 V, 2.2-3.2 Ah</b> (8.14-11.84 Wh) Cellulari: <b>3.82 V, 2.5-3.2 Ah</b> (9.55-10.24 Wh) Camere fotografiche professionali: <b>7.2 V, 2-3 Ah</b> (14.4-21.6 Wh)

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	12

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Veicoli elettrici di piccole dimensioni e altri dispositivi	Media	> 100 Wh	Inferiore o uguale a 12 kg	Bicicletta pedalata assistita, motorini elettrici, veicoli elettrici di piccole dimensioni; celle per batterie ad alta capacità	Bici elettriche, apparati di locomozione (monopattini elettrici, <i>hoverboard</i> ): <b>73 V, 5 Ah</b> (365 Wh)
Veicoli elettrici e accumulatori stazionari	Alta	> 100 Wh fino a 10 <sup>7</sup> Wh	Superiore a 12 kg	Veicoli elettrici	Auto elettriche: <b>400 V, 60-100 Ah</b> (24-40 kWh) (per le auto il range di variazione è molto alto, si può arrivare ad accumuli di valore superiore ad 80 kWh)
			Da 12 kg fino a sistemi di accumulo dell'ordine della tonnellata	Accumulatori stazionari	ESS – <i>Energy storage systems</i> : <b>450-1000 V, 4000-8000 Ah</b> (4-8 MWh)

Tabella 4: : Fattori di scalanegli utilizzi di batterie Litio-ione

Se per le pile al litio, la durata è strettamente connessa all'energia erogata e alla quantità di materia, per una batteria secondaria, le sue prestazioni in termini di carica/scarica, cambiano nel tempo e vanno introdotti i concetti di **invecchiamento** e di **tempo di vita**.

L' **invecchiamento** di una batteria secondaria [4] si manifesta come una diminuzione della sua capacità e l'aumento della sua resistenza interna. Quanti quando questi parametri assumono certi livelli, la batteria non può più assolvere le funzioni per le quali era stata concepita. Si dice che essa è al termine della sua vita (end of life – EOL), anche se mantiene una capacità residua. Si parla anche di "**tempo di vita**" o lifetime.

L'invecchiamento risulta più significativo quando la batteria secondaria è utilizzata in condizioni estreme o di abuso, per esempio al di fuori del campo di operatività.


Una batteria secondaria può perciò essere vista come una riserva di energia, la cui capacità (la massima energia accumulabile - maximum storable energy) diminuisce con l'invecchiamento, mentre aumenta la sua resistenza interna. Determinare la capacità effettiva consente di individuare l' EOL : nelle applicazioni stazionarie e nei veicoli elettrici la batteria è considerata **giunta a fine vita** quando la sua capacità misurata è inferiore all'80% della sua capacità nominale (trattasi di una soglia commerciale o contrattuale).

Non c'è nessun sistema per prevenire l'utilizzo di una batteria secondaria al di sotto della sua capacità: dato il significativo costo della sostituzione (nei cellulari o nei computer portatili) gli utilizzatori tengono le loro batterie più a lungo possibile, finché ancora funzionano.

Occorre tenere presente comunque, che quando la capacità è ridotta, lo stress relativo è più intenso (a causa dell'aumento della resistenza interna) con tendenza ad accelerare la perdita di prestazione e ad aumentare la suscettibilità all'abuso, dunque la pericolosità.

Le batterie secondarie sono suscettibili di degradazione anche se non vengono utilizzate: questo fenomeno è denominato invecchiamento calendarizzato (calendar aging). La temperatura esterna e lo stato di carica (SOC) medio, esercitano la più grande influenza su questo tipo di degradazione.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	13

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 5. ESPLOSIONE ED INCENDIO DI BATTERIE LITIO-IONE

Il litio è presente, come specie chimica, in due fondamentali tecnologie di accumulo elettrochimico: quelle a base di litio metallico e quelle a base di litio ione.

Attualmente la tecnologia litio metallico è commercialmente impiegata nelle cosiddette batterie primarie, ovvero non ricaricabili. Diverse sono le chimiche, tra queste, ad esempio quella basata sul sistema litio- cloruro di tionile.

La tecnologia litio-ione è, invece, di più ampio interesse, in quanto applicata fundamentalmente nelle batterie ricaricabili, o secondarie. Anche in questo caso, esistono diverse composizioni chimiche, basate sulla diversa composizione del catodo.

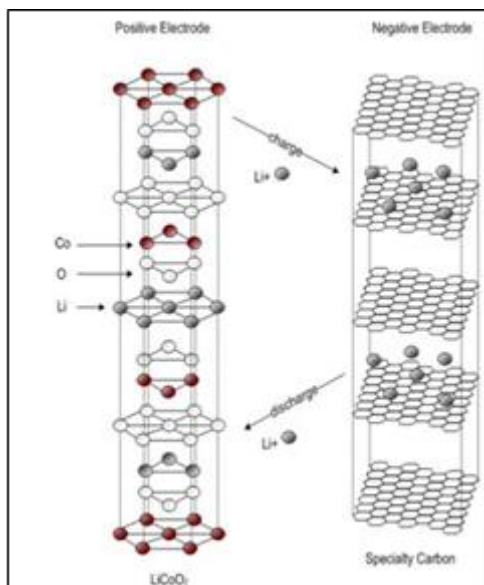


Figura 5: Caratteristiche Chimico Fisiche al Litio

In entrambi i sistemi la semicoppia redox è la stessa ( $\text{Li} + 1 \text{e}^- = \text{Li}^0$ ), ma la tecnologia litio-ione è sostanzialmente basata su una cella nella quale la diversa concentrazione dello ione litio in anodo e catodo va a determinare la differenza di potenziale tra i due elettrodi, e quindi la forza elettromotrice della cella: lo ione litio va ad intercalarsi tra i piani della struttura cristallina del materiale attivo catodico, e tra i piani del materiale anodico, tipicamente carbonio grafite (Figura 1): dal punto di vista della valutazione della quantità di materia il Litio metallico è assente. Ci si aspetta che il meccanismo delle reazioni anodiche e catodiche e la loro cinetica vedano la formazione di Litio metallico con un tempo di vita trascurabile rispetto, ad esempio, alla durata di una carica o scarica.

Nella tecnologia a Litio metallico, la presenza di Litio metallico è rilevabile e definita dalla composizione chimica della cella stessa.


Da un punto di vista della sicurezza e della protezione da incendio ed esplosione, occorre tenere presente che questi sistemi sono caratterizzati [1] da una elevata densità di energia accoppiata alla presenza di sostanze organiche infiammabili, ovvero di un elettrolita costituito da composti organici ossigenati e da composti contenenti fluoruri. Nei sistemi precedenti era presente un elettrolita acquoso, tutto questo ha creato un numero abbastanza grande di cambiamenti che riguardano la progettazione, lo stoccaggio e la manipolazione delle batterie che contengono celle litio ione.

In questo triennio sono stati effettuati, presso i laboratori dell'ENEA, degli studi preliminari [2] nei quali, sulla base dei dati bibliografici reperiti e di prove calorimetriche sperimentali (ARC) da noi condotte, sono state fatte alcune valutazioni sulla stabilità termica dell'elettrolita (eteri organici e  $\text{LiPF}_6$ ), sulle interazioni Anodo/Elettrolita e Catodo/Elettrolita, sul comportamento della membrana separatrice (generalmente costituita da PTFE) e sulla stabilità termica del SEI. Si osservava che "Il tipo di catodo è l'elemento di maggior influenza sulla sicurezza di cella. L'instabilità chimica ad alta temperatura comporta una decomposizione del catodo con produzione di ossigeno che reagisce esotermicamente con le sostanze organiche (solventi, membrana separatrice ed eventuali additivi) presenti nella cella." e che prove ARC effettuate su una serie di catodi mettevano in evidenza che "la cobaltite di litio, che è stato uno dei materiali più utilizzati in passato, è il più instabile sia in termine di reattività chimica che termica; mentre il  $\text{LiFePO}_4$ , non decomponendo per perdita di ossigeno, appare il meno reattivo."

Nel corso di questo anno è stato possibile consolidare tali informazioni e acquisirne di altre attraverso ricerche bibliografiche più appropriate.

In questo capitolo, il primo paragrafo è stato dedicato a chiarire le differenze che esistono tra incendio ed esplosione e come questi fenomeni siano spesso consequenziali, sono state fornite le grandezze che caratterizzano una sostanza definita come infiammabile, si è trattato dei sistemi di estinzione e di come la loro scelta sia vincolata alla "classificazione" della tipologia di fuoco.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	14

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Il secondo paragrafo è dedicato all'approfondimento della catena di eventi che portano all'esplosione e/o all'incendio di celle Litio-ione. Il terzo paragrafo è dedicato ai sistemi di protezione e controllo di cui sono generalmente dotati i sistemi di accumulo Litio-ione, mentre il quarto è dedicato ai concetti di Qualità e di Affidabilità.

## 5.1 Incendio ed esplosione: generalità

I danni provocati da un incendio o da una esplosione sono la conseguenza dei meccanismi che li hanno provocati:

- onda di pressione, con esposizione al fronte dell'onda
- onda di calore con esposizione al calore
- fiamme, con esposizione al fuoco
- proiezione di materiali strutturali
- rilascio di sostanze nell'ambiente

L'onda di pressione (onda d'urto) è l'effetto principale di una esplosione.

### 5.1.1 Esplosione

Le esplosioni possono essere classificate in due gruppi esplosioni fisiche e esplosioni.

Una esplosione fisica avviene a causa del rapido rilascio di energia meccanica, come nel caso del rilascio di un gas compresso, e non coinvolge reazioni chimiche. A questo primo gruppo appartengono:

- I. vessel ruptures: rottura improvvisa di un recipiente che contiene un materiale in pressione. La rottura può avere diverse cause, tra cui: corrosione, danno meccanico, esposizione ad alte temperature (come nel caso di partecipazione ad un incendio), cyclical failure;
- II. boiling liquid expanding vapor explosion (BLEVE): avviene per rottura catastrofica di un recipiente che contiene gas liquefatto conservato ad una temperatura superiore alla sua normale temperatura di ebollizione. Alla rottura del recipiente segue il contatto tra il gas e l'ambiente e la conseguente rapida trasformazione di fase da liquido a vapore. La rapida espansione del vapore provoca l'eiezione della fase liquida e del contenuto del recipiente e la proiezione di frammenti del materiale che lo costituisce. Se il vapore è infiammabile, può aver luogo un incendio di tipo FIREBALL (fonte di fiamma sferico).
- III. rapid phase transition explosions: avviene quando un materiale esposto ad una fonte di calore subisce un rapido cambiamento di fase cui consegue un aumento del volume del materiale.

Una esplosione chimica è la conseguenza di una reazione chimica, ovvero di una reazione di combustione, una reazione di decomposizione o di altre reazioni veloci ed esotermiche.

Una esplosione chimica può avvenire in fase vapore, oppure in fase condensata (liquida o solida). La reazione può essere uniforme o propagante.


Nel primo caso coinvolge tutta la massa di reazione, come nel caso di un reattore a miscelazione totale. Un esempio di esplosione provocato da una reazione uniforme è la runaway reaction o thermal runaway che avviene quando il calore rilasciato dalla reazione è maggiore del calore dissipato o rimosso e questo provoca un aumento incontrollato di T e P che può essere sufficiente a provocare la rottura del recipiente di reazione.

Nel secondo caso la reazione inizia in un punto per poi propagarsi all'intera massa di reazione, come la combustione di un vapore infiammabile all'interno di una condotta, l'esplosione di una nube di vapore, o la decomposizione di un solido instabile. Queste reazioni sono ulteriormente classificate in detonazioni e deflagrazioni a seconda della velocità assunta dal fronte di reazione all'interno della massa:

1. **detonazione:** il fronte di reazione si muove all'interno della massa dei reagenti ad una velocità uguale o maggiore di quella del suono;
2. **deflagrazione:** la velocità di propagazione del fronte di reazione è inferiore alla velocità del suono.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	15



<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

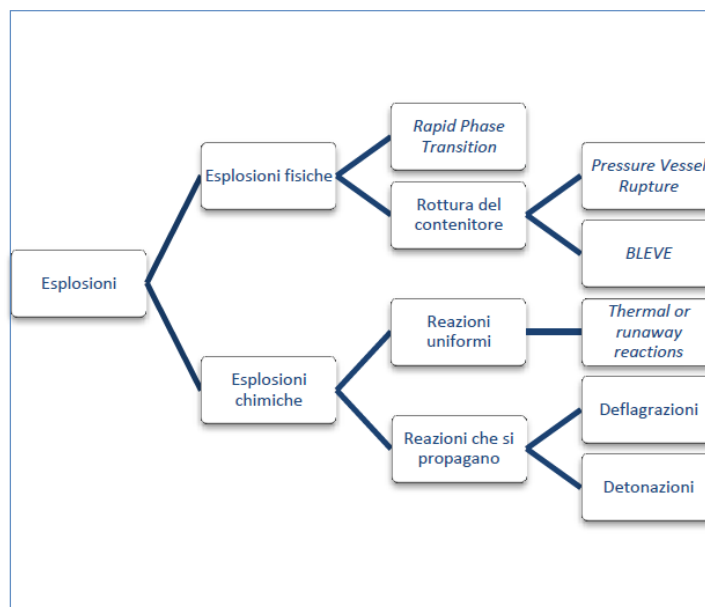


Figura 6: Classificazione delle esplosioni

<b>Rapid Phase Transition</b>	Petrolio bollente pompato in un contenitore contenente acqua Apertura di una valvola di una pipeline, e contatto dell'acqua con petrolio bollente
<b>BLEVE</b>	Rottura di una cisterna che contiene propano Danno da corrosione di uno scambiatore di calore ad acqua bollente
<b>Pressure Vessel Rupture</b>	Rottura meccanica di un contenitore che contiene gas ad alta pressione Sovrapressurizzazione di un serbatoio (bombola, cisterna, ecc) contenente un gas Danno di un dispositivo di sfiato durante una sovrappressione
<b>Reazioni uniformi</b>	Runaway termico della massa di reazione all'interno di un reattore ad agitazione continua
<b>Reazioni che si propagano</b>	Combustione di vapori infiammabili in un serbatoio di combustibile liquido (innesco dell'incendio della fase vapore in equilibrio con la fase liquida) Combustione di vapori infiammabili in un pipeline (innesco dell'incendio della fase vapore in equilibrio con la fase liquida)

Tabella 5: : Esempi di vari tipi di esplosione

### 5.1.2 Incendio

L'INCENDIO può essere definito come la rapida ossidazione di materia combustibile con notevole sviluppo di fiamma, calore, fumo e gas caldi. Si tratta in pratica di una reazione chimica esoterma (combustione in atmosfera di ossigeno) tra un combustibile e un comburente, con una energia di attivazione che viene superata con l'innesco (Triangolo del fuoco, Figura 3) della miscela stessa, e produzione di sostanze chimiche a basso peso molecolare (prodotti di combustione), allo stato di gas o vapore, con una certa velocità di reazione. In particolare, l'innesco consente il raggiungimento, seppur locale, della temperatura di accensione caratteristica della miscela.


La fiamma è la parte visibile di un incendio ed è una miscela reagente di gas e solidi che emettono energia sotto forma di radiazioni visibili, infrarosse e in alcuni casi anche nell'ultravioletto. La struttura dello spettro di emissione di fiamma e l'intensità del fuoco dipendono dalla composizione chimica del materiale incendiato e dagli intermedi di reazione prodotti. Se la fiamma è sufficientemente calda (Temperatura di fiamma) i gas prodotti dalla combustione possono essere ionizzati e produrre un plasma.

Nella maggior parte dei casi, un incendio provoca anche una **conflagrazione**. Ad esempio, nel caso di incendio di materiali organici come il legno, o nel caso di combustione incompleta di un gas, le particelle solide incandescenti di particolato carbonioso (in ambito tecnico anche indicato con il termine inglese di soot) producono il caratteristico colore rosso arancio della fiamma con uno spettro continuo.

Se non sono presenti uno o più dei tre elementi della combustione sopra indicati, questa non può avvenire e se l'incendio è già in atto si determina l'estinzione della reazione di combustione

Se la velocità della reazione di combustione esoterma, e, quindi la produzione del calore e dei prodotti a basso peso molecolare, supera un certo limite, il fenomeno assume la connotazione di una **ESPLOSIONE**.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	16

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Le fonti di **innesco** possono essere: fiamme, scintille (corto circuito, accumuli di cariche elettrostatiche dovute anche a sfregamento tra particelle a bassa granulometria, corpi arroventati).

Nell'evoluzione dell'incendio si possono individuare quattro fasi caratteristiche [3], che si succedono nel tempo:

1. Fase Iniziale
2. Estensione
3. Incendio generalizzato
4. Estinzione

La durata della **FASE INIZIALE** dipende diversi fattori che dipendono dalla natura fisico-chimico del combustibile (infiammabilità e velocità di propagazione della fiamma), dalla distribuzione del combustibile nell'ambiente e dalla geometria e volume dell'ambiente (che influenzano la velocità di propagazione della fiamma e del calore).

L' **ESTENSIONE** è caratterizzata da: ridotta visibilità a causa dei prodotti della combustione; produzione di gas tossici e corrosivi; aumento della velocità di combustione; aumento dell'energia e della temperatura di irraggiamento.

L'**INCENDIO GENERALIZZATO** - (flash over) è caratterizzato principalmente da: brusco aumento della temperatura; aumento della velocità di combustione; aumento dell'emissione di fumi e gas; autoaccensione di tutti i materiali combustibili (a causa del raggiungimento della loro temperatura di auto ignizione).

Raggiunta l'accensione completa dei materiali combustibili presenti nell'incendio, il fenomeno comincia a rallentare e la temperatura comincia a decrescere fino all'**ESTINZIONE** dell'incendio.

Il fenomeno è rappresentato schematicamente nella seguente figura.

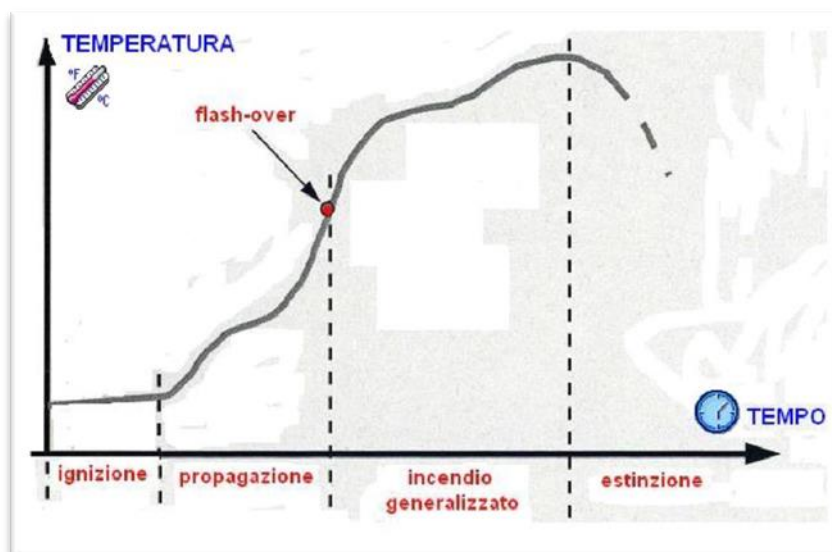


Figura 7: Fasi di un incendio


### 5.1.3 Infiammabilità di una sostanza

Una sostanza infiammabile è caratterizzata da molteplici grandezze chimico-fisiche, tra le quali [4]: la Temperatura di infiammabilità (o Punto di infiammabilità), la Temperatura di autoaccensione, la Temperatura di ignizione, il Limite inferiore di infiammabilità (Low flammability limit, LFL) e Limite superiore di infiammabilità (Upper flammability limit, UFL) detti anche limite inferiore e superiore di esplosibilità (LEL e UEL), l'Energia minima di innesco.

Di queste grandezze si fornisce una breve descrizione:

1. **Temperatura di infiammabilità:** o "punto di infiammabilità" o, anche, "punto di fiamma" (in inglese flash point) di un combustibile è la temperatura più bassa alla quale si formano vapori in quantità tale che in presenza di ossigeno (aria) e di un innesco danno luogo al fenomeno della combustione.
2. **Temperatura di autoaccensione:** detta anche "temperatura di autoignizione (AIT)", è la temperatura minima alla quale la sostanza combustibile inizia spontaneamente a bruciare in presenza di ossigeno, senza sorgenti esterne di innesco (come fiamme o candele). La stessa temperatura costituisce infatti innesco sufficiente alla combustione.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	17

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

- Temperatura d'ignizione:** è la temperatura minima alla quale deve essere portata una sostanza combustibile perché si inneschi la sua combustione. Il valore della temperatura d'ignizione viene usato per definire anche l'infiammabilità di una sostanza, infatti questa è tanto più infiammabile quanto più bassa è la sua temperatura d'ignizione.
- Campo di infiammabilità:** è l'intervallo di concentrazione percentuale massima e minima (cioè i **limiti di infiammabilità**) di un gas o del vapore di un liquido combustibile miscelato con un comburente (generalmente aria), tra i quali può avvenire la combustione in presenza di un innesco. Il campo di infiammabilità è definito da un **limite superiore di infiammabilità (L<sub>s</sub>)** e da un **limite inferiore di infiammabilità (L<sub>i</sub>)**. Al di sotto del limite inferiore il gas non è abbastanza concentrato per infiammarsi, infatti benché un innesco possa produrre una reazione combustibile-comburente, la reazione non si propaga all'interno della miscela. Al di sopra del limite superiore, viceversa, l'atmosfera è ricca del gas ma scarsa di comburente.
- Energia minima di innesco (o accensione):** è la minima quantità di energia in grado di innescare un'atmosfera esplosiva; è una specifica caratteristica della sostanza e dipende dalla concentrazione del combustibile. In Tabella 22 vengono forniti i valori della energia minima di innesco per alcuni solventi organici:

Combustibile	E <sub>min</sub> , mJ	Combustibile	E <sub>min</sub> , mJ
benzene	0,55	cicloesano	1,380
cicloesene	0,525	ciclopentano	0,540
ciclopropano	0,240	dimetilsolfuro	0,480
etere dietilico	0,490	etere dimetilico	0,290
etil ammina	2,400	etilenimmina	0,480
furano	0,225	isoottano	1,350
isopropil ammina	2,000	metil etil chetone	0,530
metil formiato	0,400	solfuro di carbonio	0,015
tetraidrofurano	0,540	tiofene	0,390

Figura 8: Energia minima di innesco di alcuni vapori

#### 5.1.4 Individuazione dei sistemi di estinzione

I meccanismi di spegnimento di un incendio sono essenzialmente tre:

- esaurimento del combustibile: allontanamento o separazione della sostanza combustibile dal focolaio d'incendio;
- soffocamento: separazione del comburente dal combustibile o riduzione della concentrazione di comburente in aria;
- raffreddamento: sottrazione di calore fino ad ottenere una temperatura inferiore a quella necessaria al mantenimento della combustione.


Si tratta di azioni di tipo fisico, espletate dalla maggior parte degli agenti estinguenti. A queste vanno aggiunte azioni di tipo chimico, effettuate sia a livello di inibizione della reazione combustione che della sua cinetica (anticatalisi).

Nel complesso, le modalità di estinzione di un incendio sono quattro e consistono in azioni specifiche realizzate anche attraverso l'uso di agenti estinguenti:

- **Raffreddamento.** Consiste nella sottrazione di calore dalla combustione fino a ricondurre il combustibile a temperatura inferiore a quella di "accensione" (per evitare riaccensioni spontanee successive) e, se possibile, al di sotto della temperatura di infiammabilità. L'efficacia di questo effetto è data dal rapporto fra la quantità di calore prodotta dalla combustione e quella che si riesce ad asportare con l'estinguente.
- **Separazione.** Consiste nella eliminazione del contatto tra combustibile e comburente, oppure nella rimozione del combustibile dalla zona di combustione. Ciò può essere ottenuto mediante: intercettazione del flusso di un combustibile liquido o gassoso che fluisce in una condotta; rimozione di materiale combustibile solido non ancora coinvolto nell'incendio; impiego di schiuma antincendio, teli antifiama, acqua ecc.
- **Soffocamento.** Consiste nell'abbattimento della concentrazione del comburente (generalmente l'ossigeno presente nell'aria) al di sotto di quella minima capace di sostenere una combustione (oltre il limite superiore di infiammabilità). L'effetto di soffocamento è realizzabile impedendo l'apporto di ossigeno alla combustione eliminando quindi una delle condizioni indispensabili per il mantenimento della combustione stessa. L'azione di soffocamento può anche avvenire per diluizione del comburente, cioè riducendo il tenore di ossigeno presente nell'atmosfera circostante l'incendio immettendo nell'ambiente un gas "estraneo" Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), azoto (N<sub>2</sub>).
- **Inibizione.** Si tratta di intervenire sul meccanismo radicalico della reazione di combustione e sulla sua cinetica, aumentando l'energia di attivazione (catalisi negativa o anticatalisi) e/o inibendo la formazione di radicali attraverso l'uso di polveri o idrocarburi alogenati.

I principali agenti estinguenti sono:

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	18

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

- acqua
- gas inerti: azoto, anidride carbonica
- polveri
- schiuma
- idrocarburi alogenati (Halon)
- agenti estinguenti alternativi all'Halon

In Tabella sono stati ricapitolati, per alcune tipologie di estinguenti, i meccanismi di azione sul fuoco e gli effetti sull'uomo che vengono mitigati attraverso l'uso di adeguati Dispositivi di Protezione Individuale.

La scelta dell'agente estinguente si effettua sulla base della determinazione della "Classe di fuoco".

ESTINGUENTE	EFFETTI SULL'UOMO	TIPOLOGIA DI AZIONE			
		SEPARAZIONE	SOFFOCAMENTO	RAFFREDDAMENTO	INIBIZIONE CHIMICA
Acqua					
Anidride carbonica	Congelamento (e soffocamento)				
Polvere	Irritazione occhi e vie respiratorie				
Schiuma					
Idrocarburi alogenati	Possibile formazione di sostanze tossiche per decomposizione				

LEGENDA	Qualità dell' AZIONE ESTINGUENTE			
		BUONA	MEDIOCRE	NULLA

Tabella 6: : Principali agenti estinguenti e loro meccanismi d'azione


### 5.1.5 Determinazione della classe di fuoco

Gli incendi, o i fuochi, secondo la Norma UNI EN 2:2005, vengono distinti in cinque classi, secondo lo stato fisico dei materiali combustibili:

- a) **Classe A:** incendi di materiali solidi con formazione di braci (carta, cartoni, libri, legna, segatura, trucioli, stoffa, filati, carboni, bitumi grezzi, paglia, fuliggine, torba, carbonella, celluloidi, pellicole cinematografiche di sicurezza, materie plastiche, zolfo solido, etc).
- b) **Classe B:** incendi di liquidi infiammabili e solidi che possono liquefare (petrolio, vernici, nafta, benzina, alcool, oli pesanti, etere solforico, glicerina, gomme liquide, resine, fenoli, zolfo liquido, trementina, ...) In funzione della temperatura di infiammabilità i liquidi combustibili vengono raggruppati in tre categorie:
  - o **Categoria A:** liquidi aventi temperatura di infiammabilità inferiore a 21°C
  - o **Categoria B:** liquidi aventi temperatura di infiammabilità compresa tra 21°C e 65°C
  - o **Categoria C:** liquidi aventi temperatura di infiammabilità oltre 65° e fino a 125°C.
- c) **Classe C:** incendi di gas infiammabili (metano, propano, g.p.l., cloro, gas illuminante, acetilene, idrogeno, cloruro di metile).
- d) **Classe D:** incendi di metalli combustibili e sostanze chimiche contenenti ossigeno comburente (magnesio, potassio, fosforo, sodio, titanio, alluminio, electron (Al-Mg), carburanti, nitrati, clorati, perclorati, perossidi ....).
- e) **Classe F:** incendi che interessano sostanze usate nella cottura (oli e grassi vegetali o animali) (Classe introdotta con la norma EN-2 del 2005).

Gli **incendi di natura elettrica** nelle apparecchiature in tensione, un tempo definita «classe E» - termine oggi inusuale. Rientrano in questa categoria gli incendi di trasformatori, armadi elettrici, quadri, interruttori, cavi, ed in generale utilizzatori in tensione.


<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	19

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b>	

CLASSE DI INCENDIO	MATERIALI DA PROTEGGERE	SOSTANZA ESTINGUENTI					
		ACQUA GETTO	ACQUA NEBUL.	SCHIUMA	ANIDRIDE CARBON.	POLVERE	IDROC. ALOGEN.
A INCENDI DI MATERIALI SOLIDI COMBUSTIBILI, INFIAMMABILI ED INCANDESCENTI	Legnami, carta e carboni	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE	SCARSAMENTE EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
	Gomma e derivanti	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE	SCARSAMENTE EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
	Tessuti naturali	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE	SCARSAMENTE EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
	Cuoio e pelli	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
	Libri e documenti	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
	Quadri, tappeti pregiati e mobili d'arte	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
B INCENDI DI MATERIALI E LIQUIDI PER I QUALI È NECESSARIO UN EFFETTO DI COPERTURA E DI SOFFOCAMENTO	Alcool, eteri e sostanze solubili in acqua	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
	Vernici e solventi	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
	Oli minerali e benzina	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
	Automezzi	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
C INCENDI DI MATERIALI GASSOSI INFIAMMABILI	Idrogeno	VIETATO L'USO	SCARSAMENTE EFFICACE	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
	Metano, propano butano	VIETATO L'USO	SCARSAMENTE EFFICACE	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
	Etilene, propilene e acetilene	VIETATO L'USO	SCARSAMENTE EFFICACE	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
		VIETATO L'USO	SCARSAMENTE EFFICACE	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
D INCENDI DI SOSTANZE CHIMICHE SPONTANEAMENTE COMBUSTIBILI IN PRESENZA DI ARIA, REATTIVE IN PRESENZA DI ACQUA O SCHIUMA CON FORMAZIONE DI IDROGENO E PERICOLO DI ESPLOSIONE	Nitrati, nitrili	SCARSAMENTE EFFICACE	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	EFFICACE
	clorati e perclorati	SCARSAMENTE EFFICACE	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	EFFICACE
	Alichilati di alluminio	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE	EFFICACE
	Perossido di bario, di sodio e di potassio,	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	EFFICACE
	Magnesio Manganese	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	EFFICACE
	Sodio e potassio	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	EFFICACE
	Alluminio in polvere	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	VIETATO L'USO	EFFICACE
F INCENDI DI GRASSI ED OLI CUCINA - RISTORANTI GRANDI COMUNITA	Cappe - filtri	VIETATO L'USO	SCARSAMENTE EFFICACE	EFFICACE	SCARSAMENTE EFFICACE	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE
	Condotti aspirazione	VIETATO L'USO	SCARSAMENTE EFFICACE	EFFICACE	SCARSAMENTE EFFICACE	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE
	Piani cottura	VIETATO L'USO	SCARSAMENTE EFFICACE	EFFICACE	SCARSAMENTE EFFICACE	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE
INCENDI DI APPARECCHIATURE ELETTRICHE SOTTO TENSIONE	Trasformatori	VIETATO L'USO	PERMESSA PURCHÉ EROGATA DA IMPIANTI FISSI	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE
	Alternatori	VIETATO L'USO	PERMESSA PURCHÉ EROGATA DA IMPIANTI FISSI	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE
	Quadri	VIETATO L'USO	PERMESSA PURCHÉ EROGATA DA IMPIANTI FISSI	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE
	Interruttori	VIETATO L'USO	PERMESSA PURCHÉ EROGATA DA IMPIANTI FISSI	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE
	Motori elettrici	VIETATO L'USO	PERMESSA PURCHÉ EROGATA DA IMPIANTI FISSI	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE
	Impianti telefonici	VIETATO L'USO	PERMESSA PURCHÉ EROGATA DA IMPIANTI FISSI	VIETATO L'USO	EFFICACE	EFFICACE MA COMPROMETTE I MATERIALI	EFFICACE

Tabella 7: : Tabella esemplificativa della scelta degli agenti estinguenti

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	20

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 6. IL SISTEMA DI ACCUMULO (BESS)

Un sistema di accumulo, o BESS, comprende come minimo:

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

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

L'inverter e le protezioni sono regolamentati dalla norma nazionale CEI 0-16. Le batterie vengono dotate di involucri sigillati per contenere perdite di elettrolita in caso di guasti, e sono installate all'interno di container (di tipo marino modificati per l'uso come cabine elettriche).

La capacità del BESS è scelta in funzione al requisito minimo per la partecipazione ai mercati del servizio di dispacciamento, che richiede il sostenimento della potenza offerta per almeno 2 ore opportunamente sovradimensionata per tener conto delle dinamiche intrinseche della tecnologia agli ioni di litio (efficienza, energia effettivamente estraibili), mentre la potenza del sistema viene dimensionata rispetto alla potenza dell'impianto fotovoltaico.

### 6.1 Schemi di connessione e misura

Le norme CEI 0-16 e CEI 0-21, che definiscono in ambito nazionale le prescrizioni per la connessione degli utenti attivi e passivi alle reti delle imprese distributrici di energia elettrica in alta, media (CEI 0-16) e bassa tensione (CEI 0-21), sono state recentemente aggiornate per trattare anche gli aspetti relativi ai Sistemi di Accumulo (SdA) elettrico. Un primo aggiornamento (avvenuto a dicembre 2013) ha visto l'introduzione nelle norme della definizione di SdA, degli schemi di connessione, nonché delle caratteristiche e posizionamento dei misuratori di energia.

Nel dicembre 2014 le norme in oggetto sono state ulteriormente aggiornate tramite opportune varianti con i servizi di rete richiesti agli storage e le prescrizioni circa le caratteristiche di capability. Le novità normative e i provvedimenti regolatori collegati (Delibere 574/2014/R/eel e 642/2014/R/eel) hanno così portato a una piena definizione del quadro tecnico-regolatorio in tema di storage. In particolare, la delibera 642/2014/R/eel, pubblicata anch'essa a dicembre 2014, ha prescritto l'applicazione dei requisiti tecnici definiti nelle Regole Tecniche di Connessione (RTC) ai SdA per i quali è stata presentata richiesta di connessione alla rete a partire dal 21 novembre 2014.

Secondo la definizione, il SdA comprende quindi, oltre agli accumulatori (batterie), un insieme di dispositivi con relative logiche di gestione e controllo, quali appunto l'inverter/convertitore di accoppiamento alla rete e il BMS. Sono invece esplicitamente esclusi dalla definizione di SdA i sistemi che entrano in funzione solo al mancare della rete elettrica per cause indipendenti dalla volontà dell'utente, come gli UPS (Uninterruptible Power Supply) o CPS (Central Power Supply), rispettivamente conformi alle norme EN 62040 e EN 50171.

Inoltre, benché esistano anche altre tipologie di SdA oltre a quello elettrochimico (ad es. meccanico, termico, elettromagnetico, ecc.), le prescrizioni delle norme CEI 0-16 e CEI 0-21 si applicano, allo stato attuale, solo a SdA di tipo elettrochimico (batterie).

Le RTC forniscono gli schemi da adottare per la connessione del SdA all'interno dell'impianto dell'utente, nonché le caratteristiche del sistema di misura necessaria al corretto trattamento dei flussi di energia introdotti dall'accumulo, nonché al posizionamento dei sistemi di protezione.


Un SdA può essere installato:

- nella parte di impianto in corrente continua;
- nella parte di impianto in corrente alternata a valle del contatore di produzione del generatore;
- nella parte di impianto in corrente alternata a monte del contatore di produzione del generatore;
- presso un utente passivo

Il sistema di accumulo previsto in progetto è del tipo installato nella parte di impianto in corrente alternata a monte del contatore di produzione.

Nella figura sotto si rappresenta lo schema di principio presente nella Norma CEI 0-16 per impianti con presenza di sistemi di accumulo. Visto che si tratta di uno schema generale, per qualsiasi tipo di generatore, si deve puntualizzare che, nel caso particolare del fotovoltaico, il generatore non è concepito per funzionare in isola e quindi non ci sono delle utenze privilegiate.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	21

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

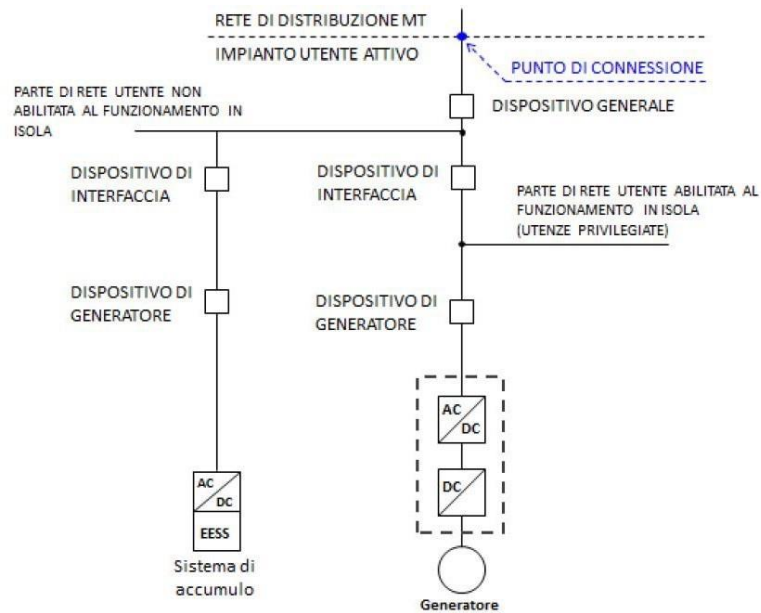


Figura 9: Schema di principio sistema di accumulo

Fra i diversi schemi di inserimento del sistema di accumulo che prevede la Norma CEI 0-16 è stato considerato quello riportato in figura sopra, cioè inserimento nella parte di impianto a corrente alternata a monte del contatore dell'energia prodotta. In questo modo, il contatore misurerà unicamente l'energia effettivamente prodotta, mentre gli eventuali scambi energetici fra il sistema di accumulo e la parte di rete di utente non abilitata al funzionamento in isola saranno contabilizzati da un ulteriore contatore, così come riportato nella figura sottostante.

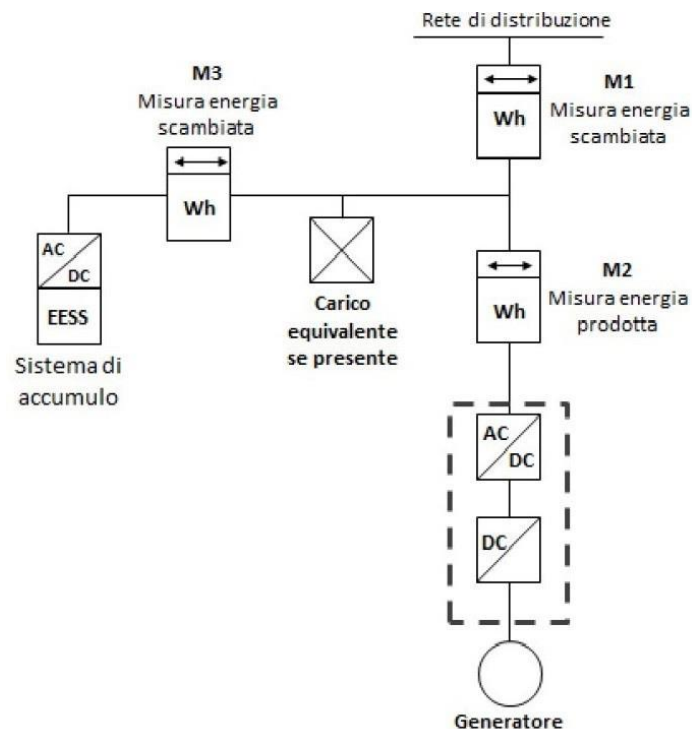



Figura 10: Misura dei flussi di energia con accumulo posizionato nella parte d'impianto in corrente alternata a monte del contatore dell'energia generata

## 6.2 Condizioni per l'installazione di sistemi di accumulo

I sistemi di accumulo devono essere integrati nel sistema elettrico nel rispetto delle disposizioni inerenti all'erogazione del servizio di connessione, trasmissione, distribuzione, misura e dispacciamento dell'energia elettrica previste nei provvedimenti dell'Autorità, nonché nel rispetto delle norme CEI di riferimento. Ai fini dell'installazione di sistemi di accumulo, trova applicazione quanto già

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	22

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

previsto dal Testo Integrato Connessioni Attive (di seguito TICA), ivi inclusa la registrazione sul sistema GAUDÌ. In generale, nel caso di installazione di sistemi di accumulo non installati presso impianti di produzione, ovvero nei casi in cui l'installazione del sistema di accumulo sia contestuale alla realizzazione dell'impianto di produzione, il soggetto che richiede la connessione effettua la registrazione nel sistema GAUDÌ di Terna previa presentazione al gestore di rete territorialmente competente di una richiesta di nuova connessione, ai sensi del TICA. Qualora il sistema di accumulo sia installato presso impianti di produzione connessi e attivati, il richiedente aggiorna l'anagrafica dell'impianto di produzione nel sistema GAUDÌ, inserendo tutte le informazioni previste per i sistemi di accumulo, previa presentazione al gestore di rete territorialmente competente di una richiesta di adeguamento della connessione esistente, ai sensi del TICA.

Come previsto dalla regolazione di riferimento:

- i sistemi di accumulo sono trattati come gruppi di generazione e, a seconda della tipologia dell'impianto e dell'interdipendenza tra i vari gruppi, possono costituire o meno una sezione di produzione;
- è lasciata la facoltà agli utenti del dispacciamento, o ai produttori, di definire un'unità di produzione specifica per i sistemi di accumulo installati;
- un'unità di produzione caratterizzata da diversi gruppi di generazione, tra cui almeno un sistema di accumulo, è considerata un'unità programmabile o non programmabile a seconda della tipologia degli altri gruppi di generazione.

### 6.3 Caratteristiche della connessione

È prevista la connessione alla rete MT dell'impianto fotovoltaico che, a sua volta, è collegato alla rete pubblica di Terna. Inoltre, con apposito switch, sarà possibile utilizzare l'impianto di accumulo, nelle ore serali e notturne, come UPS per i circuiti elettrici e i relativi carichi passivi in autoconsumo, con alimentazione dalla rete pubblica di E Distribuzione in MT.

Il sistema di storage prevede l'installazione di un suo sistema di misura fiscale dell'energia usata per ricaricare le batterie e ceduta all'impianto fotovoltaico o alla rete elettrica che sarà ubicato all'interno del vano tecnico ed il contatore completo di modulo GSM, l'antenna e la morsettiera di prova piombabile verrà situato a parete nello stesso locale.

Sul quadro Utente sarà posizionato il dispositivo generale (DG), il dispositivo di interfaccia (DDI) ed il sistema di protezione di interfaccia (SPI), così come degli interruttori automatici magnetotermici a protezione delle linee in arrivo da ciascuna parte di impianto.

### 6.4 Caratteristiche principali del sistema di storage

Tutte le apparecchiature ed i materiali previsti nella Legge n.761 del 1977 e successive modifiche ed integrazioni e per i quali esiste una norma relativa, saranno muniti di marchio I.M.Q. (od equivalente estero) se ammessi a tale regime e, quando prescritto CE, o altro marchio di conformità rilasciato da laboratorio riconosciuto, o da autocertificazione del costruttore; le apparecchiature ed i materiali non previsti nella predetta legge e senza norme di riferimento dovranno essere, comunque, conformi alla legge n.186 del 1968.

Tutte le apparecchiature ed i materiali avranno caratteristiche e dimensioni rispondenti alle norme CEI ed alle tabelle di unificazione CEI-UNEL se esistenti per tali categorie di materiali. Tutti gli apparecchi riporteranno i dati di targa ed eventuali istruzioni d'uso utilizzando la simbologia CEI e la lingua italiana.

Non sono ammesse sostituzioni o modifiche delle apparecchiature indicate specificatamente negli elaborati di progetto.

È raccomandata nella scelta dei materiali la preferenza ai prodotti nazionali. Tutti gli apparecchi devono riportare dati di targa ed eventuali indicazioni d'uso utilizzando la simbologia del CEI e la lingua italiana.

Tutti i materiali impiegati nella realizzazione dovranno essere conformi alle prescrizioni tecniche indicate negli elaborati di progetto, essere per la qualità e provenienza di primaria casa costruttrice e fra quanto di meglio il mercato sia in grado di fornire, nonché essere nuovi di costruzione.

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

#### 6.4.1 Quadri di bassa e media tensione

I quadri elettrici previsti per la realizzazione dell'impianto di accumulo devono rispettare le principali norme CEI in vigore alla data di riferimento e precisamente:


- Norma CEI 17-13 e successive varianti ed integrazioni.
- Norma CEI 17-43.

La costruzione e l'installazione del quadro dovranno rispondere alle seguenti leggi:

- Legge 46/90 - D.M.37/08
- Legge 791/77 - Direttiva Comunitaria 73/23 CEE
- Decreto Ministeriale DM 23/7/79
- Legge 186/68 - Direttiva Comunitaria 83/189 CEE

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	23



<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> IT0PW004.PD.01.REL.VIA2_2.RTSdA

- DPR 547 - 27/10/55
- D.lgs. 81/08 e successivo D.lgs.106/09

Ogni quadro dovrà inoltre soddisfare le specifiche tecniche delle direttive comunitarie per la marcatura CE. Tutti gli ostacoli, barriere e segregazioni atti a realizzare la protezione contro il contatto con parti pericolose attive dovranno poter essere rimosse con l'aiuto di un attrezzo o chiave. All'interno del quadro elettrico troveranno posto le apparecchiature riportate negli allegati grafici.

Il quadro conterrà le apparecchiature di sezionamento e di protezione dei circuiti indicati, sarà realizzato con carpenteria in PVC da esterno di tipo modulare e sarà completo di porta anteriore di protezione con finestra trasparente. La suddetta porta dovrà impedire l'accesso alle apparecchiature da parte di personale non addestrato o comunque informato sui pericoli provenienti dall'utilizzo dell'elettricità.

I componenti del quadro saranno installati preferibilmente su profilati DIN. La segregazione delle parti attive sarà eseguita secondo le modalità espresse con la "Forma 1" della norma CEI 17-13/1. Il cablaggio sarà realizzato con cavi unipolari sotto guaina di PVC del tipo FG16R16 con conduttore a corda flessibile di rame rosso ricotto classe 5, isolato in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondente al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).

Per la giunzione dei cavi con il cablaggio interno, è prevista l'installazione di idonee morsettiere del tipo modulare. Queste saranno utilizzate con gli appositi colori distintivi, sia per i conduttori attivi sia per quelli di protezione. All'interno della carpenteria i gradi di protezione non dovranno essere inferiori ad IP2XC.

Gli interruttori magnetotermici dovranno presentare un potere d'interruzione di servizio non inferiore alla corrente di cortocircuito calcolata nel punto d'installazione del quadro, con curva di intervento tipo "C".

Gli interruttori differenziali di tipo "A" dovranno avere preferibilmente sensibilità di 300 mA. La carpenteria dovrà essere dimensionata per dissipare la potenza installata e comunque presentare una capacità di ampliamento pari ad almeno il 25% dello spazio progettato. Il costruttore del quadro dovrà fornire la sottoelencata documentazione (sempreché non coincida con la Ditta installatrice):

- Certificazione per tutte le prove e le verifiche previste dalla Norma CEI 23-51
- Targa identificatrice del costruttore
- Schema elettrico
- Numerazione dei morsetti e identificazione del cablaggio

## 6.5 Descrizione generale dell'impianto storage

Il Battery Energy Storage System (BESS) è un sistema elettrico di accumulo di energia la cui funzione è di immagazzinare e rilasciare energia elettrica alternando fasi di carica e fasi di scarica. Si compone di componenti elettrici (batterie, sistemi di conversione, quadri, cavi, trasformatori, ecc.) e verrà utilizzato per scambiare energia nei mercati elettrici e per fornire servizi di rete a Terna al fine di contribuire a migliorare la gestione in sicurezza della rete elettrica nazionale.

Si tratta di elementi statici e componentistica elettronica di regolazione collocati all'interno di container. Le interazioni di questi componenti con l'atmosfera sono praticamente irrilevanti. Le batterie sono sigillate e posizionate all'interno dei container metallici a tenuta.


La tecnologia di accumulatori elettrochimici (riuniti in batterie di accumulatori) è composta da celle elettrolitiche. Le singole celle sono tra loro elettricamente collegate in serie e in parallelo per formare moduli di batterie. I moduli, a loro volta, vengono elettricamente collegati tra loro ed assemblati in appositi armadi in modo tale da conseguire i valori richiesti di potenza, tensione e corrente. Ogni "assemblato batterie" è gestito, controllato e monitorato, in termini di parametri elettrici e termici, dal proprio sistema BMS (Battery Management System – Sistema di controllo batterie).

L'ESS opera in bassa tensione ma è connesso alla rete di impianto in media tensione. Il collegamento del BESS alla rete avviene mediante un trasformatore elevatore BT/MT e un quadro di parallelo dotato di protezioni di interfaccia. I principali ausiliari sono costituiti dalla ventilazione e raffreddamento degli apparati, oltre che dai servizi di impianto quali protezioni, controllo, illuminazione, prese di servizio, ecc. Le caratteristiche funzionali dell'inverter e delle protezioni sono regolamentate dalla norma nazionale CEI 0-16.

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).

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	24

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Come da normativa, il sistema di accumulo viene considerato come generatore singolo (CEI 0-16), pertanto la potenza nominale dell'impianto di generazione è pari alla somma del parco fotovoltaico e del sistema di accumulo considerato.

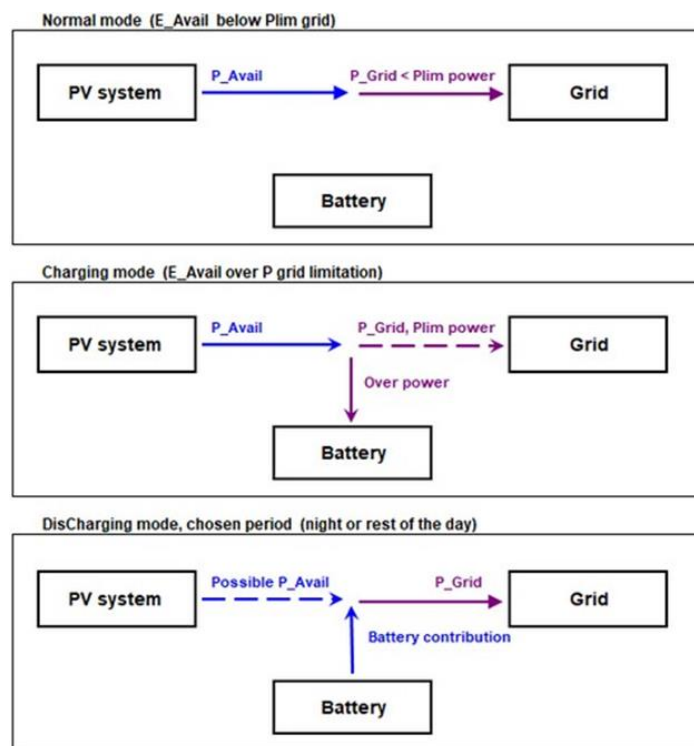
Per quanto riguarda la regolazione della potenza attiva, le norme CEI 0-16 e 0-21 prescrivono che i generatori siano in grado di variare la potenza immessa secondo vari requisiti e in maniera automatica o in risposta a un comando esterno proveniente dal Distributore.

### Strategie di conservazione dell'energia dello Storage in progetto

La strategia di conservazione dell'ESS sarà del tipo:

- "Assorbimento dei picchi di potenza (Peak Shaving)": l'ESS accumulerà e conserverà l'energia in eccesso prodotta dall'impianto fotovoltaico, l'ESS non verrà mai caricato dall'energia prelevata dalla rete.
- La strategia di carica sarà del tipo:
- "Potenza disponibile oltre il limite della rete": l'ESS verrà caricato dall'energia in eccesso prodotta dall'impianto fotovoltaico e non immessa in rete.
- La strategia di scarica sarà del tipo:
- "Appena si ha bisogno di potenza": l'ESS fornirà energia alla rete nel caso in cui l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico sarà minore della soglia limite ammessa nella rete.

Viene di seguito illustrato il flusso dell'energia:




Le caratteristiche relative al sistema di accumulo (BESS) previsto in progetto vengono di seguito riportate:

- 6 cabinati prefabbricati (Battery Container) contenenti le batterie al litio ferro fosfato per l'accumulo dell'energia prodotta, dimensioni pari a (L x h x p) = **12.192 x 2.896 x 2.438** mm, cioè le dimensioni standard di un container metallico da 40' (piedi);
- 3 cabinati prefabbricati preassemblati in stabilimento dal fornitore e contenenti gli inverter (Battery Power Converter); i cabinati avranno dimensioni (L x h x p) = **6.058 x 2.896 x 2.438** mm, cioè le dimensioni standard di un container metallico da 20' (piedi);
- 3 trasformatori bt/MT (1 per ogni BPC);
- 1 BESS Auxiliary Container
- 1 BESS Main MV SW Container
- Una stazione di raccolta (SdR) in cui converge in media tensione tutta l'energia del Sistema di Accumulo avente dimensioni pari a (L x h x p) = **20.000 x 3.100 x 2.500** mm

#### 6.5.1 Battery Container

Il cuore del Sistema di Accumulo è l'accumulatore elettrochimico ricaricabile. Nel caso specifico saranno utilizzati accumulatori a ioni di litio (LMO) che permettono di ottenere elevate potenze specifiche in rapporto alla capacità nominale.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	25

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Le batterie sono alloggiare all'interno di container e sono raggruppate in stringhe alloggiare all'interno di armadi-rack. Le stringhe vengono messe in parallelo e associate a ciascun PCS attraverso un Power Center che consente l'interfaccia con il PCS.

Le batterie sono di tipo ermetico e sono in grado di resistere, ad involucro integro, a sollecitazioni termiche elevate ed alla fiamma diretta. Esse non costituiscono aggravio al carico di incendio.

Ciascun Battery Container (BC) è costituito da **10** rack batterie composti a loro volta ciascuno da **26** moduli di batterie agli ioni di litio ferro fosfato costituendo l'unità di accumulo.

Ogni Container ha un banco batterie da **3,727** MWh ed essendo composto il sistema da **6** Battery Container l'energia complessiva fornita è pari a **22,36** MWh.

I containers verranno attrezzati con sistemi di condizionamento opportunamente dimensionati in modo da garantire le migliori condizioni ambientali per il corretto funzionamento degli equipaggiamenti.

Il sistema proposto quindi, non rappresenta un impianto di generazione dell'energia elettrica, in qualunque forma, ma solo un meccanismo di immagazzinamento di questa ultima, generata da altri impianti, che altrimenti rischierebbe di essere perduta o sfruttata non correttamente dal punto di vista del sistema elettrico.



## LFP Li-ion Battery System New

Over 1 hour

### EFFICIENT & HIGH YIELD

- 20-year service life, 8000+ times system-level cycle life
- Support 1500V system, reduce AC side loss by 60%
- Deep charge & discharge design, initial investment saves more than 5%

### INTELLIGENT & FRIENDLY

- 40-foot container can hold 4.4MWh, compatible downwards
- Online estimation of SOC & SOH based on scenes and big data
- Support cloud platform, remote real-time monitoring and fault identification

### SAFE & RELIABLE

- Two-level short-circuit protection, graded fast current limiting
- Fool-proof, anti-reverse connection design, safer installation and maintenance
- Patented air duct and intelligent air cooling design, temperature difference < 3°C
- Meet global high standard authoritative certification requirements




Item	Specification
Model	M2L-M143
Charge&discharge rate	≤ 1C
Cell type	LFP 280Ah
Configuration	1P16S
Capacity	280 Ah
Nominal energy	14.3 kWh
Charging&discharging power	≤ 14.3 kW
Nominal voltage	51.2 V
Operating voltage range	43.2 V-58.4 V
Dimensions (W*H*D)	455*230*760mm
Weight	105 kg



Item	Specification
Model	M2L-R372
Charge&discharge rate	≤ 1C
Cell type	LFP 280Ah
Configuration	1P416S
Key component	PACK*26+SC*1
Capacity	280 Ah
Nominal energy	372,7 kWh
Charging&discharging power	≤ 372,7 kW
Nominal voltage	1331.2 V
Operating voltage range	1123.2V-1497.6 V
Dimensions (W*H*D)	1500*2285*760 mm

Tabella 8: Caratteristiche del Battery System

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	26

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 6.5.2 Battery Power Converter

Il Battery Power Converter ha la funzione di trasformare la corrente continua di un insieme di batterie in corrente alternata nel modo più ottimale e sicuro eseguendo operazioni di carica e scarica. I componenti principali sono:

- Inverter station;
- Power trasformer (MV/LV);
- MV Switchgear.

Il gruppo di conversione è composto dal convertitore statico (Inverter) bidirezionale per il funzionamento con verso di corrente verso le reti pubbliche cui l'impianto sarà collegato (in MT e in AAT) e con verso di corrente dalla rete pubblica in MT verso le batterie per la ricarica delle stesse, come un mero carico passivo. I convertitori c.c./c.a./c.c. previsti sono idonei al trasferimento della potenza da ogni container batterie alla rete del distributore Terna (attraverso i trasformatori) e, di converso, dalla rete impianto MT alle batterie in ricarica, con le correnti e le tensioni opportune, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di queste apparecchiature sono compatibili con quelli del rispettivo container batterie, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto (come riportato successivamente).

Ogni Container ha un banco trasformatori da **3,450 MW** ed essendo composto il sistema da **3** Battery Power Converter l'energia complessiva fornita è pari a **10,35 MW**;

Di seguito si riportano le principali caratteristiche dei componenti tipici della BPC:

SUNGROW |  SAMSUNG SDI

# ST3440KWH(L)-3150UD-MV/ ST3727KWH(L)-3450UD-MV Preliminary

## Energy Storage System



### HIGH INTEGRATION

- Highly integrated energy storage system for easy transportation and O&M
- Advanced integration technology ensures optimal system performance and lower cost

### SAFE AND RELIABLE

- DC electric circuit safety management includes fast breaking and anti-arc protection
- Multi-state monitoring and linkage actions ensure battery system safety

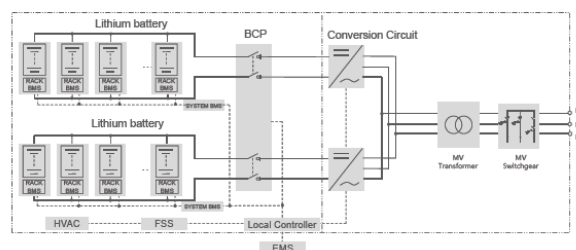
### EFFICIENT AND FLEXIBLE

- Intelligent cell-level temperature control ensures higher efficiency and longer battery cycle life
- Modular design supports parallel connection and easy system expansion

### SMART AND FRIENDLY


- Integrated local controller enables single point of communication interface
- Fast state monitoring and faults record enables pre-alarm and faults location

## CIRCUIT DIAGRAM



© 2020 Sungrow-Samsung SDI Energy Storage Power Supply Co., Ltd. All rights reserved. Subject to change without notice. Version 1.1

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	27


<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## ST3440KWH(L)-3150UD-MV/ST3727KWH(L)-3450UD-MV

System Type	ST3440KWH(L)-3150UD-MV	ST3727KWH(L)-3450UD-MV
<b>Battery Data</b>		
Cell type	LFP 280Ah	
Configuration of system	384S10P	416S10P
Battery capacity (BOL)	3,440 kWh	3,727 kWh
Battery voltage range	1,036.8 ~ 1,401.6 V	1123.2 ~ 1,497.6 V
BMS communication interfaces	RS485, Ethernet	
BMS communication protocols	Modbus RTU, Modbus TCP	
<b>AC Data</b>		
Nominal AC power	3,150 kVA	3,450 kVA
Max. THD of current	< 3 % (at nominal power)	
DC component	< 0.5 % (at nominal power)	
Grid voltage range	10 ~ 35 kV	
Power factor	> 0.99 (at nominal power)	
Adjustable power factor	1.0 leading ~ 1.0 lagging	
Nominal grid frequency	50 / 60 Hz	
Grid frequency range	45 ~ 55 Hz / 55 ~ 65 Hz	
Isolation method	Transformer	
<b>Transformer</b>		
Transformer rated power	3,150 kVA	3,450 kVA
LV/MV voltage	0.63 kV / 10 ~ 35 kV	0.69 kV / 10 ~ 35 kV
Transformer vector	Dy11	
Transformer cooling type	ONAN (Oil Natural Air Natural)	
Oil type	Mineral oil (PCB free) or degradable oil on request	
<b>General Data</b>		
Dimensions of PCS unit (W * H * D)	6,058 * 2,896 * 2,438 mm / 238.5" * 114.0" * 96.0"	
Dimensions of battery unit (W * H * D)	12,192 * 2,896 * 2,438 mm / 480.0" * 114.0" * 96.0"	
Weight of PCS unit (with MV transformer)	16.0 T / 35274 lbs	
Weight of battery unit (with / without battery)	43.5T 95,901.1 lbs / 15.5 T 34,171.7 lbs	45.5T 100,310.3 lbs / 15.5 T 34,171.7 lbs
Degree of protection	IP54	
Operating temperature range	-30 to 50 °C / -22 to 122 °F (> 45 °C / 113 °F derating)	
Relative humidity	0 ~ 95 % (non-condensing)	
Max. working altitude	1,000 m (standard) > 1,000 m (optional)	
Cooling concept of battery chamber	Heating, Ventilation and Air Conditioning	
Cooling concept of PCS chamber	Temperature controlled forced air cooling	
Fire suppression system of battery unit	Novec1230 extinguishment system	
Communication interfaces	RS485, Ethernet	
Communication protocols	Modbus RTU, Modbus TCP, IEC 104	
Compliance	CE, IEC 62477-1, IEC 61000-6-2, IEC61000-6-4, IEC62619	

*Tabella 9: Caratteristiche Energy Storage System*

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	28

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 6.6 Sistema batterie

Il sistema di accumulo sarà basato sulla tecnologia agli ioni di litio, tra queste le principali tecnologie usate nell'ambito dell'energy storage sono:

- Litio Ossido di Manganese LMO
- Litio Nichel Manganese Cobalto NMC
- Litio Ferro Fosfato LFP
- Litio Nichel Cobalto Alluminio NCA
- Litio Titanato LTO



Figura 11: Caratteristiche Tecnologie al Litio

Negli ultimi anni le due tecnologie che si stanno maggiormente affermando nell'ambito energy storage sono: Litio-Manganese-Cobalto (NMC) e Litio Ferro Fosfato (LFP), pertanto questo progetto sarà basato su queste due tecnologie.

I sistemi energy storage con tecnologia al litio sono caratterizzati da stringhe batterie (denominati batteries racks) costituite dalla serie di diversi moduli batterie, al cui interno sono disposte serie e paralleli delle celle elementari. Si riporta un esempio di cella, modulo batteria e rack batterie:



Figura 12: Esempio cella batteria



Figura 13: Esempio modulo batteria

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	29


<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>



Figura 14: Esempio rack batterie

Infine a capo dei moduli posti in serie all'interno dei rack vi è la Battery Protection Unit (BPU) responsabile della protezione dell'intero rack contro i corto circuiti, il sezionamento del rack per eseguire la manutenzione in sicurezza, e la raccolta di tutte le informazioni provenienti dai vari moduli (temperature, correnti, tensioni, stato di carica etc). Si riporta un esempio di BPU:



Figura 15: Esempio BPU batterie


## 6.7 Container

I container sono progettati per ospitare le apparecchiature elettriche, garantendo idonee segregazioni per le vie cavi (canalizzazioni e pavimento flottante), isolamento termico e separazione degli ambienti, spazi di manutenzione e accessibilità dall'esterno.

I container rispetteranno i seguenti requisiti:

- Resistenza al fuoco REI 120;
- Contenimento di qualunque fuga di gas o perdita di elettrolita dalle batterie in caso di incidente;
- segregazione delle vie cavi (canalizzazioni e pavimento flottante); adeguati spazi di manutenzione e accessibilità dall'esterno ai singoli compartimenti;
- isolamento termico in poliuretano o lana minerale a basso coefficiente di scambio termico;
- pareti di separazione tra i diversi ambienti funzionali (stanze o locali);
- porte di accesso adeguate all'inserimento/ estrazione di tutte le apparecchiature (standard ISO+ modifica fornitore) e alle esigenze di manutenzione;
- I locali batterie saranno climatizzati con condizionatori elettrici "HVAC". Ogni container sarà equipaggiato con minimo due unità condizionatore al fine di garantire della ridondanza;
- Particolare cura sarà posta nella sigillatura della base del container batterie. Per il locale rack batterie saranno realizzati setti sottopavimento adeguati alla formazione di un vascone di contenimento, che impedisca la dispersione di elettrolita nel caso incidentale;

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	30

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>


- Sicurezza degli accessi: i container sono caratterizzati da elevata robustezza, tutte le porte saranno in acciaio rinforzato e dotate di dispositivi anti-intrusione a prevenire l'accesso da parte di non autorizzati.

I container batterie saranno appoggiati su una struttura in cemento armato, tipicamente costituita da una platea di fondazione appositamente dimensionata in base all'attuale normativa NTC 2018. La quota di appoggio dei container sarà posta a circa 25 cm dal piano di campagna, al fine di evitare il contatto dei container con il suolo e con l'umidità in caso di pioggia.

La superficie della piazzola di collocamento dei container sarà ricoperta con ghiaia. Si prevede che il percorso di accesso ai container (corridoio centrale tra le due file e zona perimetrale) potrà essere pavimentato con una semplice soletta in calcestruzzo tipo marciapiede.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	31



<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 7. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE E CONTROLLO

Una cella litio ione è sicura se attentamente controllata. La perdita del controllo della temperatura interna della cella provoca l'innesco di una serie di reazioni indesiderate che possono culminare in reazioni autoacceleranti di decomposizione completa dei materiali attivi e dell'elettrolita (runaway della cella) con conseguente esplosione ed incendio.

A tal fine dispositivi di protezione e controllo sono presenti sia a livello di cella che a livello di batterie, e a livello di sistemi di accumulo di dimensioni elevate (centinaia o migliaia di celle). Generalmente questi dispositivi hanno un ragionevole livello di **affidabilità**: se combinati ad altre misure di sicurezza possono portare il **rateo di guasto** di una cella nel campo del valore 10<sup>-7</sup> (1 cella ogni 10 milioni di celle), un valore assolutamente apprezzabile dagli analisti di rischio.

A livello di Cella	A livello di Batteria
▶ Materiali e SEI	▶ Progettazione (per migliorare lo scambio termico)
▶ PTC	▶ BMS
▶ current interruption devices (CID)	▶ PCM
▶ rupture disks or cell vents	

Tabella 10: : Dispositivi di protezione e controllo

### 7.1 Dispositivi di protezione e controllo all'interno della cella

#### SCelta DEI MATERIALI

La scelta dei materiali con cui sono realizzate le celle, oltre a determinarne le caratteristiche prestazionali, ne condiziona la sicurezza.

Catodi diversi (Figura 10) hanno diversi potenziali all'equilibrio (V) e diverse capacità specifiche (Q, espressa in mAh/g): all'aumentare del potenziale e/o della capacità specifica, maggiore è l'energia immagazzinata nella cella.

Possono essere utilizzati elettroliti relativamente ininfiammabili. Oppure è possibile aggiungere come additivi, dei ritardanti di fiamma che riducono la concentrazione di atomi di idrogeno, con formazione di radicali OH e poi H<sub>2</sub>O. Questi additivi appartengono a due principali categorie di sostanze chimiche: composti che contengono fosforo e composti che contengono alogeni.

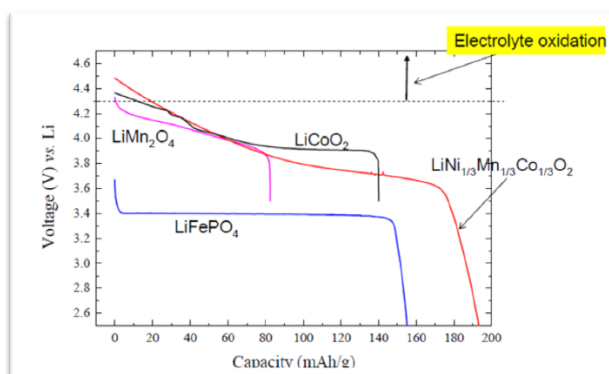



Figura 16: Potenziali all'equilibrio per catodi di composizione chimica diversa

#### SEI

Al termine del processo produttivo, una cella litio ione è scarica. Prima di lasciare la fabbrica, viene sottoposta ad una prima carica, nel corso della quale parte dell'elettrolita (i carbonati) vengono ridotti e i prodotti di questa reazione si depositano sulla superficie dell'anodo, per formare l'interfaccia solido liquido tra il corpo dell'elettrolita e l'elettrodo di grafite. Questa interfaccia solida è denominata SEI (Solid Electrolyte Interphase) ed ha la funzione di consentire al litio di intercalarsi all'interno della grafite, ma previene anche la decomposizione dell'elettrolita diventando fondamentale per la sicurezza della cella

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	32

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

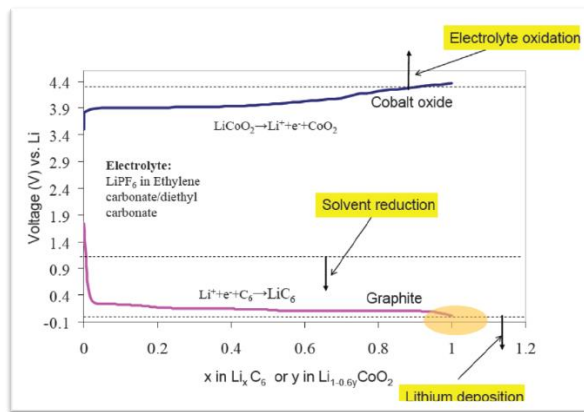


Figura 17: Prima carica di una cella Litio-ione

### PTC

Il PTC (Positive Temperature Coefficient) [5] è un dispositivo a forma di disco costituito da un materiale con un coefficiente termico di espansione positivo. Esso è utilizzato solitamente nelle celle cilindriche, come la Sony 18650. Si tratta di una membrana costituita da una matrice di polietilene nella quale sono dispersi materiali conduttivi. In genere si trovano in testa alla cella (Figura 14): in caso di sovracorrente, come accade nel caso di un cortocircuito esterno, il polimero si riscalda e si espande. L'espansione del polimero provoca l'aumento della resistività elettrica del PTC e la diminuzione del flusso di corrente all'interno della cella. Nel caso in cui venga rimosso il cortocircuito esterno, il PTC può raffreddarsi e ritornare allo stato iniziale, provocando la diminuzione della resistenza della cella e, di nuovo, il regolare passaggio di corrente. Il PTC si può utilizzare solo in certi casi, a causa dei suoi punti di debolezza. Alcuni casi danneggiano in modo tale da diventare sorgenti di innesco, sprigionando scintille o fiamme.

### CID

Anche questi dispositivi sono, in genere, presenti su celle cilindriche piccole, del tipo 18650. Il CID (Current Interruption Device) interviene contenendo la sovrappressione interna dovuta ai gas che si formano negli stadi iniziali del runaway.

I CID sono interruttori meccanici incorporati in testa al cilindro, nella stessa posizione dei PTC, e sono collegati alla linguetta dell'elettrodo positivo e al terminale positivo della cella. Nel caso di eccessivo aumento della pressione interna durante la fase di carica, il CID interrompe il collegamento tra il terminale e l'elettrodo positivo, aprendo il circuito e ostacolando la ulteriore carica, prevenendo la **Sovraccarica** l'inizio del runaway della cella, impedendone così la rottura catastrofica. Stesso scenario nel caso di **cortocircuito esterno**.

Il CID consente di mitigare gli effetti solo delle seguenti condizioni di abuso: sovraccarica; cortocircuito esterno.

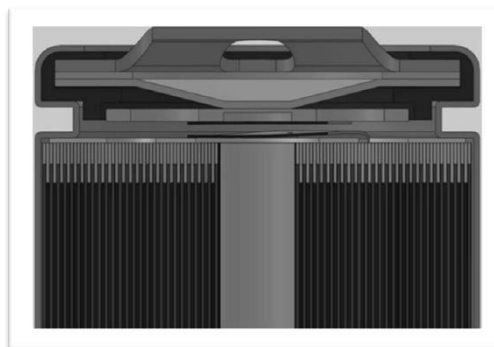



Figura 18: Sezione trasversale di una cella 18650 che mostra il CID e il PTC

### DISCHI DI ROTTURA O VALVOLE DI SFIATO

L'aumento della pressione interna della cella può essere provocato da: invecchiamento, sovratemperatura, sovraccarica.

L'aumento della pressione interna accelera le reazioni chimiche all'interno e può promuovere l'innesco delle reazioni di runaway. Esso può anche provocare il danneggiamento meccanico della cella (ad esempio, una fessurazione o il cedimento in punti saldati), con possibile rottura del contenitore e esplosione e/o incendio. Di fatto, un danneggiamento del "case" può costituire un punto di ingresso

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	33

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RTSdA

dell'aria esterna: entrano ossigeno, il comburente necessario per la combustione dell'elettrolita, e acqua allo stato di vapore, che può reagire con le sostanze presenti nella cella.

Per mitigare l'effetto della sovrappressione, gli ingegneri di progetto hanno realizzato "dischi di rottura" o "dispositivi di sfiato" integrati nelle celle e che consentono lo sfiato dei gas **prima che la pressione interna assuma valori critici**. Generalmente questi dispositivi sono progettati in modo da indebolire il contenitore della cella in un determinato punto e consentire lo sfiato in una direzione specifica, tale da non provocare una catena di ulteriori eventi indesiderati.

## 7.2 Dispositivi di protezione e controllo all'esterno della cella

Quando la densità di energia della generazione di corrente di celle litio ione raggiungere supera i 200 Wh/Kg, la cella contiene abbastanza energia elettrochimica per auto riscaldarsi in modo adiabatico e aumentare la sua temperatura interna oltre i 660° centigradi. Questa temperatura è al di sopra della stabilità termica dei materiali attivi e si trasforma nel rilascio di un fronte applicativo significativo di energia a seguito della decomposizione del catodo, dell'anodo, e della combustione dell'elettrolita. Il vigore con cui l'energia chimica viene rilasciata e tale da consentire la propagazione degli eventi accaduti ad una singola cella, a quelle vicine.

La chiave per realizzare una batteria più sicura è:

- ✓ ridurre la probabilità che il guasto di una singola cella si propaghi alle altre;
- ✓ diminuire la severità di ogni guasto successivo.

### CRITERI PROGETTUALI

Nel definire il range di temperatura di funzionamento ottimale, devono essere considerati molti fattori, talvolta in contraddizione tra di loro.

Per esempio il bilancio tra un lungo tempo di vita e le performance di una cella è ottenuto quando la temperatura media è tra i 25 e i 30° centigradi, ma la performance di una cella generalmente aumenta con l'aumentare della temperatura, in quanto di diffusione dello ione litio. Mentre all'aumentare della temperatura corrisponde una significativa riduzione della vita della cella: una diminuzione del 50% della aspettativa di vita di una cella è stata misurata per un incremento di temperatura di 10° (riferimento 45). Perciò un efficace sistema di gestione della temperatura deve assicurare un tempo di vita lungo per la batteria, non diminuire le caratteristiche di prestazione e, nel contempo tenere conto della sicurezza.

Il **fattore forma**, diventa perciò critico per la gestione della temperatura interna: maggiore è la superficie di scambio con l'aria, maggiore la velocità di dissipazione del calore interno e, perciò, minore è il rischio che vengano raggiunti valori di temperatura interna con ovvie ripercussioni sulla sicurezza.

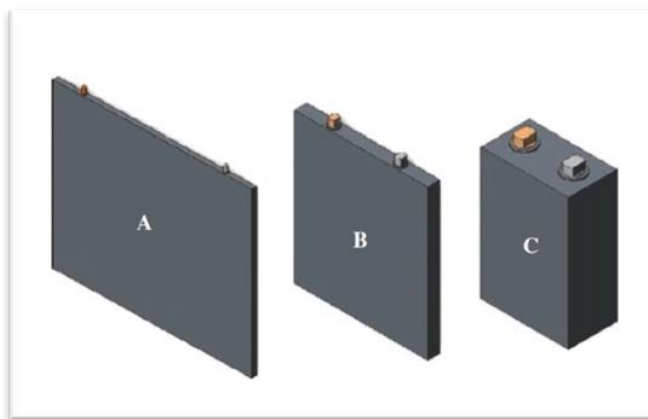


Figura 19: Tre diverse opzioni progettuali con diverse proprietà di scambio termico


### BMS

Il BMS (Battery Management System) è un circuito elettronico utilizzato per assicurare che la cella operi nelle condizioni operative adatte ad assicurare la sicurezza e a interrompere il funzionamento delle batterie nel caso di guasto della cella o dello stesso BMS. Deviazioni dalle condizioni operative sicure possono essere provocate da fattori come piccole variazioni della capacità interna o della resistenza della cella e/o dell'auto scarica dovute alle modalità di fabbricazione; da cause esterne dovute all'ambiente in cui vengono utilizzate; dall'uso sbagliato (abuso).

Al BMS vengono affidate le seguenti funzioni:

1. Monitoraggio della temperatura (T)
2. Monitoraggio della tensione (V)

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	34

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RTSdA

3. Controllo della carica e contattori di carica
4. Equalizzazione e bilancio delle celle
5. Ricircolo (rerouting) dell'eccesso di energia
6. Protezione dal corto-circuito
7. Controllo dei dispositivi attivi di raffreddamento (per esempio, le ventole)
8. Rilevamento e controllo di "alta corrente" (I)

### PCM

I PCM (Phase Changing Materials) sono prodotti chimici, sostanze o miscele, in grado di assorbire calore attraverso il loro cambiamento di fase. Si tratta di fenomeni reversibili già sfruttati in molti settori industriali. E' allo studio il loro impiego nel controllo della temperatura di sistemi di accumulo elettrochimico.

### 7.3 QUALITÀ ED AFFIDABILITÀ

Nel caso di applicazioni ad alto valore aggiunto dei sistemi Litio-ioni, assicurare la qualità dei sistemi di accumulo è cruciale in quanto, in caso di guasto, non è possibile intervenire, se non per evitare una successione di eventi che possono culminare in una catena di eventi con rilevanti perdite economiche, danni a persone e all'ambiente.

L'affidabilità (in inglese: reliability) è una grandezza fondamentale per effettuare l'Analisi di Rischio con metodi strutturati quali la FMEA (Failure and Mode Effect Analysis), la FTA (Fault Tree Analysis) e l' Hazop (Hazard And Operability Study): i soli metodi che consentono di ottenere i parametri necessari per la valutazione dei rischi e per la progettazione di sistemi di prevenzione e protezione negli ambienti di utilizzo di queste tecnologie.

I due sistemi di gestione della **qualità** utilizzati dalle aziende produttive sono quelli sviluppati dall'ISO (International Organization for Standardization) e dall'ANSI (American National Standard Institute): si tratta di sistemi verificabili da Auditor e ben documentati.

L'applicazione di questi Standard richiede che le batterie siano dotate di un "pedigree" documentato, ovvero che sia garantita la qualità a partire dai prodotti chimici utilizzati per la costruzione delle celle, fino ai contenitori e all'elettronica di gestione e controllo. In relazione agli usi finali, può essere richiesta dagli utenti finali, addirittura la tracciabilità di ogni singolo componente: la tracciabilità è fondamentale nei casi in cui si debbano dimostrare/ricercare le cause di non conformità o di guasto o, più semplicemente, nel caso in cui il costruttore voglia effettuare l'up-grade delle tecnologie.

Nell'industria aerospaziale i prodotti devono essere certificati secondo lo Standard AS9100 e alcuni produttori hanno sviluppato addirittura propri sistemi di qualità: è il caso della Boeing North America, con lo standard D6-82479.

L'**affidabilità** fa parte del pedigree di un sistema di accumulo e deve essere noto all'utilizzatore. Se non fornito dai costruttori, può essere ricavato da prove di prestazione ed è collegato al cosiddetto "rateo di guasto".

L'analisi di affidabilità è uno strumento dell'ingegneria utilizzato comunemente nella progettazione e nella produzione di prodotti ad alto valore aggiunto per fornire delle stime statistiche sulla capacità dei sistemi di funzionare senza guasti nell'ambito dei requisiti di qualità del prodotto.

Per quanto riguarda i sistemi avanzati di accumulo elettrochimico, l'analisi di affidabilità è una parte integrante dell'analisi di rischio effettuata con metodi strutturati con la FMEA (Failure Mode And Effect Analysis). Tale analisi prende in considerazione ogni componente del sistema utilizzando la propria stima del tempo di vita per le operazioni e lo stoccaggio in particolari condizioni, come la temperatura la pressione l'esposizione a elementi come ad esempio miscele e radiazioni e altre possibili condizioni che possono avere influenza sulla performance e sul tempo di vita.

L'output di una analisi di affidabilità è spesso espresso come una percentuale, data in condizioni specifiche e determinate, che fornisce il livello di confidenza che il sistema non si guasta.

Un valore, rappresentativo dell'affidabilità, comunemente utilizzato è l'MTBF (Mean Time Between Failure) che indica il tempo atteso di funzionamento di un sistema senza necessità di effettuare riparazioni. Sulla base delle proprie necessità di affidabilità, i clienti possono richiedere delle specifiche di prodotto tali che il sistema sia strettamente definito con un alto livello di confidenza per esempio il 98%.


Le equazioni che sono utilizzate per calcolare i fattori di affidabilità sono le seguenti:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$MTBF = 1/\lambda$$

Dove:

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	35

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>


$R(t)$  è il fattore di affidabilità in funzione della durata minima di operatività senza guasto

$\lambda$  è il rateo di guasto, per esempio il numero di guasti occorsi in un dato tempo di operatività del sistema

T è il tempo di missione, espresso in unità di tempo (ad esempio, ore)

Un Esempio servirà a far capire l'importanza di questa grandezza: se le specifiche di un prodotto richiedono un'affidabilità del sistema del 99% per un tempo di missione 200 ore. In questo caso  $R(t) = 0,990$ . Dalle formule precedenti, si ricava l'MTBF che è pari a 19.990 ore. Che significa che il sistema in esame deve essere realizzato in modo da assicurare un guasto ogni 19.990 ore di funzionamento.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	36

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 8. PREVENZIONE DEI RISCHI: BUONE PRATICHE DI ASSEMBLAGGIO DEGLI ACCUMULATORI E RUOLO DEL BMS

Tra le dinamiche di guasto che possono portare all'incendio o all'esplosione delle celle elementari che costituiscono un pacco batterie si distinguono quelle di natura elettrica.

Potendo funzionare la batteria sia da carico che da generatore elettrico, essa può andare incontro a fenomeni di sovratensione o al contrario di sottotensione (tensione inferiore a quella minima consentita per la cella) sovratemperatura o sottotemperatura ed essere soggetta a correnti impulsive o continuative, in carica ed in scarica, maggiori di quelle compatibili con un funzionamento in sicurezza.

Un pacco batterie è costituito da moduli, ed i moduli sono a loro volta costituiti da celle elementari poste in parallelo ed in serie tra di loro, un eventuale problema di natura elettrica può nascere sia nella cella elementare che nei moduli o nell'intero pacco.

La sicurezza del sistema viene garantita con diverse linee di difesa: la prima di esse consiste nel concepire celle elementari dotate di dispositivi che intervengono, lasciando uscire dei gas, interrompendo dei circuiti o aprendole completamente fino a distruggerle, in caso di cortocircuito o sovratemperatura.

Delle altre linee di difesa una è la costruzione di un contenitore delle batterie che sia in grado di garantirne l'isolamento elettrico, la protezione da agenti esterni (acqua e polvere per es.) e la gestione termica, segue poi l'adozione di un dispositivo, detto BMS, Battery Management System, che si occupa di supervisionare il comportamento dell'intero pacco, cella per cella, e di intervenire regolando le singole tensioni di lavoro, la corrente di batteria, le temperature, fino al caso estremo di interruzione del funzionamento.

Dato che il BMS può a sua volta andare incontro a malfunzionamenti si integra anche una protezione aggiuntiva costituita da relè termici, interruttori differenziali ecc.

### 8.1 Dinamiche del guasto elettrico e loro prevenzione

Di seguito vengono brevemente elencate le cause di un guasto elettrico, e si presentano successivamente le tecniche che servono a prevenirle o a minimizzare i danni che esse possono causare.

#### 8.1.1 Dinamiche di guasto elettrico

La Figura 18. riporta le possibili cause di guasto di una cella elementare al litio, la cui evoluzione può portare anche all'incendio o all'esplosione della cella stessa: tra le cause sono evidenziate quelle legate all'abuso elettrico, ovvero ad un utilizzo non corretto della cella.

Il cortocircuito può avvenire all'esterno della cella, laddove la corrente trovi un percorso di richiusura a bassa resistenza tra i due poli, oppure all'interno della cella stessa a causa di un degrado della chimica.

Il sovraccarico può essere inteso in termini di corrente o di tensione: nel primo caso scorrerà per un tempo 'lungo' una corrente maggiore di quella che la cella può erogare o assorbire in condizioni di lavoro nominali, nel secondo sarà la tensione ad essere maggiore o minore di quella operativa.

La figura 19. riporta il data sheet di un particolare modello di cella in commercio (EIG 20 Ah)

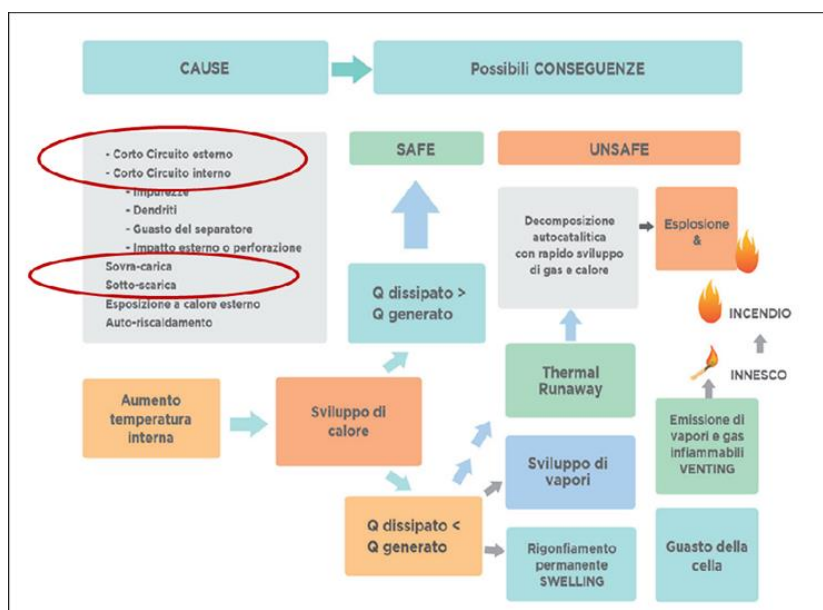



Figura 20: Dinamiche di guasto di una cella al Litio

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	37

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RTSdA

Product General Specification	
<b>Mechanical Characteristics</b>	
Model	C020
Length	217,0 ± 1 mm (excluding terminal)
Width	129,0 ± 1 mm
Thickness	7,2 ± 0,2 mm
Weight	approx. 428 g
<b>Electrical Characteristics</b>	
Nominal Voltage	3,65 V
Nominal Capacity	20 Ah
AC Impedance [1 KHz]	< 3 mΩ
Specific Energy	174 Wh/Kg
Energy Density	370 Wh/L
Specific Power[DOD50%, 10sec]	2300 W/Kg
Power Density[DOD50%, 10sec]	4600 W/L
<b>Operating Conditions</b>	
Charge Conditions :	
Recommended Charge Method	CC/CV
Maximum Charge Voltage	4,15 V
Recommended Charge Current	0,5 C Current
Discharge Conditions :	
Recommended Voltage Limit for Discharge	3,0 V
Lower Voltage Limit for Discharge	2,5 V
Maximum Discharge Current (Continuous)	up to 5 C Current
Maximum Discharge Current (Peak < 10 sec)	10 C Current
Operating Temperature :	
Recommended Charge Temperature	-30°C / + 55°C
Storage Temperature	0°C / + 40°C
	-30°C / + 55°C
Cycle Life at 25°C : [1 C Charge / 1 C Discharge, DOD100%]	
1000 Cycles to 80% Nominal Capacity	

Figura 21: Datasheet di una cella al litio e condizioni di lavoro operative

In figura 21. sono evidenziate le condizioni operative che garantiscono l'integrità della cella, la quale cella può essere vista, da un punto di vista esterno, come un componente caratterizzato da una tensione, una corrente erogata/assorbita, una temperatura di funzionamento.

Se le tre grandezze considerate possono essere misurate in ogni istante non così si può dire per lo stato di carica, che corrisponde alla quantità di carica presente nella batteria in un generico istante, messa in relazione con quella che può essere accumulata (capacità nominale o effettiva): essendo la carica l'integrale della corrente che scorre ai capi della cella essa deve essere valutata numericamente, e la capacità nominale o effettiva può essere, in alcune chimiche, difficile da individuare, dipendendo essa sia dalla corrente di scarica che dalla temperatura.

Il problema della valutazione di una eventuale sovraccarica o sovraccarica di una cella non può quindi essere semplicemente ricondotto a quello della misura della tensione ai capi della stessa, richiede invece l'introduzione di un sistema di supervisione che possa eseguire misure e calcoli sofisticati.

### 8.1.2 Dinamiche di guasto elettrico

Un sistema di accumulo, per quanto complesso possa essere, è sempre formato da un insieme di celle elementari collegate in vario modo tra di loro, ed un guasto ad una cella che possa eventualmente evolvere, per esempio in un incendio, può estendersi all'intero sistema.

La protezione del pacco batterie avviene quindi a tutti i livelli della sua costruzione, si protegge la cella sia operando sulle sue caratteristiche costruttive (chimica, contenitore) che inserendo in essa dispositivi di scarico della sovrappressione e di interruzione della corrente, si passa poi alla protezione del modulo, effettuata tramite contenitori adatti, per andare a quella dell'insieme dei moduli, effettuata tramite fusibili, interruttori, caratteristiche dell'ambiente che li ospita.

Un discorso a parte riguarda il BMS, il sistema di supervisione delle batterie costituito da un microcontrollore, che segue l'evoluzione della vita e delle condizioni di lavoro di ogni singola cella.


### 8.1.3 Prevenzione integrata nella cella

Una cella di batteria al Litio a non è concepita solo in funzione delle sue prestazioni, che vengono garantite da una certa tipologia di chimica, essa è progettata dal punto di vista meccanico in modo da resistere ad urti, abrasioni e sovrappressioni, e dal punto di vista elettrico a cortocircuiti e sovracorrenti.

Per fare questo l'involucro è provvisto di valvole che possano far uscire i gas che eventualmente si formano durante il funzionamento e/o di sistemi che in caso di sovracorrente o temperatura possano aprire, in modo reversibile o irreversibile, il circuito elettrico.

La figura 22 mostra le protezioni di una cella di tipo cilindrico 18650.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	38

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

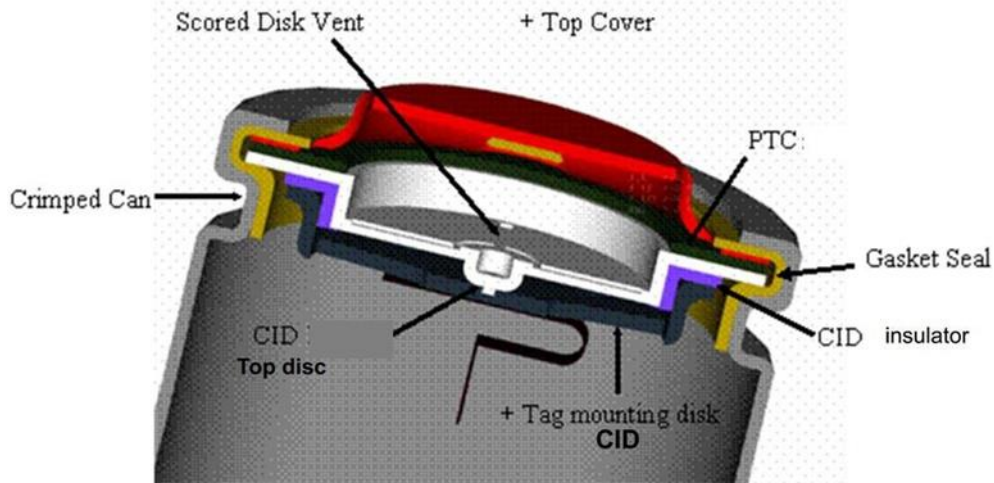


Figura 22: Protezioni di una cella al litio 18650

In Figura 22 le PTC sono delle resistenze variabili in funzione della corrente/temperatura: quando la corrente è superiore a quella consentita aumenta la resistenza fino all'apertura del circuito, quando la corrente diminuisce la resistenza torna ad essere trascurabile, il fenomeno è quindi reversibile.

Se all'interno della cella si dovesse verificare una sovrappressione allora interviene il dispositivo chiamato CID (Current Interrupt Device) la lamina in Figura 20 si deforma aprendo il circuito e creando nel contempo una via di uscita al gas che si è prodotto nella batteria.

#### 8.1.4 Costruzione di un pacco batterie – assemblaggio elettrico

La figura 23 riporta la struttura delle connessioni elettriche di un generico pacco batterie.

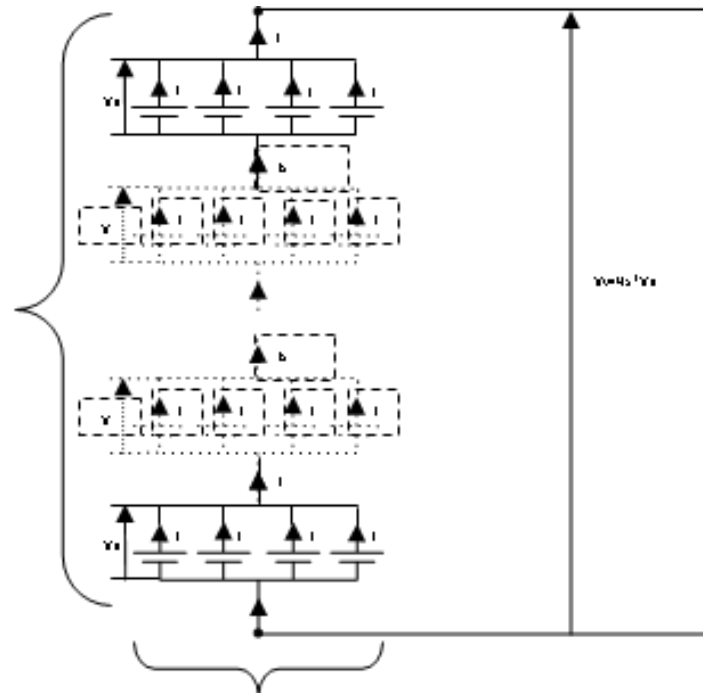



Figura 23: Struttura di un pacco batterie

Come detto esso è realizzato mettendo in parallelo ed in serie delle celle elementari idealmente identiche tra di loro, si sottolinea che il numero delle celle in parallelo deve essere identico per ogni gruppo dell'insieme. La capacità nominale del pacco è pari alla somma

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	39



<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

delle capacità delle singole celle poste in parallelo, anche la corrente nominale sarà la somma delle singole correnti nominali del gruppo in parallelo, mentre la tensione finale è data dalla somma delle tensioni parziali di gruppo.

Un certo numero di sottogruppi posti in serie costituisce un modulo, la serie dei moduli il pacco batterie

## 8.2 Prevenzione passiva – Il contenitore delle batterie

La costruzione del pacco non si esaurisce nel realizzare il collegamento delle singole celle, va infatti data una grande attenzione alla realizzazione di un contenitore in grado di assicurare la sicurezza del sistema, in particolare il contenitore che consente di raccogliere le celle in moduli deve permettere un numero minimo di operazioni su di esse.

- 1) Deve essere adatto al montaggio delle celle
- 2) Deve permettere di rendere accessibile ogni cella ad un sistema di misura della sua tensione e temperatura
- 3) 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
- 4) Deve permettere la gestione termica delle celle
- 5) Deve garantire la sicurezza elettrica del sistema
- 6) Deve essere trasportabile
- 7) Deve rispettare le normative di sicurezza vigenti

In aggiunta a queste caratteristiche esso dovrebbe presentarne altre


- 8) Poter contenere l'ingresso di sostanze che possono danneggiare le batterie
- 9) Poter garantire una sicurezza passiva in caso di venting, esplosione o incendio di una cella, ovvero permettere alle sostanze di fuoriuscire senza problemi in caso di venting e costituire una prima barriera di contenimento dell'esplosione o dell'incendio
- 10) 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
- 11) La costruzione del pacco dovrebbe essere ottimizzata anche come assemblaggio dei singoli moduli

La Figura 24 mostra un contenitore di celle realizzato dalla Kokam per applicazioni che richiedono una grande potenza specifica. In Figura si vede come l'insieme sia realizzato con una concezione modulare, è stata data grande attenzione alla gestione termica delle batterie, prevedendo un raffreddamento liquido (le batterie lavorano in potenza e quindi generano molto calore), tutto l'insieme presenta una robustezza meccanica ed elettrica.



Figura 24: Contenitore di celle Kokam

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	40

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

### 8.3 Prevenzione attiva – Il BMS

Il BMS è un microcontrollore che assicura la corretta gestione del pacco batterie, esso può intervenire durante il normale funzionamento del sistema di accumulo per assicurare che lavori in modo ottimale, ed interviene in ogni caso in presenza di un potenziale pericolo.

Il BMS dispone di una serie di funzioni di base, obbligatorie per ogni modello in commercio, e di funzioni avanzate aggiuntive che variano di caso in caso.

#### 8.3.1 Funzioni del BMS

Per la sua corretta gestione un pacco batterie richiede:

- ✓ La determinazione dello 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.

Oltre a queste funzioni minime un sistema evoluto di gestione delle batterie può averne altre, di cui alcune costruite in modo specifico per una certa tipologia di batterie, struttura dei moduli, attuatori a disposizione per la refrigerazione, la gestione della corrente, lo scambio di informazioni con l'esterno ecc.

Alcune per esempio possono essere:

- ▶ Diagnostica (presenza di deformazioni, fumo nell'ambiente, problemi elettrici (case e BMS))
- ▶ Stato di salute, storico del monitoraggio celle
- ▶ Azionamento ventole, sistemi di sicurezza

ed altre ancora.

#### 8.3.2 Strutture ed interfaccia di un BMS

La Figura 25 mostra la struttura di un BMS commerciale: la maggior parte dei prodotti in commercio sono assimilabili a questa struttura, quelli che fanno eccezione devono comunque realizzare le stesse funzioni rese possibili da questa soluzione.

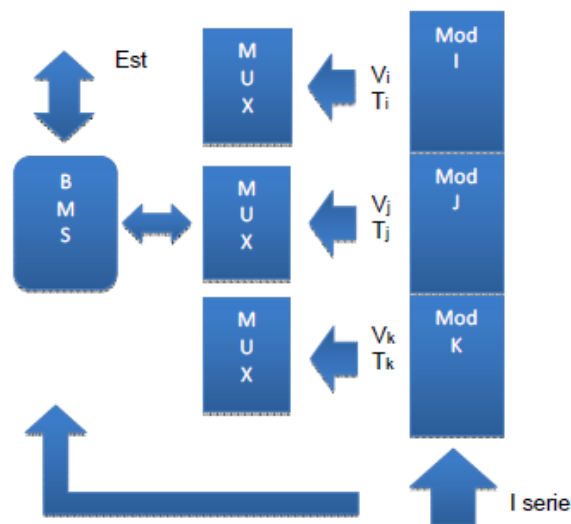



Figura 25: Struttura di un BMS commerciale

Il BMS è interfacciato con le batterie dai Mux, che costituiscono il sistema di acquisizione delle tensioni e temperature di cella; i Mux permettono anche di mettere in comunicazione due singoli gruppi di celle in parallelo per permettere l'equalizzazione delle tensioni (rendere uguali, a meno di uno errore massimo predefinito, le tensioni di ogni cella del pacco).

Il BMS, oltre che con le celle, è interfacciato con il mondo esterno tramite una linea di comunicazione ed altre soluzioni (per es. contattori): questo gli permette di scambiare le informazioni con altri supervisori, pilotare la corrente di ricarica delle batterie, aprire o chiudere il circuito esterno.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	41

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022				<b>Revisione:</b>

### 8.3.3 Problemi relativi al montaggio di celle in parallelo e alla scelta dei punti di misura della temperatura

In Figura 26 è stata mostrata la struttura di un generico pacco di batterie: qualora si voglia aumentare la capacità delle celle elementari è possibile montarne un certo numero in parallelo, ma questo, a meno di soluzioni particolarmente complesse e costose, comporta la perdita dell'informazione relativa alla corrente che scorre in ogni singola cella, come mostrato in Figura 26

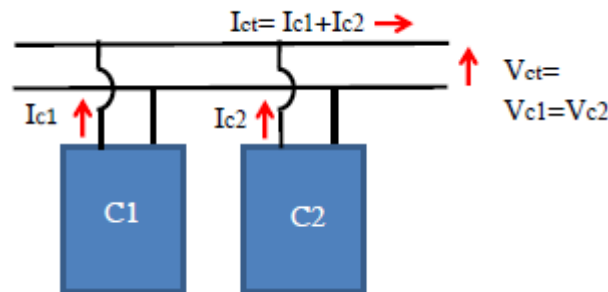


Figura 26: Celle in parallelo

Il BMS acquisisce la tensione delle celle e la corrente totale  $I_{ct}=I_{c1}+I_{c2}$  del gruppo in parallelo, ma perde l'informazione delle singole correnti di cella, potrebbe quindi, in prospettiva, non accorgersi di uno squilibrio tra le caratteristiche delle celle, sintomo di un degrado di una di esse: maggiore è il numero delle celle in parallelo minore sarà la possibilità da parte del BMS di intercettare i sintomi del degrado.

Un problema aggiuntivo è che il BMS non ha nessuna possibilità di intervenire in caso di cortocircuito interno ad un gruppo in parallelo, in quanto non è in grado di sezionare il relativo circuito.

Per quanto concerne le misure di temperatura, in genere il BMS è in grado di rilevare lo stesso numero di tensioni parziali e di temperature, quindi quelle di tutti i gruppi in parallelo, ma non sempre questa capacità viene sfruttata: di solito si preferisce prendere dei punti significativi del modulo/pacco batterie.

La scelta di monitorare solo dei gruppi rappresentativi di celle implica quella di poter perdere il comportamento anomalo di quelli lontani dai punti di misura.

### 8.3.4 Celle in serie: la funzione di equalizzazione

Si considerino due celle poste in serie tra di loro come mostrato in Figura 27.

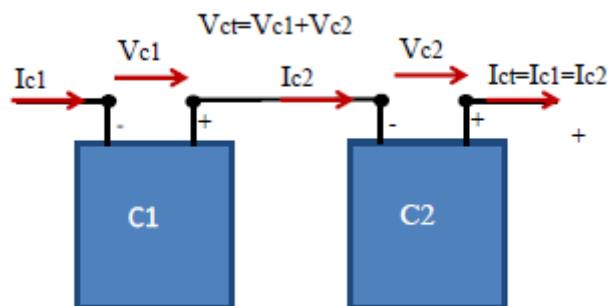



Figura 27: Celle in serie

Le celle, idealmente identiche tra di loro, in realtà presentano, per invecchiamento e/o tolleranze di lavorazione, due capacità diverse: in particolare con riferimento alla Figura 27, si supponga che la capacità C2 sia maggiore della C1.

Le celle saranno considerate scariche quando la loro tensione a vuoto corrisponde alla tensione minima operativa indicata nel Datasheet, sono considerate cariche quando essa invece corrisponde alla massima. In Figura 26 viene mostrata la situazione che si viene a creare quando si caricano o scaricano a corrente costante le due celle poste in serie.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	42

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022				<b>Revisione:</b>

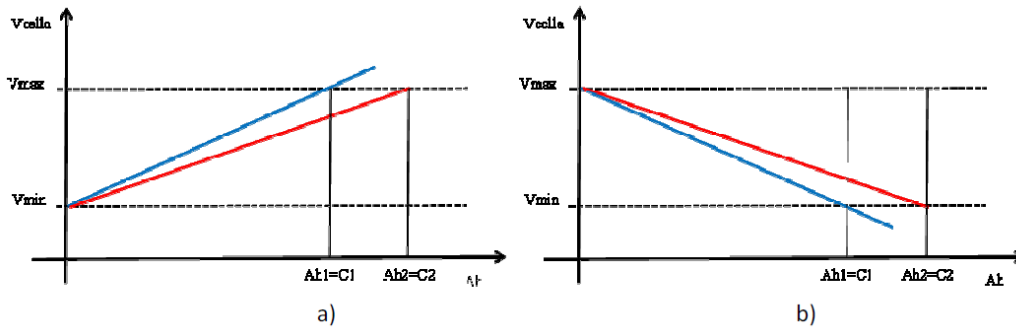


Figura 28: Problema della equalizzazione a) in carica b) in scarica

In Figura 28 a) la cella con capacità C1, a parità di carica ricevuta, arriverà alla tensione massima consentita prima della cella C2, ma a questo punto, non potendo il sistema superare Vmax per la C1 pena il suo danneggiamento, occorre interrompere l'operazione e lasciare quindi parzialmente scarica la C2, in Figura 28 b) è rappresentato l'analogo problema per la fase di scarica; a seconda delle chimiche il fenomeno illustrato potrebbe anche avvenire occasionalmente ed essere reversibile.

Per risolvere questo problema e sfruttare al massimo le potenzialità del pacco batterie occorre procedere alla equalizzazione delle tensioni parziali, ovvero renderle tutte uguali a meno di una tolleranza prestabilita. A seconda del modello di BMS l'equalizzazione può avvenire a fine carica, nelle fasi di pausa (non erogazione della corrente) o di funzionamento, ed essere passiva, ovvero dissipativa su resistenza, o attiva, ovvero si scarica una cella su un'altra o si utilizzano altre soluzioni che minimizzano la perdita di energia.

La Figura 29 presenta due possibili soluzioni circuitali per l'equalizzazione delle tensioni di cella.

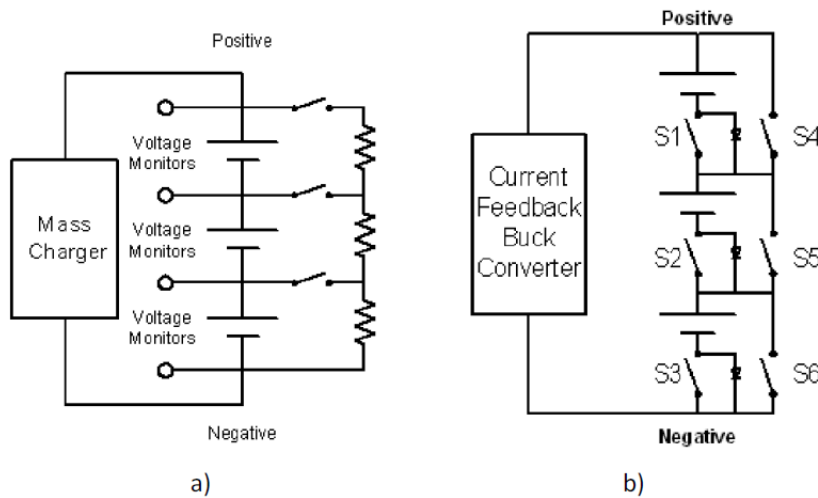


Figura 29: Schemi circuitali per la equalizzazione a) passiva b) attiva

Il problema della equalizzazione delle tensioni è molto sentito su pacchi batterie che possono presentare centinaia di collegamenti in serie di celle o gruppi di celle di alta capacità.

La scelta dei metodi da adottare, delle soglie di tolleranza delle tensioni parziali e della corrente massima di equalizzazione si traduce anche in quella del tempo che serve per eseguire l'operazione.

Nell'impostare le modalità di equalizzazione occorre anche considerare la chimica della cella: in Figura 30 sono comparate due caratteristiche di tensione a vuoto per due celle di chimiche diverse.

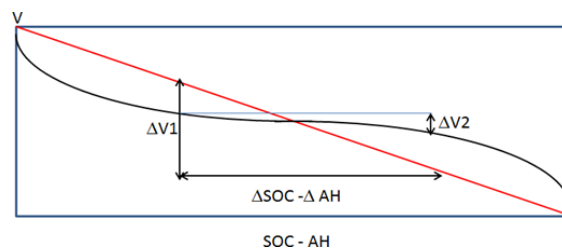



Figura 30: Caratteristiche a vuoto di chimiche diverse

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	43

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Nel caso della cella con curva a tensione più piatta il problema, per ampie variazioni di SOC, è meno sentito, per contro sarà più difficile utilizzare la curva per stimare lo SOC, in questo caso la soluzione migliore è equalizzare solo a fine carica.

### 8.3.5 Possibili malfunzionamenti del BMS ed integrazione di protezioni indipendenti

Anche il BMS può essere soggetto a malfunzionamento, il malfunzionamento può a sua volta provocare o non provocare un blocco del sistema: nel secondo caso potrebbe insorgere una situazione di pericolo.

Tra i malfunzionamenti che possono portare al blocco del sistema si elencano i seguenti:

- ✓ Interruzione della catena interna di comunicazione
- ✓ Interruzione della catena esterna di comunicazione
- ✓ Perdita del controllo dei sistemi di gestione termica
- ✓ Malfunzionamento del sistema di equalizzazione
- ✓ Perdita del controllo della funzione di ricarica
- ✓ Spegnimento del BMS

Dal momento che il sistema si blocca si evitano situazioni di pericolo.

E' possibile invece che si verifichino situazioni in cui il sistema non si blocchi, creando un potenziale pericolo, alcune cause di errore potrebbero essere, ad esempio:

- ✓ Mancato rilievo temperatura di cella (perché i sensori sono montati a campione)
- ✓ Mancato rilievo temperatura di cella (malfunzionamento dei sensori – starati-montaggio errato)
- ✓ Lettura errata di una tensione di cella (malfunzionamento dei sensori – starati-montaggio errato)
- ✓ Lettura errata della corrente totale (nulla, oltre i limiti, in scala diversa dalla reale, sensore non tarato)
- ✓ Stima errata del SOC (SW scritto male, oppure non possibile reset SOC)
- ✓ Cortocircuito con mancato intervento delle protezioni (BMS e fusibili lenti)

La lettura errata di dati o la perdita di informazioni sulla temperatura di una cella potrebbero portare ad una fuoriuscita dal range di funzionamento ottimale del sistema come sintetizzato in Figura 29

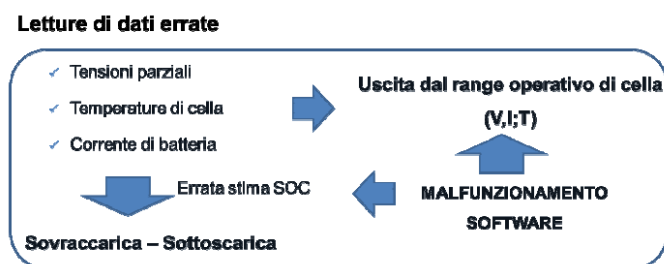



Figura 31: Conseguenze di una lettura errata delle grandezze cella

Le soluzioni al problema potrebbero essere le seguenti:

- ✓ Protezioni fisiche (relè termici, fusibili, sistemi di apertura in cc integrati nelle celle)
- ✓ Algoritmi di rilievo di letture errate
- ✓ Ridondanza dei sistemi di misura e di controllo

Un sistema corretto di prevenzione del guasto elettrico e termico quindi dovrà utilizzare il coordinamento tra tre tipologie di protezioni, una passiva legata alla costruzione dei contenitori delle batterie ed anche, possibilmente, alle caratteristiche dell'ambiente in cui si opera, una attiva legata al BMS e ad altri attuatori presenti nel contenitore, nel sistema batterie ed eventualmente nell'ambiente circostante, per esempio fusibili, ventole, sistemi di smorzamento dell'incendio.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	44

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 9. SISTEMA ANTINCENDIO

Sarà progettato e certificato in conformità alla regola dell'arte e normativa vigente. Il sistema, che sarà interfacciato con la centrale di allarme presente nella sala controllo del CCGT, ha il compito di valutare i segnali dei sensori di fumo/termici e:


- allertare le persone in caso di pericolo;
- disattivare gli impianti tecnologici;
- attivare i sistemi fissi di spegnimento;

Le principali caratteristiche sono:

1. i locali batterie saranno protetti da sistema di estinzione, attivato automaticamente dalla centrale antincendio in seguito all'intervento concomitante di almeno 2 sensori su 2;
2. il fluido estinguente sarà un gas caratterizzato da limitata tossicità per le persone e massima sostenibilità ambientale, contenuto in bombole pressurizzate con azoto (tipicamente a 25 bar). Sarà di tipo fluoro-chetone 3M NOVEC 1230 o equivalente. La distribuzione è effettuata ad ugelli, e realizzerà l'estinzione entro 10 s;
3. la centrale di rilevazione e automazione del sistema di estinzione e le bombole saranno installate in compartimento separato dal locale batterie, separato da setto REI 120;
4. esternamente ai container saranno installati avvisatori visivi e acustici degli stati d'allarme, e sistema a chiave di esclusione dell'estinzione;
5. saranno presenti pulsanti di allarme e specifiche procedure per la gestione delle eventuali situazioni di malfunzionamento in modo da escludere limitazioni alle attuali condizioni di sicurezza della centrale;
6. nei locali elettrici non dotati di sistema di estinzione automatico (cabina elettrica) saranno previsti estintori a CO<sub>2</sub>.

La gestione degli apparecchi che contengono gas ad effetto serra sarà conforme alle normative F-Gas vigenti.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	45

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 10. CARATTERIZZAZIONE DEGLI STOCCAGGI AL CHIUSO E ALL'APERTO

Nel paragrafo vengono forniti dati ed indicazioni sulle peculiarità di comportamento delle batterie al litio immagazzinate in relazione all'innesco e alla propagazione del fuoco in caso di incendio nonché' allo stoccaggio sia in interno che in esterno.

Tali dati devono essere considerati come elementi da inserire in una valutazione effettuata secondo il D.M. 03/08/2015 nel quale vengono normati tutti i requisiti citati nei punti 7.1.2 e 7.1.3.

Per quanto riguarda invece il punto 7.1.4 l'argomento trattato è normato da decreto legislativo n°105 del 26 giugno 2015 (Seveso Ter) nonché' dal decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 sui luoghi di lavoro in generale che deve essere considerato nelle parti riguardanti l'esposizione ad agenti chimici e cancerogeni (Titolo IX CAPO I e II).

Come nota relativa agli orientamenti presi da altre nazioni e/o associazioni rilevanti sull'argomento, bisogna prendere visione delle indicazioni date dall'associazione degli Assicuratori tedeschi ove vengono enunciati alcuni principi degni di attenzione.

Più specificamente viene richiesto che solo batterie che hanno certificato di rispondenza alla norma UN 38.3 /IEC 62133 possano essere immagazzinate (questo pone dei problemi per oggetti usati anche integri prodotti prima della totale applicabilità della norma).

Inoltre pongono come distanza di sicurezza in assenza di sprinkler o altri mezzi di estinzione attiva 2.5 mt per evitare la propagazione da portare a 5 mt nel caso di elementi singoli di grandi dimensioni.

L'ultimo punto evidenziato in suddetto documento è la dichiarazione esplicita della assenza di norme nazionali o europee specifiche per le batterie al litio, da cui deriva la necessità di documenti di orientamento o di prescrizione simili a questo in stesura.

### 10.1 Caratterizzazione degli stoccaggi al chiuso

#### 10.1.1 Condizioni ambientali

- Le batterie devono essere mantenute in un locale climatizzato al fine di mantenere il ciclo termico giornaliero ad una ampiezza minima, compatibilmente con costi e operatività. Da diverse fonti viene indicata la temperatura di immagazzinamento ottimale a 15°C mentre viene considerata buona nel caso di valore medio compreso tra 10 e 25 °C e variazioni dell'ordine dei +/- 5°C nel ciclo giornaliero.[2] Temperature al di sotto di 5°C o superiori a 30°C sono da considerare potenzialmente dannose.
- Ove possibile le batterie devono essere immagazzinate con al massimo il 50% di carica, in ogni caso è da evitare l'accumulo di elementi con il 100% di carica disponibile se non per il tempo minimo necessario.
- Il tasso di umidità deve essere mantenuto in modo attivo al di sotto del 70%, minore e' preferibile. Un valore troppo basso, sotto il 30-40% potrebbe innescare accumuli di cariche statiche ed e' da evitare
- L'illuminazione solare deve essere completamente indiretta o evitata. Pannelli smerigliati o comunque lavorati otticamente sono da considerare corretti come lucernari perché' evitano la concentrazione del raggio di luce sull'oggetto ma la diffondono su tutto il volume
- Il locale deve essere areato, nel rispetto dei punti precedenti, con un ricambio di aria di almeno due ricambi ora : l'areazione naturale, date le condizioni di climatizzazione, non è consigliata

Il tasso di areazione deve aumentare sensibilmente (raddoppiare) in presenza di materiale usato o addirittura considerato non idoneo


- il locale di immagazzinamento non deve essere utilizzato per cicli di carica a meno di un adeguamento delle condizioni di sicurezza rispetto al normale stoccaggio o un confinamento della zona in cui questo avviene. Qualsiasi altro utilizzo all'interno del volume del magazzino dovrebbe essere evitato o reso pienamente compatibile con le condizioni termiche e di sicurezza qui elencate

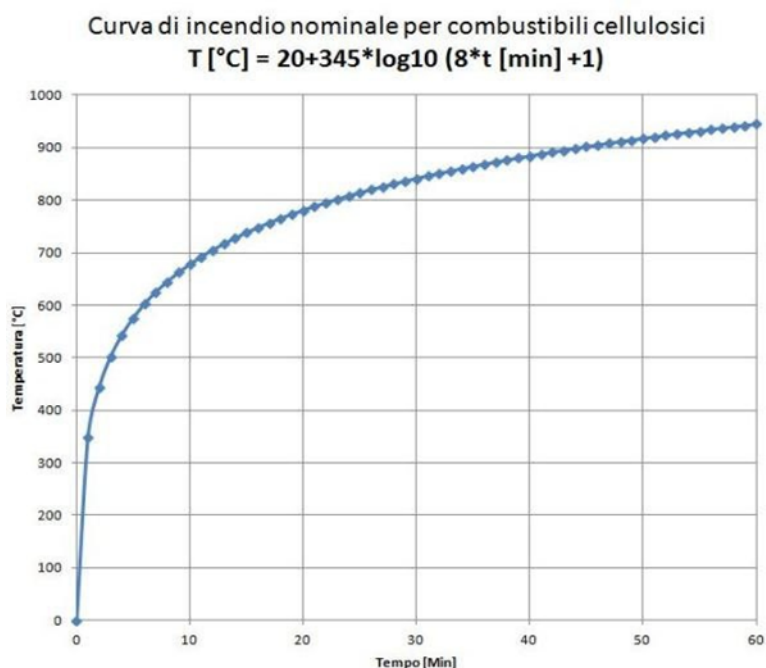
#### 10.1.2 Confinamento

- il quantitativo di batterie o l'energia immagazzinata massima in un unico elemento di stoccaggio (e.g. un pallet, un ripiano, un loculo di magazzino automatico) deve essere mantenuta al minimo compatibile con la struttura del magazzino e del flusso di lavoro dei materiali richiesti. L'aumentare di tale energia aumenta il livello di pericolosità.
- Gli elementi di stoccaggio devono essere separati tra di loro da materiale termicamente isolante e totalmente ignifugo: si possono sviluppare temperature di superiori ai 700-800°C che comporterebbe un tempo di resistenza secondo le ISO 834 di circa 20 min. senza perdite di proprietà meccaniche significative sia del coibente che della struttura di supporto.

Data la peculiarità delle batterie al litio e' bene considerare la possibilità di permanenza di fiamma per tempi superiori alla mezz'ora, viene quindi indicata una temperatura prudenziale di test a 900°C.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	46

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>



*Figura 32: Curva di incendio nominale*

- le distanze di immagazzinamento degli elementi e quindi il quantitativo complessivo di energia per unità di volume devono essere compatibili con la resistenza al calore degli elementi costruttivi e le scaffalature adottate
- i calcoli di confinamento devono tenere conto delle eventuali fiamme sviluppate e del loro andamento al fine di evitare propagazione causata da tale sviluppo

### 10.1.3 Resistenza dei materiali


- i materiali di costruzione delle strutture e degli arredi interni devono essere tali da ridurre al minimo il pericolo di cedimenti strutturali causati dalla temperatura con conseguente variazione della posizione degli elementi nel magazzino
- le resistenze meccaniche delle scaffalature devono essere calcolate ad una temperatura vicina a quanto possono subire durante il thermal runaway di una singola unità di immagazzinaggio. Si può considerare una temperatura di riferimento a 500°C come significativa e prudente nel caso nessuna contromisura specifica venga adottata (pallet direttamente su porta-pallet metallico)
- viene lasciata facoltà al progettista di bilanciare i fattori di sicurezza passiva secondo le esigenze del magazzino stesso e delle tecnologie disponibili, purché vengano prodotti i dati di calcolo degli stessi. Come esempio generale si consideri che uno scaffale metallico, in presenza di sprinkler, difficilmente supererà di molto i 100°C, mentre in assenza degli stessi potrebbe portarsi a 500°C e oltre.

### 10.1.4 Predisposizione alla bonifica

- durante una deriva termica vengono sviluppati gas e fumi nocivi: i materiali e le forme fisiche dei manufatti devono consentire un agevole bonifica di una zona esposta ad un evento del genere
- materiali porosi, quali i coibentanti termici usati per il confinamento, devono essere trattati superficialmente per ridurre al minimo il trattenimento delle particelle in sospensione nei fumi. Lo stesso dicasi per superfici porose facenti parte sia della struttura che della scaffalatura. Qualora questo sia non possibile, la facilità e l'economicità di sostituzione di tali elementi contaminabili può essere considerata una valida alternativa ove venga dichiarata l'obbligatorietà di tale sostituzione a seguito di un evento
- Qualora il tipo di bonifica prevista a seguito di evento comprenda liquidi di diversa natura, una adeguata predisposizione alla raccolta di tali liquidi contaminati deve essere predisposta al fine di prevenire la dispersione in ambiente
- Le valutazioni sull'efficacia delle misure adottate sono normate dal D.L. n°105 del 26 giugno 2015 e D.L. n° 81 del 9 aprile 2008: per quest'ultimo si consideri efficace un dispositivo di misure tali da poter riportare gli edifici allo stesso livello di agibilità precedente all'incidente, indice di una sufficiente rimozione degli agenti chimici.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	47



<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 10.2 Caratterizzazione degli stoccaggi all'aperto

### 10.2.1 Condizioni ambientali

- L'area di immagazzinaggio esterna deve essere chiaramente identificata e delimitata, con cartelli illustranti l'utilizzo dell'area stessa in modo univoco.
- Le batterie devono essere mantenute protette dagli agenti atmosferici in maniera tale da facilitare la riduzione del tasso di umidità vicino alle batterie. In tale ottica le tettoie aperte, anche se soggette alla penetrazione di pioggia in presenza di vento, sono da preferire ad una copertura a teloni, la quale mantiene l'acqua all'interno.
- Il posto prescelto deve essere adatto a mantenere le variazioni termiche al minimo, relativamente ad un ambiente aperto.
- L'illuminazione solare diretta deve essere evitata il più possibile.
- Il posto di immagazzinamento deve essere scelto per evitare in modo tassativo la possibilità di inondazione dello stesso sia da parte di corsi d'acqua sia per accumulo di acqua piovana
- Deve essere evitata la vicinanza di altre fonti di pericolo, quali cavi di alta tensione, cabine di trasformazione, serbatoi di gas o liquidi infiammabili o corrosivi, o altre aree di stoccaggio di materiale potenzialmente pericoloso.
- La posizione rispetto alla circolazione interna allo stabilimento, alle vie di fuga, alla facilità di movimentazione in caso di incidente deve essere documentata e valutata

### 10.2.2 Confinamento

- il quantitativo di batterie o l'energia immagazzinata massima in una unità di stoccaggio (e.g. un pallet) deve essere mantenuta al minimo compatibile con l'utilizzo razionale dello spazio
- la distanza minima tra una unità di stoccaggio e l'altra deve prevenire la propagazione di fiamme tra una e l'altra
- la distanza dell'area di immagazzinamento dalle altre strutture deve essere proporzionata al quantitativo massimo di energia presente nella stessa
- i calcoli di confinamento devono tenere conto delle eventuali fiamme sviluppate e del loro andamento al fine di evitare propagazione causata da tale sviluppo


### 10.2.3 Esistenza dei materiali e predisposizione alla bonifica

- I materiali utilizzati come contenitori e supporti, quelli di copertura ed in generale ogni altro materiale presente assieme alle batterie deve essere ignifugo o comunque evitare la propagazione di fiamma
- I materiali delle infrastrutture ausiliarie (e.g. i lampioni di illuminazione area) devono essere tali da resistere, almeno temporaneamente, ad un evento distruttivo, o essere posti ad una distanza di sicurezza
- L'area prescelta deve avere una pavimentazione idonea sia alla resistenza sia alla bonifica. Il battuto di cemento è preferibile all'asfalto, la pavimentazione con autobloccanti, idonea per resistenza termica, deve garantire la raccolta delle acque di spegnimento.
- Le esigenze di raccolta dell'acqua piovana possono collidere con quelle di raccolta dei liquidi di spegnimento: per tale motivo tettoie o tensostrutture che proteggano l'area dalla pioggia sono da preferirsi ad altre soluzioni.

### 10.2.4 Validità dei sistemi di protezione attiva

- è previsto che le condizioni di sicurezza sopra elencate possano essere raggiunte anche in seguito ad apposite strutture di intervento che mitighino o addirittura annullino gli effetti del thermal runaway: definiamo queste contromisure "sistemi di protezione attiva" poiché intervengono sul magazzino con azioni specifiche.
- Come in ogni sistema di sicurezza con eventi concatenati viene riconosciuto al sistema di sicurezza attivo validità sostitutiva se e solo se:
  - a. non può essere disattivato accidentalmente
  - b. effettua il suo intervento decisionale con logica "dead body" ovvero interviene anche in caso di assenza di alimentazione
  - c. nel caso di interventi su parametri multipli l'intervento è abilitato dall'assenza di anche solo uno dei sistemi concorrenti (logica OR positiva)

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	48

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RTSDA

## 11. GESTIONE DEI RIFIUTI DI BATTERIE AL LITIO E BONIFICA DELLE AREE INTERESSATE DA EVENTI INCIDENTALI

Pile e accumulatori al litio, giunti a fine vita, e i rifiuti elettronici che le contengono, sono classificati – dall'ONU – come merce pericolosa (si veda Capitolo 6d20). Il loro trasporto su gomma deve avvenire secondo il regolamento ADR, che ne stabilisce: classificazione e identificazione della merce; tipologia di mezzi di trasporto e loro modalità di carico; modalità di imballaggio; tipologia di imballaggi e sovraimballaggi, la loro marcatura ed etichettatura, ecc.

Per la Direttiva Rifiuti, la Direttiva 2008/98/CE e la Decisione 2014/955/UE, il rifiuto deve essere altresì identificato mediante un codice CER e ne deve essere valutata e documentata la eventuale pericolosità, attraverso l'attribuzione delle frasi di rischio H, di cui al Regolamento 1357/2014/UE. Attualmente, la classificazione di pericolo e l'etichettatura dei rifiuti avvengono facendo riferimento al Regolamento CLP 21, ovvero viene richiesta l'etichettatura secondo il sistema internazionale GHS. Considerando le diverse composizioni chimiche delle batterie al litio e la non obbligatorietà delle schede di sicurezza, a rigore, anche per le batterie integre giunte a fine vita sarebbe necessaria l'esecuzione di una analisi chimica. La questione si pone inequivocabile nel caso di batterie non integre e di residui provenienti da eventi incidentali. L'analisi chimica dei residui presenti sul sito ove sia occorso un incidente, sia solidi che liquidi che aeriformi, è infine, fondamentale per le seguenti ragioni: scelta di un metodo appropriato di bonifica del sito contaminato; classificazione dei fanghi, dei liquidi e dei solidi provenienti dall'intervento di emergenza e dalla bonifica del rifiuto per poterne eseguire la raccolta, il trattamento e il conferimento in discarica secondo l'enorme vigenti; caratterizzazione dei pericoli per gli operatori dell'intervento di emergenza e per chi deve effettuare la bonifica dell'area.

### 11.1 Il Testo Unico Ambientale, la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti contaminati

Il Testo Unico Ambientale (TUA), DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2006, n. 152, con le sue modifiche ed integrazioni, dedica la Parte Quarta, alla normazione della gestione dei RIFIUTI (Titolo IV) e alla gestione della BONIFICA DEI SITI INQUINATI (Titolo V).

Il TU prevede, tra l'altro, che il rifiuto pericoloso sia etichettato opportunamente e corredato del formulario di identificazione dei rifiuti, a cura del produttore dei rifiuti (articolo 188 del TUA) detto FIR. Il FIR deve seguire il rifiuto durante tutte le sue fasi di trasporto (articolo 193 del TUA). Ai fini della tracciabilità del rifiuto e della verifica di adempimento delle norme del TUA, il detentore delle discariche, il produttore del rifiuto e il trasportatore, devono compilare annualmente il Modello Unico di Dichiarazione Ambientale (MUD) da presentare alla Camera di Commercio, in quanto incaricata dal Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Mare e del Territorio (MINAMB). Presso i produttori di rifiuti è obbligatoria la tenuta del Registro di Carico e Scarico dei rifiuti.

I tempi di permanenza all'interno degli stoccaggi logistici della filiera del rifiuto, inclusi gli interporti (comma 12) sono determinati dall'articolo 193, dedicato al trasporto dei rifiuti.

L'articolo 178-bis tratta della Responsabilità estesa del produttore di rifiuti, laddove si debba intendere come tale:

*"qualsiasi persona fisica o giuridica che professionalmente sviluppi, fabbrichi, trasformi, tratti, venda o importi prodotti, nell'organizzazione del sistema di gestione dei rifiuti, e nell'accettazione dei prodotti restituiti e dei rifiuti che restano dopo il loro utilizzo." Specifici decreti emanati dal Ministero dell'Ambiente "possono prevedere altresì che i costi della gestione dei rifiuti siano sostenuti parzialmente o interamente dal produttore del prodotto causa dei rifiuti. Nel caso il produttore del prodotto partecipi parzialmente, il distributore del prodotto concorre per la differenza fino all'intera copertura di tali costi".*

L'articolo 187 vieta la miscelazione di rifiuti pericolosi aventi differenti caratteristiche di pericolosità ovvero rifiuti pericolosi con rifiuti non pericolosi, pur comprendendo delle deroghe.

L'Articolo 188 inquadra le responsabilità dei vari attori della filiera dei rifiuti, inclusi i produttori dei rifiuti e i detentori degli stessi, e della ripartizione dei costi della gestione dei rifiuti (comma 2):


*Comma 1.[...] Fatto salvo quanto previsto ai successivi commi del presente articolo, il produttore iniziale o altro detentore conserva la responsabilità per l'intera catena di trattamento, restando inteso che qualora il produttore iniziale o il detentore trasferisca i rifiuti per il trattamento preliminare a uno dei soggetti consegnatari di cui al presente comma, tale responsabilità, di regola, comunque sussiste.*

L'articolo 193 tratta del trasporto dei rifiuti descrivendo, tra l'altro, i contenuti del FIR (comma 1):

*Comma 1. Per gli enti e le imprese che raccolgono e trasportano rifiuti [...]i rifiuti devono essere accompagnati da un formulario di identificazione dal quale devono risultare almeno i seguenti dati: a) nome ed indirizzo del produttore dei rifiuti e del detentore; b) origine, tipologia e quantità del rifiuto; c) impianto di destinazione; d) data e percorso dell'istadamento; e) nome ed indirizzo del destinatario.*

Il FIR deve essere redatto in 4 esemplari, compilato, datato e firmato dal produttore o dal detentore dei rifiuti e controfirmato dal trasportatore. Le copie del formulario devono essere conservate per 5 anni. Una copia del formulario deve rimanere presso il produttore o il detentore e le altre tre, controfirmate e datate in arrivo dal destinatario, sono acquisite una dal destinatario e due dal trasportatore, che provvede a trasmetterne una al detentore. I FIR devono essere numerati e vidimati dagli uffici dalle Camere di commercio, industria, artigianato e agricoltura e devono essere annotati sul registro IVA acquisti (nel senso che deve essere registrata la fattura di acquisto del formulario con l'indicazione dei codici alfanumerici identificativi del blocco di formulari acquistato). La vidimazione dei predetti formulari di identificazione è gratuita e non è soggetta ad alcun diritto o imposizione tributaria.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	49

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

L'emissione del FIR è a cura del Produttore del rifiuto, in caso di sua impossibilità l'emissione del documento può essere a cura del Trasportatore, rimanendo tuttavia in vigore le responsabilità del Produttore su quanto in esso dichiarato.

## 11.2 Caratterizzazione dei rifiuti di batterie al litio

Il Produttore di un Rifiuto ha l'obbligo di attribuire di individuare e classificare la pericolosità del rifiuto, attribuendo ad esso il codice CER e la classificazione di pericolo HP.

### 11.2.1 Codice CER e Codice HP

A partire dal 1° giugno 2015, ai fini della codifica dei rifiuti (attribuzione del codice CER), si deve far riferimento esclusivamente al Catalogo Europeo dei Rifiuti, di cui alla Decisione 2014/955/UE. Dal 1° giugno 2015 deve altresì essere applicato il Regolamento 1357/2014/UE, che riscrive le caratteristiche di pericolo dei rifiuti (attribuzione delle Hazard Phrase – HP, dove la lettera P rappresenta un numero). Tale Regolamento modifica consistentemente i criteri di classificazione dei rifiuti speciali, ovvero pericolosi, coordinandoli con le disposizioni contenute nel Regolamento 1272/2008 sulla classificazione, etichettatura e imballaggio delle sostanze e delle miscele (c.d. Regolamento CLP). La classificazione di pericolo è basata su dati oggettivi, quali: scheda dati di composizione chimica o analisi chimica.

Il CATALOGO EUROPEO DEI RIFIUTI è l'elenco dei codici di classificazione dei rifiuti (Codice Europeo del Rifiuto, CER) secondo la direttiva 75/442/CEE, che definisce il termine rifiuti nel modo seguente: "qualsiasi sostanza od oggetto che rientri nelle categorie riportate nell'allegato I e di cui il detentore si disfi o abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi". L'allegato I è denominato Elenco europeo dei rifiuti (List of wastes) e si applica a tutti i rifiuti, siano essi destinati allo smaltimento o al recupero.

I codici CER sono delle sequenze numeriche, composte da 6 cifre riunite in coppie (es. 03 01 01 scarti di corteccia e sughero), volte ad identificare un rifiuto, di norma, in base al processo produttivo da cui è originato. Il primo gruppo identifica il capitolo, mentre il secondo usualmente il processo produttivo. I codici CER sono 842.

L'elenco dei rifiuti riportato nella decisione 2014/955/UE è stato trasposto in Italia includendolo nell'allegato D alla Parte IV del Dlgs 152/2006 recante "Norme in materia ambientale", noto come "Testo Unico Ambientale" (TUA).

I codici CER si dividono in non pericolosi e pericolosi: i secondi vengono identificati graficamente con un asterisco "\*" dopo le cifre (Figura 2). In assenza dell'asterisco, il rifiuto non può comunque essere considerato non pericoloso.

È il Regolamento (Ue) N. 1357/2014 Della Commissione del 18 dicembre 2014, che sostituisce l'allegato III della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, relativa ai rifiuti, che elenca le caratteristiche di pericolo per i rifiuti - Frasi HP.

11 02 05*	Rifiuti da processi idrometallurgici del rame, contenenti sostanze pericolose	Rifiuti <b>della lavorazione idrometallurgica</b> del rame, contenenti sostanze pericolose
11 02 06	Rifiuti da processi idrometallurgici del rame, diversi da quelli della voce 11 02 05	<b>Rifiuti della lavorazione idrometallurgica</b> del rame, diversi da quelli della voce 11 02 05

La pericolosità di un rifiuto, quando non è determinabile dalle schede di sicurezza dei prodotti lo hanno generato o lo costituiscono, viene determinata tramite analisi di laboratorio volte a verificare l'eventuale superamento di valori di soglia individuati dalle Direttive sulla classificazione, l'etichettatura e l'imballaggio delle sostanze pericolose. Questo si applica alle tipologie di rifiuti individuati da "codici CER a specchio", ossia una coppia di diversi codici CER che si riferiscono allo stesso rifiuto, uno (asteriscato) nel caso in cui esso sia pericoloso e l'altro (non asteriscato) nel caso in cui non lo sia. Altri tipi di rifiuti, invece, sono necessariamente pericolosi o non pericolosi in base alla loro tipologia e pertanto la loro classificazione non richiede analisi. Ai rifiuti pericolosi va anche attribuita una classe di pericolosità indicata con la sigla HP, seguita da un numero da 1 a 15. La miscelazione di rifiuti con diversi codici CER o stesso codice CER ma diversa classe di pericolosità in fase di deposito temporaneo o trasporto è vietata.

I codici di pericolo H, hanno il seguente significato:


**H1 «Esplosivo»:** sostanze e preparati che possono esplodere per effetto della fiamma o che sono sensibili agli urti e agli attriti più del dinitrobenzene;

**H2 «Comburente»:** sostanze e preparati che, a contatto con altre sostanze, soprattutto se infiammabili, presentano una forte reazione esotermica

**H3-A «Facilmente infiammabile»:** sostanze e preparati: - liquidi il cui punto di infiammabilità è inferiore a 21° C (compresi i liquidi estremamente infiammabili), o - che a contatto con l'aria, a temperatura ambiente e senza apporto di energia, possono riscaldarsi e infiammarsi, o - solidi che possono facilmente infiammarsi per la rapida azione di una sorgente di accensione e che continuano a bruciare o a consumarsi anche dopo l'allontanamento della sorgente di accensione, o - gassosi che si infiammano a contatto con l'aria a pressione normale, o - che, a contatto con l'acqua o l'aria umida, sprigionano gas facilmente infiammabili in quantità pericolose

**H3-B «Infiammabile»:** sostanze e preparati liquidi il cui punto di infiammabilità è pari o superiore a 21° C e inferiore o pari a 55° C;

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	50

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

**H4 «Irritante»:** sostanze e preparati non corrosivi il cui contatto immediato, prolungato o ripetuto con la pelle o le mucose può provocare una reazione infiammatoria;

**H5 «Nocivo»:** sostanze e preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono comportare rischi per la salute di gravità limitata;

**H6 «Tossico»:** sostanze e preparati (comprese le sostanze e i preparati molto tossici) che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono comportare rischi per la salute gravi, acuti o cronici e anche la morte;

**H7 «Cancerogeno»:** sostanze e preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono produrre il cancro o aumentarne l'incidenza;

**H8 «Corrosivo»:** sostanze e preparati che, a contatto con tessuti vivi, possono esercitare su di essi un'azione distruttiva;

**H9 «Infettivo»:** sostanze contenenti microrganismi vitali o loro tossine, conosciute o ritenute per buoni motivi come cause di malattie nell'uomo o in altri organismi viventi;

**H10 «Tossico per la riproduzione»:** sostanze e preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono produrre malformazioni congenite non ereditarie o aumentarne la frequenza;

**H11 «Mutageno»:** sostanze e preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono produrre difetti genetici ereditari o aumentarne l'incidenza;

**H12 Rifiuti che, a contatto con l'acqua, l'aria o un acido, sprigionano un gas tossico o molto tossico;**

**H13 «Sensibilizzanti»:** sostanze o preparati che per inalazione o penetrazione cutanea, possono dar luogo a una reazione di ipersensibilizzazione per cui una successiva esposizione alla sostanza o al preparato produce effetti nefasti caratteristici;


**H14 «Ecotossico»:** rifiuti che presentano o possono presentare rischi immediati o differiti per uno o più comparti ambientali. H15 Rifiuti suscettibili, dopo l'eliminazione, di dare origine in qualche modo ad un'altra sostanza, ad esempio a un prodotto di lisciviazione avente una delle caratteristiche sopra elencate.

A seguito della recentissima sentenza della CORTE DI GIUSTIZIA UE Sez. 10<sup>a</sup>, 28/03/2019 numero C-487/17 a C-489/17, è stato stabilito che il produttore di rifiuti può utilizzare "campionamenti, analisi chimiche e prove previsti dal Regolamento (CE) n. 440/2008 della Commissione, del 30 maggio 2008, che istituisce dei metodi di prova ai sensi del regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH) o qualsiasi altro campionamento, analisi chimica e prova riconosciuti a livello internazionale." Tale sentenza ravvicina ancora di più, e opportunamente, la gestione dei rifiuti pericolosi alla immissione in commercio e gestione delle sostanze/miscele e articoli pericolosi (Regolamento REACH e Regolamento CLP).

Per quanto riguarda le tecnologie al litio, attualmente non esiste un codice CER specifico per i rifiuti di batterie realizzate con il litio (pile o accumulatori o supercondensatori che siano), RAEE compresi. Il codice generico utilizzato per i rifiuti di batterie al litio è il **CER 16.06.05**, che identifica le "altre batterie". E si tratta di un CER non asteriscato (cioè il rifiuto di batterie al litio non viene considerato pericoloso). Ma tali rifiuti, come più volte detto, sono classificati come Merce Pericolosa ai fini del trasporto. Coerentemente, a parere della scrivente (CDB) non si può prescindere almeno dalla attribuzione di codici HP e, comunque, dalla introduzione di buone pratiche per la gestione in sicurezza di tale tipologia di rifiuto, all'interno degli impianti presenti nella filiera dei rifiuti.

Il Progettista


<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	51

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Rappresentazione del tracciato degli elettrodotti su base Ortofoto .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Figura 2: Diversi servizi erogabili dai sistemi Storage .....	7
Figura 3: Esempio di configurazione di una batteria .....	11
Figura 4: Tecnologie di accumulo basate sul litio.....	12
Figura 5: Caratteristiche Chimico Fisiche al Litio.....	14
Figura 6: Classificazione delle esplosioni .....	16
Figura 7: Fasi di un incendio.....	17
Figura 7: Energia minima di innesco di alcuni vapori.....	18
Figura 9: Schema di principio sistema di accumulo .....	22
Figura 10: Misura dei flussi di energia con accumulo posizionato nella parte d'impianto in corrente alternata a monte del contatore dell'energia generata.....	22
Figura 11: Caratteristiche Tecnologie al Litio .....	29
Figura 12: Esempio cella batteria.....	29
Figura 13: Esempio modulo batteria .....	29
Figura 14: Esempio rack batterie .....	30
Figura 17: Esempio BPU batterie .....	30
<b>Figura 16: Potenziali all'equilibrio per catodi di composizione chimica diversa .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 17: Prima carica di una cella Litio-lone .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 18: Sezione trasversale di una cella 18650 che mostra il CID e il PTC .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 19: Tre diverse opzioni progettuali con diverse proprietà di scambio termico .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 20: Dinamiche di guasto di una cella al Litio.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 21: Datasheet di una cella al litio e condizioni di lavoro operative.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 22: Protezioni di una cella al litio 18650 .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 23: Struttura di un pacco batterie .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 24: Contenitore di celle Kokam .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 25: Struttura di un BMS commerciale .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 26: Celle in parallelo .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 27: Celle in serie.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 28: Problema della equalizzazione a) in carica b) in scarica .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 29: Schemi circuitali per la equalizzazione a) passiva b) attiva .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 30: Caratteristiche a vuoto di chimiche diverse .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 31: Conseguenze di una lettura errata delle grandezze cella .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 32: Curva di incendio nominale .....</b>	<b>47</b>

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	52

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE TECNICA SISTEMA DI ACCUMULO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b>	IT0PW004.PD.01.REL.VIA2_2.RTSdA

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Dati geografici di progetto .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Tabella 2: Dati catastali di progetto .....	5
Tabella 3: Specifiche e caratteristiche dell'impianto di produzione .....	5
Tabella 4: : Fattori di scalanegli utilizzi di batterie Litio-ione .....	13
Tabella 5: : Esempi di vari tipi di esplosione .....	16
Tabella 6: : Principali agenti estinguenti e loro meccanismi d'azione .....	19
Tabella 7: : Tabella esemplificativa della scelta degli agenti estinguenti.....	20
Tabella 8: Caratteristiche del Battery System .....	26
Tabella 9: Caratteristiche Energy Storage System .....	28
<b>Tabella 8: : Dispositivi di protezione e controllo .....</b>	<b>32</b>

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	53