



MINISTERO DELLA
TRANSAZIONE
ECOLOGICA



REGIONE DEL VENETO

REGIONE
VENETO



COMUNE
DI
ROVIGO

CORTE SAN MARCO

PROGETTO AGROVOLTAICO DA 49.004,28 kWp



PRESENTAZIONE V.I.A. STATALE PROGETTO DEFINITIVO



Elaborato:		Oggetto:		Project Manager	
REL. I		PIANO DI MANUTENZIONE		Ing. Giovanni Cis Tel. +39 349 0737323 giovanni.cis@ingpec.eu	
Studio Ambientale eambiente Tel. +39 041-5093820 www.eambientegroup.com info@eambientegroup.com		Studio Agronomico Sea Tuscia Srl SPIN OFF ACCADEMICO DELL'UNIVERSITA' DELLA TUSCIA Seatuscia.com info@seatuscia.com		Studio Geologico & Idraulico SIGEO S.a.s. Tel. +39 0425 4125542 www.sigeo.info amministrazione@sigeo.info	
Progettazione Elettromeccanica S.T.E. Energy S.r.l. Via Sorio 120 - Padova (PD) Tel. +39 049 29 63 900 info@ste-energy.com		Relazione previsionale di impatto acustico Ing. Francesco Tegazzin SIC Studio Tel. +39 340 5860281 info@sicstudio.it		EPC AIEM Group S.r.l. Tel. +39 0425 471055 www.aiemgroup.com info@aiemgroup.com	
Logistica & Coordinamento Ing. Giuseppe Romani Tel. 333 3009991 ing.gromani@gmail.com		Calcoli Strutturali Ing. Stefano Baldo Tel. 349 4422244 ing.stefanobaldo@gmail.com			
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
00	Dicembre 2021	Emissione per progetto definitivo	Mihai Bondac	Ing. Giuseppe Romani	Ing. Giovanni Cis
Formato:	A4	Società proponente	AGROVOLTAICA S.r.l. Via Filippi, 21 - 45021 Badia Polesine (RO) P.IVA: 01601730292 - www.agrovoltaica.it		 AGROVOLTAICA™
SCALA					



AGROVOLTAICA™



AGROVOLTAICA™

Sommario

Generalità.....	3
Messa in servizio dell'impianto	3
Messa fuori servizio dell'impianto.....	4
Manutenzione programmata	4
Ispezione visiva dei moduli FV	5
Pulizia moduli fotovoltaici	5
Pulizia del terreno e falciatura del verde.....	6
Ispezione dei quadri di campo (quadri in parallelo)	6
Verifica della funzionalità dei diodi di blocco delle stringhe.....	7
Verifica dell'isolamento delle stringhe FV	7
Verifica del funzionamento elettrico delle stringhe FV	8
Verifica della continuità elettrica	8
Verifica del distacco dell'inverter per mancanza di rete	9
Ispezione dei quadri QCA	9
Attività di manutenzione programmata	10
Manutenzione straordinaria.....	14
Manutenzione Impianto di Stoccaggio "ESS"	15
INTRODUZIONE	15
I sistemi di rivelazione ed allarme incendio: IRAI	17
Conclusioni.....	19



AGROVOLTAICA™

Generalità

Oggetto del presente documento è la descrizione delle modalità di gestione e manutenzione dell'impianto fotovoltaico da 49,004 MWp della società Agrovoltaica S.r.l. installato nel comune di Rovigo.

Durante le operazioni di gestione, quali la messa in servizio o fuori servizio dell'impianto, si devono seguire le istruzioni date nel seguito, per evitare condizioni di pericolo per gli operatori.

Nel seguito sono riportate le operazioni da eseguirsi ed il programma temporale della manutenzione programmata.

Inoltre, alla fine, sono riportati in linea teorica gli interventi di manutenzione straordinaria.

Messa in servizio dell'impianto

La procedura di messa in servizio dell'impianto prevede le seguenti operazioni:

1. chiusura dei sezionatori di stringa ubicati nei quadri di campi;
2. chiusura degli eventuali interruttori ESS degli inverter;
3. chiusura dell'interruttore contenuto nel quadro di connessione alla rete (QCA);
4. chiusura dell'interruttore contenuto nel quadro QCA ausiliari;

Dopo aver effettuato le operazioni descritte dopo qualche minuto, l'inverter si metterà in servizio.

Sul display a cristalli liquidi posto sul fronte dell'inverter è possibile effettuare la lettura dei dati di funzionamento dell'impianto.



AGROVOLTAICA™

Messa fuori servizio dell'impianto

La procedura di messa fuori servizio dell'impianto prevede le seguenti operazioni:

1. apertura degli interruttori contenuti nei quadri di connessione alla rete (QCA);
2. apertura dell'interruttore contenuto nel quadro QCA ausiliari;
3. apertura dei sezionatori di stringa ubicati nei quadri di campo.

Dopo l'apertura dell'interruttore contenuto nel quadro QCA ausiliari, gli inverter cesseranno il funzionamento mettendosi a riposo.

IMPORTANTE

Effettuare sempre la procedura di messa fuori servizio dell'impianto nel caso di intervento in una qualunque parte dell'impianto.

ATTENZIONE

La tensione lato corrente continua, a monte del quadro di sezionamento stringhe, rimane presente e pertanto occorre evitare di toccare i conduttori attivi.

Manutenzione programmata

Le operazioni di manutenzione programmata sull'impianto fotovoltaico sono riportate di seguito:

- ispezione visiva dei moduli FV;
- pulizia moduli fotovoltaici;
- pulizia del terreno e falciatura del verde;
- ispezione dei quadri di campo e raccolta stringhe;
- verifica dell'isolamento delle stringhe FV;
- verifica del funzionamento elettrico delle stringhe;
- verifica della continuità elettrica;



AGROVOLTAICA™

- verifica del distacco degli inverter per mancanza di rete;
- ispezione dei quadri QCA;
- verifica funzionalità della protezione di interfaccia di rete e tarature;

Ispezione visiva dei moduli FV

L'ispezione visiva dei moduli fotovoltaici può essere effettuata anche da personale non specializzato; tale operazione consente di verificare:

- l'integrità meccanica dei moduli fotovoltaici;
- l'eventuale presenza di strati di materiale sulla superficie dei moduli in grado di oscurare una o più celle fotovoltaiche con conseguente diminuzione di produzione di energia;
- integrità dei cablaggi delle stringhe fotovoltaiche;
- integrità delle cassette di retro-modulo;
- integrità dei cavi di collegamento tra i moduli.

Pulizia moduli fotovoltaici

La pulizia dei moduli fotovoltaici sarà eseguita a cadenza semestrale o secondo necessità in base al deposito di polveri, sporco o detriti nel tempo, che riduce la capacità dei moduli di assorbire la luce solare, ostacolando di conseguenza la produzione di energia. Infatti, in mancanza di pulizia periodica, i dati reperibili in letteratura stimano la perdita di efficienza al 15-30%, che rappresenta evidentemente un valore inaccettabile.

La pulizia dei moduli è peraltro un'operazione semplice ed economica, che sarà effettuata da macchine semiautomatiche che combinando l'azione meccanica di spazzoloni rotanti a quella detergente dell'acqua, senza l'uso di detergenti chimici.

Il sistema di monitoraggio dell'impianto, che confronta in continuo la produzione attesa



AGROVOLTAICA™

dall'impianto in funzione dei parametri meteorologici di radiazione solare, ventosità e temperatura, fornisce indicazioni precise su quando è opportuno intervenire con le operazioni di pulizia.

Pulizia del terreno e falciatura del verde

Le operazioni di pulizia e di falciatura del verde saranno effettuate a cadenza mensile nel periodo primavera-estate e trimestrale nei rimanenti periodi.

Allo scopo saranno utilizzati piccoli trattori uniti di tagliaerba e carro di raccolta del verde falciato da conferire a stoccaggio di biomasse per impianti di produzione energetica o per alimentazione animale.

Invece per lo sfalcio dell'erba nelle strette fasce non coltivate sotto le "vele" solari verranno utilizzate piccole macchine operatrici a trazione elettrica e guida autonoma.

Ispezione dei quadri di campo (quadri in parallelo)

Nel quadro di campo è realizzato il sezionamento e l'eventuale raggruppamento delle stringhe del generatore fotovoltaico.

Il controllo dei quadri di campo, da effettuarsi, a cura di personale specializzato, ha lo scopo di verificare:

- l'integrità degli scaricatori di tensione se presenti; nel caso in cui gli scaricatori di tensione risultino guasti per anomalia di funzionamento o a seguito di intervento, devono essere sostituiti;
- lo stato dei cablaggi interni ai quadri;
- lo stato dei componenti e cablaggi interni.



AGROVOLTAICA™

IMPORTANTE

La tensione massima presente nei quadri è di circa 350 Vcc, tale tensione può risultare pericolosa per le persone, quindi gli interventi tecnici su tale quadro devono essere eseguiti da personale specializzato.

Verifica della funzionalità dei diodi di blocco delle stringhe

I diodi di blocco delle stringhe fotovoltaiche sono ubicati all'interno degli inverter e del quadro di campo.

La verifica della loro funzionalità, da effettuarsi, a cura di personale specializzato, garantisce che durante le ore diurne non vi sia un reflusso di corrente verso i moduli fotovoltaici in seguito ad un qualunque guasto all'impianto elettrico a monte degli stessi diodi.

La verifica consiste nella misura della caduta di tensione sui diodi di blocco che in genere deve essere compresa tra 0,5Vdc e 0,8Vdc.

Nel caso in cui si dovessero riscontrare valori di tensione molto diversi da quello indicato occorre effettuare le seguenti ulteriori operazioni:

- mettere fuori servizio l'inverter a cui afferiscono le stringhe su cui sono collegati i diodi;
- aprire i sezionatori delle stringhe fotovoltaiche e provare il diodo con l'ausilio di un multimetro in prova diodi; se dovesse essere confermata la condizione di guasto si dovrà procedere alla sostituzione del diodo, operazione che comunque ai fini della garanzia dovrà essere effettuata da personale autorizzato dal costruttore dell'inverter.

Verifica dell'isolamento delle stringhe FV

La verifica dell'isolamento delle stringhe del campo fotovoltaico, da effettuarsi a cura di personale specializzato, avviene tramite la misura della resistenza di isolamento verso massa per le stringhe, per ogni gruppo di stringhe collegate a ciascun quadro di campo (quadro in



AGROVOLTAICA™

parallelo), che dovrà essere non inferiore a 50/N Mohm in condizioni di clima secco e non inferiore a 20/N MOhm in condizioni di clima umido (dove N = numero di moduli in serie per stringa).

Verifica del funzionamento elettrico delle stringhe FV

La verifica del corretto funzionamento delle stringhe di moduli fotovoltaici, da effettuarsi a cura di personale specializzato, garantisce la massima produttività dell'impianto; essa consiste nella misura dei parametri elettrici tensione e corrente durante il funzionamento delle stringhe stesse.

Per indagare sul corretto funzionamento elettrico delle stringhe occorrerà effettuare le seguenti operazioni:

- la misura della tensione a vuoto (V_{oc}) delle stringhe fotovoltaiche; per effettuare tale misura occorre mettere fuori servizio l'inverter a cui afferisce la stringa in oggetto ed aprire il relativo sezionatore; se si dovessero verificare variazioni dell'ordine della decina di Volt o valori di tensione pari a zero sarà necessario indagare sulla stringa per individuare eventuali moduli guasti;
- la misura, nel quadro di campo, della corrente erogata dalle stringhe allo scopo di individuare eventuali interruzioni nel circuito serie delle stesse.

Verifica della continuità elettrica

La verifica della continuità elettrica dovrà essere effettuata tra i componenti dell'impianto di terra al fine di garantire l'assenza di interruzioni (discontinuità) nel conduttore PE ed EQP.

In particolare, dovrà verificarsi la continuità elettrica tra gli inverter ed il nodo equipotenziale di terra, tra gli scaricatori eventuali ed i dispersori, nonché tra la struttura ed il nodo equipotenziale di terra.

Allo scopo di garantire la sicurezza elettrica della connessione in rete dell'impianto e la continuità della produzione di energia è consigliabile effettuare le seguenti operazioni.



AGROVOLTAICA™

Verifica del distacco dell'inverter per mancanza di rete

L'inverter utilizzato nell'impianto non è in grado di sostenere la tensione e la frequenza della rete elettrica di distribuzione in assenza della stessa cessando in tal caso la produzione di energia elettrica.

La verifica del distacco dell'inverter per mancanza della rete, da effettuarsi a cura di personale specializzato, consente di verificare l'efficienza delle protezioni elettriche presenti nell'inverter a tutto vantaggio della sicurezza elettrica complessiva dell'impianto.

La procedura per l'effettuazione della verifica è la seguente:

1. apertura dell'interruttore relativo all'inverter da provare;
2. verifica della mancanza di tensione in uscita dell'inverter;
3. richiusura dell'interruttore precedentemente aperto;
4. verifica che l'inverter ricominci a funzionare correttamente.

Ispezione dei quadri QCA

All'interno dei quadri QCA sono contenuti il dispositivo di interruzione della linea proveniente dagli inverter.

Su specifica richiesta dell'Ente Distributore può essere necessaria la verifica, da effettuarsi a cura di personale specializzato, della funzionalità dei dispositivi di interfaccia CT che sono integrati negli inverter (tale prova è effettuata in concomitanza con la verifica di funzionamento delle protezioni di interfaccia).

La verifica consiste nella simulazione di alcune condizioni di funzionamento anomalo di rete per verificare il distacco (apertura del contattore CT dell'inverter) dell'impianto fotovoltaico dalla rete elettrica di distribuzione.

Il controllo dei quadri QCA, da effettuarsi, a cura di personale specializzato, ha lo scopo di verificare:



- lo stato dei componenti e cablaggi interni.

IMPORTANTE

Nel quadro è presente una tensione di circa 400 Vca, tale tensione può risultare pericolosa per le persone, quindi gli interventi tecnici devono essere eseguiti da personale specializzato dopo aver messo fuori servizio l'intero impianto.

Attività di manutenzione programmata

Dell'attività di manutenzione programmata dovrà essere tenuto apposito "registro di manutenzione"; in tale documento verranno registrate le date programmate degli interventi, le date di esecuzione degli stessi, l'intervento effettuato con l'indicazione dei componenti riparati o sostituiti, con nome e firma degli esecutori.

Nella tabella di seguito allegata si riportano gli interventi di manutenzione programmata con indicate le frequenze temporali relative.

TABELLA INTERVENTI E FREQUENZE

Parte di impianto	<i>Frequenze</i>
Campo fotovoltaico	
Ispezione visiva dei moduli fotovoltaici	Annuale
Pulizia moduli fotovoltaici	Semestrale
Pulizia terreno/falciatura verde	Mensile/Trimestr.
Controllo visivo dei cablaggi e delle cassette di retro-modulo	Annuale



AGROVOLTAICA™

Verifica dell'isolamento delle stringhe FV	Annuale
Verifica del funzionamento elettrico delle stringhe	Annuale
Verifica della generazione elettrica del campo fotovoltaico	Giornaliero (1)
Quadri elettrici corrente continua	
Ispezione visiva e controllo involucro	Annuale
Controllo dei diodi di blocco delle stringhe	Annuale
Controllo degli scaricatori di sovratensione	Annuale
Controllo serraggio morsettiere e pulizia interna	Annuale
Controllo delle tensioni e correnti di uscita	Annuale
Controllo collegamento alla rete di terra	Annuale
Quadri elettrici corrente alternata	
Ispezione visiva e controllo involucro	Annuale
Controllo funzionalità della protezione di interfaccia di rete e tarature	Annuale



AGROVOLTAICA™

Controllo dei dispositivi asserviti alla protezione (interruttori, contatori)	Annuale
Controllo delle tensioni e correnti di uscita	Annuale
Controllo intervento interruttori differenziali	Annuale
Controllo serraggio morsettiere e pulizia interna	Annuale
Controllo degli scaricatori di sovratensione	Annuale
Controllo collegamento con quadro utente	Annuale
Controllo collegamento quadro ente distributore	Annuale
Controllo collegamento rete di terra	Annuale
Inverter	
Ispezione visiva e controllo involucro	Annuale
Verifica dei fuori servizio dell'inverter	Giornaliero (1)
Controllo delle tensioni e correnti di uscita	Annuale
Verifica di rendimento globale di conversione	Annuale
Interrogazione e scaricamento memoria della macchina	Giornaliero (1)
Controllo ed eventuale sostituzione di lampade e fusibili	Annuale
Controllo collegamento alla rete di terra	Annuale



AGROVOLTAICA™

Controllo serraggio morsettiere	Annuale

Strutture di sostegno	
Ispezione visiva e ripristino zincatura a freddo	Annuale
Controllo a campione del fissaggio dei moduli	Annuale
Controllo a campione del serraggio della bulloneria	Annuale
Controllo collegamento alla rete di terra	Annuale
Dispensori morsetti e cavi	
Controllo visuale della connessione ai dispersori di terra	Annuale
Controllo collegamento alla rete di terra	Annuale
Contro impianto di protezione contro le scariche atmosferiche	Annuale

(1) Via Tele-monitoraggio o monitoraggio locale (supervisione impianto).



AGROVOLTAICA™

Manutenzione straordinaria

La manutenzione straordinaria di impianti fotovoltaici contemplano principalmente le seguenti categorie di intervento:

- *Interventi indifferibili*: sono interventi di sostituzione o riparazione da effettuarsi nel minor tempo possibile per evitare prolungati fermi dell'intero impianto o di sezioni importanti dello stesso. Tipicamente sono conseguenza di componenti cruciali dell'impianto, quali Interruttori e Protezioni MT, Trasformatori MT/AT e BT/MT, Inverter, String Box. Al fine di minimizzare eventuali periodi di fermo, l'Impianto in progetto sarà dotato di un piccolo magazzino ricambi fornito delle principali componenti.
- *Interventi differibili*: riguardano il risono interventi che non rivestono carattere di estrema urgenza ma che però sono fondamentali per mantenere in piena efficienza l'impianto. Tra gli interventi più rappresentativi di questa categoria, rientrano quelli di sostituzione di pannelli guasti o non performanti (cosa che avviene, ad esempio, in caso di fenomeni di Hot-Spot, di guasto ai diodi di by-pass o ai connettori); l'effetto dei guasti suddetti non pregiudicano il funzionamento dell'intero impianto (o di sezioni significative dello stesso) per il fatto che il loro effetto è limitato al più alla singola stringa. Per i suddetti motivi, gli interventi differibili sono solitamente programmati in coincidenza con gli interventi di manutenzione ordinaria.
- Una speciale categoria riguarda il ripristino dell'impianto in conseguenza di eventi gravi e imprevedibili (furti, atti vandalici, eventi meteorologici estremi) che sono ovviamente impossibile da quantificare. A copertura di tale rischio, gli operatori del settore ricorrono a coperture assicurative che risarciscono i danni diretti e indiretti, rientrando in quest'ultima categoria la mancata produzione dell'impianto in conseguenza del sinistro.

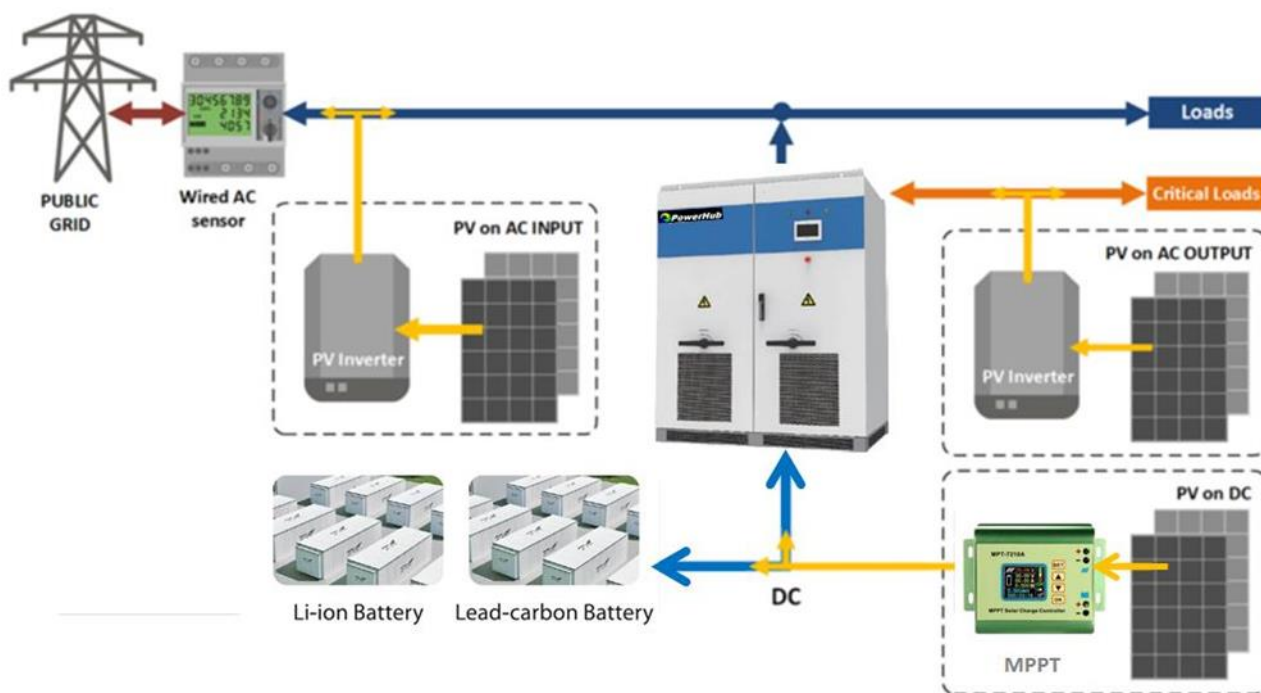


AGROVOLTAICA™

Manutenzione Impianto di Stoccaggio “ESS”

INTRODUZIONE

Nella manutenzione dell’impianto di stoccaggio dell’energia le componenti Inverter, trasformatori, cavi e



connettori seguono le indicazioni per la manutenzione ordinaria come descritte precedentemente.

Le batterie assumono invece una grande importanza perché la manutenzione è strettamente collegata con le misure di protezione attiva e passiva.

La progettazione della sicurezza antincendio delle attività in genere e, in particolare, delle attività che coinvolgono questa nuova generazione di sistemi di accumulo e di conversione dell’energia elettrica, vede necessariamente, a valle della valutazione del rischio, l’attuazione di misure di

prevenzione e misure di protezione, sia attiva che passiva, al fine di ridurre il rischio incendio sino a livelli che possano essere considerati accettabili.

Le misure di prevenzione specifiche per le batterie al litio ione sono relative all’approvvigionamento



AGROVOLTAICA™

ed utilizzo di batterie di alta qualità (batterie che siano realizzate con sistemi di protezione passiva illustrati nel capitolo protezione passiva, paragrafo “protezione passiva di piccola scala”). Inoltre, considerato che le condizioni ambientali di stoccaggio o impiego delle batterie al litio-ione potrebbero rappresentare causa di abuso sufficiente ad innescare il fenomeno del thermal-runaway, nelle installazioni attive e passive, sarà necessario avere dei sistemi di controllo delle condizioni ambientali (Environmental System Controls) affinché, le condizioni di umidità, temperatura e ventilazione dei locali siano ottimali per lo stoccaggio e il funzionamento delle batterie.

Altra fondamentale misura di prevenzione è rappresentata dal BMS, Battery Management System, componente fondamentale per la funzionalità e la sicurezza dei sistemi attivi.

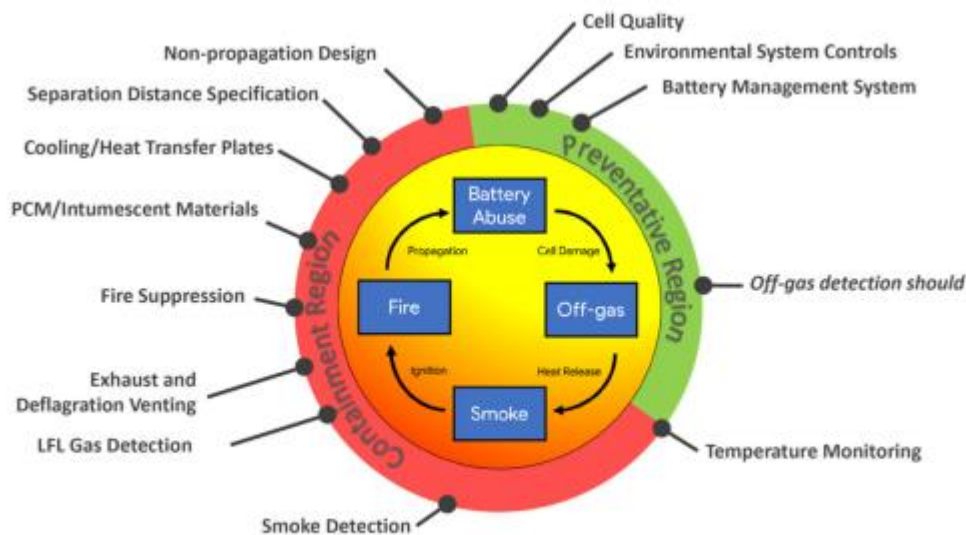


Figura 1. Progettazione della sicurezza antincendio per depositi attivi e passivi di batterie litio ione

In nord America, con la norma UL 9540A, è stato introdotto un test specifico per la determinazione della “temperatura di attivazione del venting system” per le batterie a ioni di litio.

Qualora questa temperatura fosse inferiore alla temperatura di attivazione del thermal run-away, i sistemi di rivelazione di tali gas potrebbero rappresentare una efficace misura di prevenzione per agire sulle batterie che sono in procinto di attivare il processo irreversibile del thermal run-away (Off gas



AGROVOLTAICA™

detection). Anche questa misura di prevenzione dovrebbe essere proposta nella norma tecnica che sta sviluppando la NFPA per le installazioni attive tipo ESS: NFPA 855. Una volta attivato il fenomeno di thermal run-away, al fine della mitigazione del rischio è necessario riferirsi alle misure di protezione per limitare i danni dell'installazione. Gli impianti di rivelazione ed allarme incendio (nel seguito IRAI) prevedono la misura di temperatura, fumo e altri fenomeni propri dell'incendio delle batterie al litio affinché possano essere attivate prontamente le misure di rilascio di eventuali gas infiammabili e, successivamente, per attivare i sistemi di controllo dell'incendio più appropriati. Dopo le misure di controllo dell'incendio, le ulteriori misure di mitigazione del danno sono tutte quelle passive impiegate nella scelta di materiali non combustibili per la realizzazione dei locali di stoccaggio o utilizzo delle batterie, della resistenza al fuoco delle strutture, di eventuali ulteriori piastre di raffreddamento, delle opportune distanze di separazione per evitare la propagazione verso altre infrastrutture prossime. La Figura 1 illustra il processo per la corretta progettazione della sicurezza antincendio per le attività di stoccaggio o impiego di batterie al litio-ione. Questo capitolo analizza i sistemi per la rivelazione degli incendi (IRAI) delle attività con batterie litio-ione e approfondisce gli impianti per il controllo degli incendi di batterie litio ione, evidenziando gli aspetti positivi e negativi dei diversi agenti estinguenti e delle varie tipologie di impianti di protezione attiva.

I sistemi di rivelazione ed allarme incendio: IRAI

Gli impianti di rivelazione ed allarme incendio (IRAI) costituiscono una importante misura di protezione attiva poiché riescono a sorvegliare le attività e ad individuare precocemente l'insorgere di un incendio nella fase iniziale, consentendo alle altre misure di protezione attiva, gestionale e passiva di intervenire prontamente in modo da limitare gli effetti dell'incendio rilevato.

La sorveglianza degli stoccaggi passivi e dei sistemi attivi (ESS) con impianti di rivelazione ed allarme incendio viene considerata quale misura necessaria della strategia di sicurezza antincendi.



AGROVOLTAICA™

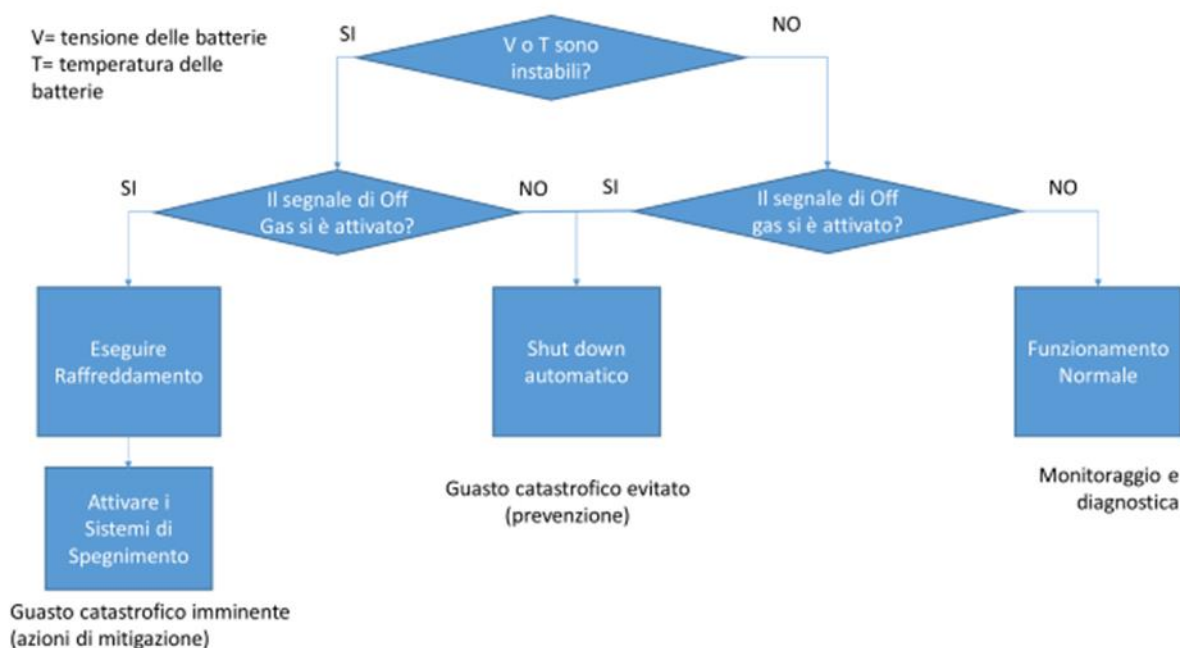


Figura 2: Logica di funzionamento di un IRI con segnale di Gas Off detection

Oltre alle normali tecniche di rivelazione basate su sensori di temperatura o di fumo o su una combinazione di entrambi, risultano essere molto efficaci gli IRI che si basano sulla tecnologia ad aspirazione Aspirating Smoking Devices 0. La rivelazione ASD prevede l'installazione di uno specifico "piping" realizzato con una tubazione in plastica dotata di un determinato numero di forellini in modo da poter campionare l'aria in tutte le zone sorvegliate dall'impianto. Il campionamento dell'aria, oltre a rilevare la temperatura e l'eventuale presenza di fumo, può comunque essere processato per individuare altri elementi volatili o sostanze specifiche. Pertanto, attraverso la tecnologia ASD, l'aria campionata dall'IRI potrebbe essere processata da appositi sensori al fine di rivelare la presenza di concentrazioni di gas esplosivi rilasciati dal "venting" delle batterie o dei sistemi di accumulo.



AGROVOLTAICA™

In questa ulteriore modalità, il sistema potrebbe lavorare anche nella fase preventiva o essere progettato per attivare sistemi di sfogo delle sovrappressioni dovuto ad atmosfere esplosive o, ancora, sistemi di ventilazione per diluire atmosfere potenzialmente esplosive.

Il sistema di Off Gas Detection a servizio degli ESS fornisce, inoltre, la possibilità di differenziare i segnali di allarme relativi ad un guasto catastrofico e i segnali di preallarme per poter arrestare in sicurezza il sistema (shut down) o inibire solo la parte di sistema difettosa. A titolo esemplificativo, una delle possibili logiche da implementare per la protezione dei sistemi di accumulo è illustrata nel digramma di flusso riportato in Figura 2: la corretta gestione del segnale proveniente dal Off Gas detection consente di effettuare monitoraggio e diagnostica, di prevenire un guasto catastrofico o di attivare le misure di mitigazione come sistemi di raffreddamento o impianti di spegnimento in caso di imminente guasto catastrofico (thermal run-away).

Conclusioni

L'analisi della letteratura disponibile per gli stoccaggi attivi di energia, ESS, pone alcune problematiche, derivanti dall'esperienza (limitata) sugli incidenti noti, e sulle capacità predittive mutate dagli strumenti dell'analisi del rischio. Quanto noto dalla letteratura è riassumibile nei seguenti punti:

- Sono da escludersi incendi di classe D secondo la classificazione italiana/europea in quanto il litio è comunque in forma ionica e non metallica;
- Il rischio incendio è connesso oltre che ai noti fenomeni associati ad impianti ed apparecchiature elettriche per la formazione di impedenze resistive localizzate a causa di difetto di contatto prodotto da allentamenti spontanei, da dispersioni causate da alterazioni della separazione dielettrica per presenza di acqua, da guasti di componente con perdite di isolamento, anche a fenomeni intrinsecamente connessi alla termochimica della cella Li-Ion, noti come thermal run-away;
- La caratterizzazione dell'incendio è quella di combustione di soluzioni liquide infiammabili, assimilabili a idrocarburi leggeri o sostanze assimilabili (alcoli, eteri, esteri



AGROVOLTAICA™

a catena corta) con aggravio di rischio connesso alle condizioni di contenimento di questi (celle sigillate) e mitigazione intrinseca connessa alla segregazione nelle singole celle, negli istanti iniziali;

- Gli effetti di incendio su singolo container possono produrre perdite di contenimento generalizzato dalle celle, ovvero innescare a cascata fenomeni multipli di runaway delle celle;
- Le condizioni di confinamento in difetto di aerazione possono portare ad accumuli di vapori infiammabili, con successivi fenomeni di fiamma premiscelata, eventualmente associata a sovrappressione in dipendenza delle condizioni di confinamento (Backdraft) con elevato rischio per operatori delle unità antincendio;
- Le operazioni di spegnimento possono comportare la perdita di contenimento e la potenziale dispersione di sostanze solute pericolose per l'ambiente;
- Una precisa caratterizzazione della composizione chimica non è al momento completamente fattibile a causa della velocità di evoluzione della tecnologia.

Essenzialmente per stoccaggi di grandi dimensioni, su elementi inseriti in container, si è rilevato che l'eventuale "runaway" termico di alcune celle può facilmente indurre effetti domino per abuso termico sulle altre celle, a causa di scarse condizioni di ventilazione. È inoltre tecnicamente irrealizzabile l'inserimento di un singolo sensore di temperatura per cella, per un'individuazione precoce di fenomeni di deviazione termica.

Da quanto noto appare comunque evidente che, anche al fine di evitare riaccensioni, appare necessario un sistema per l'asportazione rapida di calore, sia come calore sensibile del gas contenuto all'interno (aria e fumi di combustione, in quanto potenziale vettore di propagazione dei thermal run-away delle celle raffreddamento gas -, che da elementi locali in fase di combustione, o in thermal run-away prossimo. Se nel primo caso un sistema di aerazione e ricambio di aria potrebbe essere proposto, si ritiene che i ridotti coefficienti di scambio convettivo gas solido rendano limitatamente efficace tale sistema nei confronti degli impaccamenti delle celle, variamente esposti, e per i quali la velocità di contatto



AGROVOLTAICA™

dell'aria può ritenersi limitata. Di contro, l'utilizzo di un sistema ad acqua nebulizzata di tipo water mist in configurazione "Stand Alone" installato a protezione del singolo container potrebbe essere considerato come soluzione in quanto:

- L'utilizzo di acqua nebulizzata sarebbe efficace sia per il raffreddamento del gas interno che per l'azione localizzata sulle celle
- Il coefficiente di scambio convettivo con l'acqua condensata ha un coefficiente di scambio convettivo con elementi solidi di tre ordini di grandezza superiore al vapore
- L'utilizzo limitato di acqua ridurrebbe il bisogno di volumi di contenimento per le acque di spegnimento, eventualmente ricavabili nello stesso volume containerizzato
- L'utilizzo del water mist su volumetria confinata è lo scenario iniziale per al quale questa tecnologia fu sviluppata (packaging navali/offshore quali turbine a gas)
- Il numero di test da effettuare sarebbe limitato ed altamente standardizzabile
- Un sistema stand alone potrebbe essere dimensionato per ciascun unità container con elevato livello di affidabilità senza bisogno di network esterni
- Tale sistema sarebbe automaticamente trasportato con il container

In alternativa si propone di verificare quanto alla precedente pubblicazione, ove è risultata efficace anche su riaccensione sebbene se su scala limitata una soluzione acqua vermiculite.

Gli stoccaggi passivi sono stati analizzati sullo studio FM Global. dove vengono proposti sistemi spinkler ad alte prestazioni per lo spegnimento di specifiche configurazioni di stoccaggio e di imballo delle batterie, segnalando che è si è rilevato un comportamento dell'HRR iniziale dipendente dal packaging più che dalle stesse batterie. In questo caso, l'impiego di notevoli volumi di acqua per lo spegnimento comporta la progettazione di adeguati sistemi di raccolte delle acque di dilavamento che, inevitabilmente, risulteranno contaminate dalle sostanze tossiche rilasciate dall'incendio delle batterie litio-ione.

Inoltre una cella elementare di un pacco batterie è sottoposta, durante il suo normale funzionamento, ad un degrado delle prestazioni legato al suo invecchiamento: con il crescere del degrado la cella può andare incontro a problemi che ne pregiudicano l'utilizzo in sicurezza.



AGROVOLTAICA™

Ogni pacco batterie al Litio è dotato di un BMS, che esegue le misure di corrente tensione e temperatura delle singole celle: tramite il BMS è possibile monitorare il funzionamento delle celle durante un normale ciclo di lavoro o nella esecuzione di un test ad hoc per il rilievo dei parametri di invecchiamento, si distingueranno quindi procedure on line ed off line per lo studio del degrado delle celle.

La manutenzione ordinaria consiste quindi nel monitoraggio costante del funzionamento delle celle delle batterie e nella verifica metodica delle misure di protezione sia attive che passive dell'impianto di stoccaggio energia. Soprattutto, con riferimento al fenomeno del thermal - runaway.