



REGIONE  
TOSCANA



COMUNE DI  
MANCIANO



PROVINCIA DI  
GROSSETO

## PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Fiora" di potenza nominale pari a 52.8 MW e relative opere connesse da realizzarsi nel comune di Manciano (GR)

Titolo elaborato

### Piano di gestione e manutenzione dell'impianto

Codice elaborato

**F0612AR17A**

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

### Progettazione



#### F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza  
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452  
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico  
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO  
Ing. Giuseppe MANZI  
Ing. Monica COIRO  
Ing. jr. Flavio Gerardo TRIANI  
Ing. Gerardo Giuseppe SCAVONE  
Ing. Manuela Nardoza  
Ing. Angelo CORRADO  
Arch. Gaia TELESCA



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

### Committente

#### Apollo Wind S.r.l.

Via della Stazione, 7  
39100 Bolzano (BZ)

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Dicembre 2023	Prima emissione	FTR	FTR	GMA

File sorgente: F0612AR17A - Piano di gestione e manutenzione dell'impianto.docx

## Sommario

<b>1</b>	<b>Informazioni essenziali</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Premessa</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Parte generale</b>	<b>5</b>
3.1	Lista generale dei componenti dell'impianto	5
3.2	Schede tecniche	5
3.3	Schemi di funzionamento	5
<b>4</b>	<b>Sistema di manutenzione dell'impianto</b>	<b>6</b>
4.1	Individuazione, descrizione e frequenza delle operazioni e delle attività di manutenzione ordinaria e straordinaria di tutte le parti dell'impianto	6
4.2	Aerogeneratori	6
4.3	Manuale d'uso di tutti i componenti dell'impianto	12
4.4	Manuale di manutenzione dell'impianto	12
4.5	Programma di manutenzione	12
<b>5</b>	<b>Impianto di accumulo elettrochimico</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Inverter e trasformatore</b>	<b>16</b>

# 1 Informazioni essenziali

Proponente	Apollo Wind S.r.l.
Potenza complessiva massima in immissione	52.8 MW
Potenza complessiva impianto	52.8 MW
Potenza singolo WTG	6.6 MW
Numero aerogeneratori	8
Altezza hub max	115 m
Diametro rotore max	170 m
Altezza complessiva max	200 m
Area poligono impianto	5.1 kmq
Lunghezza elettrodotto AT area parco	12.324 km
Lunghezza elettrodotto AT esterno	24 m
RTN autorizzata (si/no)	no
RTN esistente (si/no)	no
Tipo di connessione alla RTN (cavo/aereo)	Impianto di accumulo da 25 MW – Collegamento in antenna a 36 kV ad una nuova Stazione Elettrica di trasformazione RTN 380/150/36 kV da inserire in entra - esce alla linea RTN a 380 kV "Montalto-Suvereto"
Piazzola di montaggio (max)	8860 m <sup>2</sup>
Piazzola definitiva (max)	1460 m <sup>2</sup>

## 2 Premessa

---

L'intervento proposto consiste nella realizzazione di un nuovo parco eolico, denominato "Fiora", localizzato nel territorio comunale di Manciano, in provincia di Grosseto. L'impianto sarà composto da n. 8 aerogeneratori della potenza nominale di 6.6 MW ciascuno, con la potenza complessiva in immissione di 52.8 MW ed un impianto di accumulo elettrochimico con potenza pari a 25 MW, in accordo con quanto previsto nella STMG Terna ID 202303462. Le relative opere di connessione saranno ubicate nel Comune di Manciano (Gr).

## 3 Parte generale

### 3.1 Lista generale dei componenti dell'impianto

---

- Aerogeneratori;
- Cavidotti interrati AT;
- Cabina di raccolta.
- Impianto di accumulo elettrochimico

### 3.2 Schede tecniche

---

Per le caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore in progetto si rinvia alle Schede tecniche della ditta di produzione e alla relazione "Relazione tecnica delle opere civili", all'interno della quale sono state dettagliate tutte le parti tecniche e le relative specifiche.

Per cavidotti interrati AT e per la parte relativa alla cabina di raccolta si rimanda sia all'elaborato succitato, sia a quello denominato "Relazione tecnica dei sistemi elettrici".

### 3.3 Schemi di funzionamento

---

Altresì, al fine di rendere più agevole la lettura del presente documento ed evitare ridondanze, per la visione degli schemi di funzionamento dell'impianto si rimanda ai seguenti elaborati grafici:

- "Sezione tipo degli aerogeneratori, disegni architettonici e particolari di ancoraggio";
- "Schema di collegamento alla rete elettrica di distribuzione e trasmissione";
- "Schemi elettrici impianto eolico".

## **4 Sistema di manutenzione dell'impianto**

---

### **4.1 Individuazione, descrizione e frequenza delle operazioni e delle attività di manutenzione ordinaria e straordinaria di tutte le parti dell'impianto**

---

Gli aerogeneratori, la rete di cavidotti AT, lo stallo AT, la cabina di raccolta ed i relativi impianti da realizzare saranno di proprietà di Apollo Wind s.r.l.

Parti integranti dell'impianto eolico saranno altresì le opere civili quali piazzole ed accessi delle WTG.

Apollo Wind s.r.l. provvede direttamente per i propri impianti alla manutenzione ordinaria e straordinaria. Terna S.p.a. gestirà direttamente le parti di proprietà con il proprio reparto di manutenzione.

Sugli impianti sono eseguiti interventi di manutenzione ordinaria che sono programmati e cadenzati e di manutenzione straordinaria legati ad un evento imprevisto qual è un guasto.

### **4.2 Aerogeneratori**

---

Le attività di manutenzione ordinaria sono effettuate in condizioni di sicurezza previa verifica dei dispositivi per il blocco meccanico e disconnessione dalla rete.

Sono verificati, riguardo al rotore, in funzione del sistema di regolazione del passo delle pale:

- il livello e la pressione dell'olio;
- i circuiti elettrici per alimentazione e l'assorbimento della pompa di circolazione;
- i sensori di posizione;
- lo stato degli accumulatori (cilindri);
- il circuito di alimentazione del microprocessore dedicato.

All'interno della navicella in riferimento al moltiplicatore di giri sono effettuate le seguenti verifiche:

- supporti di ancoraggio alla base della navicella;
- livello e pressione dell'olio per l'eventuale sostituzione dei filtri;
- circuiti di alimentazione e assorbimento della pompa di circolazione olio.

Riguardo agli alberi di trasmissione veloce e lento è verificato lo stato dei cuscinetti.

Riguardo al generatore elettrico è effettuato il controllo per:

- i supporti di ancoraggio alla base della navicella;
- le spazzole e il collettore del circuito di rotore;
- lo stato dei transistor del convertitore di frequenza sul circuito di rotore;
- i terminali di statore;
- lo stato dei cuscinetti del rotore;
- il rilievo termografico per l'eventuale presenza di punti caldi;

- il livello e la pressione dell'olio di lubrificazione dei cuscinetti, della pompa di circolazione e del relativo circuito di alimentazione con eventuale sostituzione dei filtri;
- il livello della pressione dell'acqua di raffreddamento, della relativa pompa di circolazione e del relativo circuito di alimentazione;
- il sensore di velocità (encoder);
- il microprocessore di controllo e del relativo circuito di alimentazione;
- il settaggio delle protezioni elettriche (massima e minima tensione, massima e minima frequenza);
- lo stato e il funzionamento dell'interruttore BT di statore (caratteristica d'intervento);
- lo stato e il funzionamento dell'interruttore BT di rotore (caratteristica d'intervento);

Riguardo il trasformatore elettrico AT/BT sono eseguiti:

- il controllo dei terminali AT e BT;
- il controllo degli scaricatori;
- il controllo dei supporti di ancoraggio alla navicella;
- il rilievo termografico per l'eventuale presenza di punti caldi;
- la verifica di funzionamento del sensore di temperatura.

Il sistema di controllo dell'imbardata è oggetto delle seguenti verifiche:

- livello di pressione dell'olio per la lubrificazione dei cuscinetti ed i filtri;
- circuiti di alimentazione e assorbimento degli attuatori elettrici;
- sensori di posizione della navicella;
- processore di controllo e i relativi circuiti di alimentazione.

Sulla torre è controllata l'integrità delle flange di accoppiamento fra i tronchi e la tensione dei bulloni di accoppiamento fra una flangia e l'altra.

Sulle celle AT sono svolti i seguenti controlli:

- verifica dei valori di intervento dei dispositivi di blocco;
- verifica dei tempi di carica molla;
- verifica delle funzionalità dei manodensostati o pressostati del gas SF6;
- rilievo degli assorbimenti delle bobine di apertura e chiusura;
- rilievo dei tempi di manovra;
- misura della resistenza del circuito principale;
- verifica delle segnalazioni.

Le verifiche sul sistema di protezione contro i fulmini (LPS) concernono:

- il deterioramento dei recettori;
- lo stato dei conduttori all'interno delle pale;
- lo stato delle unità di trasferimento pala – navicella e navicella - torre delle correnti di fulmine;
- lo stato del conduttore all'interno della torre.

Le verifiche dell'impianto di terra riguardano lo stato dei vari collegamenti equipotenziali fra le varie masse e il collettore principale di terra, con particolare riferimento ai connettori di strutture diverse (ferri di fondazione e dispersore di rame).

Oltre alle verifiche di cui si è detto, sono effettuate anche misure della resistenza di terra.

La verifica del sistema di controllo riguarda anche i microprocessori dedicati alle singole funzioni (variano in base al produttore ed al modello della macchina) e la funzionalità della rete in fibre ottiche per la misura delle dispersioni dei cavi e l'efficienza dei convertitori ottici.

Riguardo al sistema di segnalazione delle turbine sono verificati il funzionamento delle lampade, del circuito di alimentazione e del dispositivo di controllo.

Circa il sistema di alimentazione degli ausiliari sono effettuati i seguenti controlli:

- livello e pressione dell'olio per la regolazione del passo delle pale ed eventuale sostituzione dei filtri;
- pressione dell'esafloruro di zolfo nelle celle AT a base torre ed eventuale ripristino dello stesso;
- stato delle batterie degli UPS ed eventuale sostituzione;
- controllo del sistema di protezione dai fulmini (LPS);
- controllo dei collegamenti equipotenziali.

Le attività di manutenzione straordinaria sono conseguenza di un guasto segnalato dal sistema di monitoraggio e controllo (SCADA) dell'aerogeneratore. Un guasto può richiedere un intervento differibile oppure immediato.

I componenti con maggiore probabilità di guasto sono il moltiplicatore di giri a causa delle coppie torsionali che si manifestano in seguito ad improvvise variazioni del vento e le pale che si possono danneggiare in seguito a fulminazioni ripetute.

Per le operazioni di sostituzione del moltiplicatore è necessario aprire la navicella e utilizzare una gru per sollevarlo.

La sua sostituzione richiede mediamente una settimana. Le operazioni sulla pala possono essere di riparazione nel caso di lesioni oppure la completa sostituzione. Nel primo caso è necessario smontare la pala e posarla a terra mediante gru per un tempo massimo di una settimana.

Nel secondo caso è necessario più tempo (due settimane) perché il trasporto della nuova pala è di tipo eccezionale.

Per i cavidotti AT la manutenzione ordinaria consiste nell'ispezione visiva dei giunti e dei terminali, che sono le parti più sensibili, e sui collegamenti degli schermi a terra.

Gli interventi di manutenzione ordinaria seguono l'apertura dell'interruttore di linea posto nella stazione d'utenza.

Si eseguono le aperture dei sezionatori di linea per i singoli aerogeneratori al fine d'identificare il tronco di linea guasto.

Si eseguono ispezioni sui giunti per verificarne l'integrità; in caso di guasto si provvede alla loro sostituzione, operazione che richiede generalmente un paio di giorni.

Nel caso eventuale guasto riguardi l'isolamento dei cavi, allora è necessario effettuare uno scavo per rimuoverne la sezione, sostituendola con una nuova e quindi ripristinare il tutto.

La sostituzione del cavo implica una settimana o due di fermo a seconda che il cavo insista su fondo agricolo o strada pubblica.

Per le stazioni elettriche le attività di manutenzione ordinaria consistono in ispezioni e controlli nell'ordine: bimestrali; semestrali; annuali; biennali e quadriennali. Dette ispezioni sono atte al mantenimento dell'efficienza e della funzionalità delle apparecchiature.

I controlli di sorveglianza bimestrali consistono in ispezioni visive sull'impianto normalmente in tensione, finalizzate in particolare al monitoraggio del regolare funzionamento di tutte le apparecchiature.

Detti controlli sono di seguito elencati:

- stato del sito, dei sostegni e delle infrastrutture;
- stato degli isolatori, delle connessioni e delle cassette ausiliari;
- controllo delle apparecchiature AT esterne ed apparecchiature interne alla sala AT;
- controllo di tutte le indicazioni locali (livelli termometri, spie, ecc...);
- controlli sui trasformatori (livello olio, passanti, stato dei sali igroscopici, verniciature, funzionalità accessorie, flange e guarnizioni);
- controlli su TA e TV (pressione SF6/livello olio, stato esterno).

I controlli annuali sono programmati a seconda del tipo di apparecchiatura o macchinario interessato. Per il trasformatore e l'autotrasformatore sono previsti:

- il prelievo di campioni di olio isolante, e l'esecuzione delle seguenti analisi: analisi gas cromatografica, analisi delle caratteristiche chimico-fisiche, determinazione del contenuto d'acqua, determinazione della tensione di perforazione;
- La sostituzione dei sali igroscopici.

Per gli interruttori AT è previsto il controllo dell'armadio di comando. Per i trasformatori è eseguito il controllo della tensione secondaria. Per gli scaricatori è misurata la componente di 3a armonica della corrente di drenaggio.

Gli interventi biennali consistono in controlli tecnici diagnostici sulla trasformazione (stazione di utenza), e sugli stalli, da svolgersi con la messa fuori servizio della stessa.

In particolare, per i trasformatori e gli autotrasformatori sono previsti:

- il controllo funzionale delle protezioni di macchina (variante, livello olio macchina e variatore, valvola di scoppio, temperatura olio e avvolgimenti, pressostati montanti in SF6)
- il controllo dei circuiti ausiliari e di comando;
- il controllo dello stato di pulizia isolatori e superfici esterne ed eventuale pulizia e siliconatura;
- il controllo e l'eliminazione di eventuali perdite di olio.

Per gli stalli AT sono previsti:

- l'ispezione completa delle apparecchiature;
- il controllo dello stato di pulizia degli isolatori e delle superfici esterne, per eventuale pulizia e sigillatura;
- la verifica della funzionalità per il sistema di protezione, comando e controllo (SPCC) del montante.

Sono previsti anche dei controlli tecnici sulle protezioni AT (massima corrente, direzionale di terra, ecc.) consistenti in:

- verifica della caratteristica d'intervento;
- verifica tempo d'intervento;
- verifica d'attuazione del comando di scatto e segnalazione d'intervento.

Gli interventi quadriennali, da eseguirsi in corrispondenza della fermata programmata della stazione di trasformazione, prevedono tutte le attività in precedenza elencate.

Saranno eseguiti due rilievi termografici all'inizio della manutenzione per rendere evidente l'esistenza di punti caldi e alla fine dimostrarne l'eliminazione.

Per gli interruttori AT sono previsti:

- la verifica delle morsettiere e degli organi dell'armadio di comando;
- la verifica dei circuiti di riscaldamento e anticondensa;
- la verifica del funzionamento di fine corsa e dei relativi circuiti di segnalazione, protezione e interblocchi;
- la verifica dei lavori d'intervento dei dispositivi di blocco;
- le verifiche delle soglie d'intervento dei manodensostati o pressostati del gas SF<sub>6</sub>;
- il controllo della pressione SF<sub>6</sub>;
- il rilievo degli assorbimenti per le bobine di aperture e chiusura;
- il rilievo dei tempi di manovra;
- la verifica della discordanza dei poli;
- il controllo del sistema di comando;
- la pulizia dell'organo di manovra e del sistema di comando a molla;
- la sostituzione di tutte le guarnizioni eventualmente rimosse;
- la misura della resistenza del circuito principale
- il controllo dello stato dei bulloni e delle connessioni;
- la pulizia di tutte le superfici isolanti e delle apparecchiature con pasta repellente di silicone;
- la pulizia delle parti esterne.

Per i sezionatori AT sono da effettuare i seguenti controlli:

- verifica morsettiere ed organi armadio di comando;
- verifica circuiti di riscaldamento ed anticondensa;
- verifica del funzionamento di fine corsa e dei relativi circuiti di segnalazione e protezione ed interblocchi;
- verifica dei tempi di manovra;
- verifica dell'assorbimento del motore;
- misura della resistenza dei circuiti principali;
- pulizia contatti principali e nuovo ingrassaggio con prodotti adeguati;
- controllo dello stato di bulloni e connessioni;
- ingrassaggio di tutti gli snodi del sistema di trasmissione;
- pulizia di tutte le superfici isolanti delle apparecchiature con pasta repellente in silicone.

Per gli stalli macchina sono previsti:

- la verifica di tutte le protezioni del quadro di sicurezza del trasformatore e dei tempi di intervento;
- la verifica delle segnalazioni e allarmi del quadro;
- la verifica delle logiche d'intervento su interruttori;
- il controllo dello stato di bulloni e connessioni.

Per i trasformatori sono previsti:

- la misura dell'induttanza di cortocircuito;
- la misura della corrente assorbita in cortocircuito;
- la misura del rapporto di trasformazione alle varie posizioni del variatore;
- la misura della resistenza ohmica degli avvolgimenti;
- la misura della resistenza d'isolamento;
- il controllo funzionale delle protezioni di macchina (buchholz macchina e variatore, livello olio macchina e variatore, temperatura olio e avvolgimenti);
- il controllo dello stato dei bulloni e delle connessioni;
- il controllo guarnizioni ed eventuale sostituzione;
- la verifica d'integrità degli scaricatori;
- la verifica dei sistemi di alimentazione ausiliari in abt;
- la lubrificazione della trasmissione del variatore sotto carico (VSC);
- la verifica funzionamenti circuiti ausiliari del VSC;
- la verifica dei contatti di potenza del VSC.

Per i trasformatori di misura TA e TV sono svolte le seguenti attività:

- controllo errore di rapporto;
- controllo cassette;
- controllo dello stato dei bulloni e delle connessioni;
- pulizia di tutte le superfici isolanti delle apparecchiature con pasta repellente in silicone.

Sui sistemi di controllo saranno verificati gli allarmi, le segnalazioni e la funzionalità del sistema oscillografico.

Sugli interruttori AT saranno svolti:

- la verifica dei valori d'intervento dei dispositivi per il blocco;
- la verifica dei tempi di carica molla;
- la verifica delle funzionalità dei manodensostati o pressostati del gas SF6;
- il rilievo degli assorbimenti delle bobine di apertura e chiusura;
- il rilievo dei tempi di manovra;
- la misura della resistenza del circuito principale;
- la verifica delle segnalazioni.

La congruità degli esiti delle verifiche sarà confrontata con le prescrizioni e/o i dati forniti dal costruttore e con i risultati dei collaudi per la prima messa in servizio delle apparecchiature.

I lavori manutentivi per le stazioni hanno una durata massima generale di 10 giorni, all'interno dei quali è prevista una finestra di 5 giorni quali per aprire l'interruttore dell'impianto di trasformazione e mettere fuori tensione tutto l'impianto di produzione eolica.

Il servizio di pronto intervento su guasto è organizzato per la reperibilità immediata di un gruppo composto da personale tecnico-operativo adeguatamente formato e disponibile 24 ore su 24.

La manutenzione delle opere civili riguarda principalmente la conservazione delle strade di accesso alle turbine e delle opere idrauliche per lo smaltimento delle acque meteoriche, con particolare riferimento alla pulizia dei canali, al mantenimento dello strato di pietrisco superficiale e dei rompi tratta trasversali.

È necessaria altresì la rimozione delle erbe infestanti in prossimità delle piazzole e dell'area di stazione.

### **4.3 Manuale d'uso di tutti i componenti dell'impianto**

---

I manuali d'uso dei componenti saranno consegnati dopo la messa in servizio degli stessi.

### **4.4 Manuale di manutenzione dell'impianto**

---

Non esiste un manuale complessivo di manutenzione dell'impianto. Le manutenzioni sono eseguite sulla base del manuale di uso e manutenzione del componente interessato.

### **4.5 Programma di manutenzione**

---

Gli interventi di manutenzione ordinaria sugli aerogeneratori sono effettuati con frequenza semestrale.

Gli interventi di manutenzione sui cavidotti sono effettuati con cadenza annuale. Gli interventi sulla sottostazione sono effettuati con cadenza semestrale.

## 5 Impianto di accumulo elettrochimico

Il fulcro di un impianto BESS è costituito dagli accumulatori elettrochimici.

Nello specifico, l'elemento costitutivo della soluzione scelta è il "cube" che contiene i rack e i moduli della batteria, il sistema di raffreddamento, i controlli delle ante e le misure di sicurezza avanzate.

Verranno collegati cubes adiacenti che condividono lo stesso sistema di conversione di potenza tramite un collegamento a sbarre in c.c. nella parte superiore di ciascun "cube". Alla fine di ogni fila di "cubes" ("node") ci sarà una unità terminale (CRT) con collegamento interrato all'inverter; quindi, il cavo CC correrà sottoterra dall'ultimo cube della fila fino all'inverter.

Il progetto prevede l'installazione di moduli batterie al Litio-Ferro-Fosfato (LFP), composti da una specifica configurazione di celle elementari disposte in serie e in parallelo; i moduli raggruppati in serie da 8 compongono i singoli rack, installati a coppia all'interno dei cubes.

Il modulo batteria è composto da una cella batteria 1P52S e un CSC (sistema di controllo del modulo batteria). I moduli, a loro volta, vengono elettricamente collegati tra loro ed assemblati in modo tale da conseguire i valori richiesti di potenza, tensione e corrente.

La scatola di controllo è composta da un dispositivo di misurazione, un dispositivo di protezione e un SBMU (Single Battery Management UNIT), che esegue l'analisi dello stato del rack batterie e il controllo della linea di alimentazione principale.

Ciascun rack comunica con un BMS (Battery Bank Management System), il sistema di gestione che consente di monitorare e trasmettere informazioni sullo stato di funzionamento delle celle e sui parametri del sistema (tensione, corrente, temperatura etc.).

Le varie sezioni del BMS sono gestite a loro volta dal BSCS (Battery Storage Control System), cui è imputabile la gestione dell'interno impianto, l'ottimizzazione e il monitoraggio del sistema che avviene mediante integrazione con lo SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), con il quale il BSCS comunica continuamente, garantendo il controllo non solo del sistema di accumulo, ma anche di tutti i quadri BT/MT, dei sistemi HVAC e degli ausiliari. Le principali funzioni del BSCS sono:

- il controllo automatico/manuale in tempo reale;
- il controllo remoto;
- il controllo locale;
- la registrazione dei dati storici.

Fra servizi che il BSCS svolge ci sono l'inseguimento del set point di potenza attiva, reattiva e fattore di potenza, time-shifting, peak-shaving, regolazione primaria, secondaria o terziaria di frequenza, bilanciamento.

Per quanto riguarda le batterie, l'ambiente e la temperatura del sistema influenzeranno direttamente il loro normale funzionamento, la durata del ciclo, l'accettazione della carica, la potenza di uscita, la capacità utilizzabile, la sicurezza e l'affidabilità. Pertanto, per ottenere le migliori prestazioni e aumentare la durata delle batterie, è necessario controllare la temperatura del sistema mantenendola in un intervallo specifico attraverso la gestione termica, per ridurre la distribuzione non uniforme della temperatura nella batteria.

Grazie al controllo della temperatura, inoltre, può essere migliorata il degrado della batteria, così come eliminare i potenziali rischi. Pertanto, è necessario che la progettazione termica dei rack sia adeguata a soddisfare i requisiti e le condizioni di dissipazione della batteria, ovvero la temperatura di raffreddamento dovrebbe essere 15-21 °C e la temperatura media dovrebbe essere di 18 °C.

Il controllo della temperatura delle batterie viene realizzato mediante un sistema di raffreddamento a liquido refrigerante, mediante lo scambio termico tra il liquido di raffreddamento e la batteria attraverso tubo di raffreddamento e la piastra di dissipazione termica.

Gli interventi di manutenzione programmati per i cubes vengono sinteticamente illustrati di seguito facendo riferimento a:

- unità;
- frequenza;
- descrizione intervento.

**Tabella 1: programma di manutenzione cube**

Unità	Frequenza	Descrizione intervento
Cube	Annuale	Controllo visivo per verificare la verniciatura
	Semestrale	Pulire l'involucro
Cavi elettrici	Annuale	Controllo visivo per verificare che il collegamento sia corretto e se sono presenti segni di scolorimento o bruciature
Condensatore	Annuale	Pulire con aria compressa o acqua
	Semestrale	Verificare la pulizia; se necessario pulire con aria compressa
	Giornaliera	Verificare eventuali rumori anomali
Ventola	Giornaliera	Verificare eventuali rumori anomali
Tubo di drenaggio	Semestrale	Controllo visivo per verificare se la bocca di drenaggio è libera
Bobina del condensatore	Giornaliera	Verificare che non sia ostruita; se del caso, pulire con acqua o aria compressa
Schermata di visualizzazione	Giornaliera	Verificare il corretto funzionamento;

Le attività di manutenzione devono essere eseguite da personale specializzato nel rispetto delle vigenti norme di sicurezza.

Con riferimento ai sistemi di sicurezza previsti, in caso di guasto il singolo cube è progettato per auto-isolarsi elettricamente e vi è la possibilità di rimuovere lo stesso e sostituirlo con un'altra unità inserita al suo posto.

Tutti i dettagli relativi alla gestione delle attività di manutenzione, nonché le relative norme e descrizioni, vengono riportati nel software CMMS (Computerized Maintenance Management System). Tali registri di manutenzione devono essere mantenuti sul CMMS per tutto il periodo di garanzia.

Nella tabella seguente, si riporta il piano di manutenzione annuale preventiva.

CMMS Asset	Attività	Locale/ da remoto	Frequenza (anni)	Ore annue per unità	Interruzione (SI/NO)
Array controller	Test annuale delle prestazioni	Locale	1	8	SI
HMI (Human Machine Interface)	Aggiornamento HMI	Da remoto	0,25	4	NO
Array controller	Aggiornamento del certificato del sito	Da remoto	0,25	1,2	NO

CMMS Asset	Attività	Locale/ da remoto	Frequenza (anni)	Ore annue per unità	Interruzione (SI/NO)
Array controller	Aggiornamento HMI e DCS	Da remoto	1	4	SI
Station Battery	Manutenzione della batteria	Locale	1	0,5	NO
Sistema antincendio	Prova in sito dei sistemi di sicurezza	Locale	1	1	SI
Trasformatore del core	Manutenzione annuale del trasformatore	Locale	1	0,8	SI
Trasformatore ausiliario	Manutenzione annuale del trasformatore	Locale	1	0,8	SI
Modulo della batteria	Controllo della connessione della batteria	Locale	1	0,038	SI
Modulo della batteria	Ispezione visiva di ricambio e ciclo completo	Locale	0,25	32	NO
HVAC	Manutenzione annuale	Locale	1	0,8	NO
HVAC	Manutenzione 5 anni	Locale	5	0,2	NO
Refrigeratore	Manutenzione annuale	Locale	1	0,5	SI
Refrigeratore	Manutenzione 5 anni	Locale	5	0,4	SI
Terminale fila cube	Ispezione IR e controllo della coppia	Locale	1	0,2	SI
Inverter	Manutenzione semestrale PCS	Locale	0,5	1,5	SI
Inverter	Manutenzione annuale PCS	Locale	1	1,5	SI

## 6 Inverter e trasformatore

Prima di eseguire le attività di manutenzione è necessario arrestare e bloccare l'inverter.

Per eseguire le azioni di manutenzione saranno necessari tre stati di alimentazione di base:

1. revisione della potenza: manutenzione trimestrale, semestrale e annuale. Inverter in funzione;
2. revisione con tensione ausiliaria e corrente alternata: manutenzione annuale;
3. revisione a tensione nulla: manutenzione annuale e trimestrale. Ciò implica l'assenza di tensione all'interno della stazione (trasformatore MT OFF, quadro MT a terra e bloccato).

Nella tabella seguente vengono individuate e descritte le attività di manutenzione con le relative frequenze delle operazioni.

Tabella 2: attività di manutenzione skid

Unità	Frequenza	Descrizione intervento
Trasformatore	Trimestrale	Controllare il livello dell'olio e verificare eventuali rumori anomali
Ventole		Verificare eventuali rumori anomali
Quadro elettrico		Verificare che la pressione sia sufficiente
Trasformatore	Semestrale	Verificare che non ci siano eventuali perdite di olio
Quadro elettrico		Controllare le porte, le cerniere, le maniglie e che le serrature funzionino correttamente
Skid		Pulizia generale; verificare che non ci siano tracce di polvere, animali, corrosione, liquidi o urti
Quadro elettrico		Verificare che i cavi di controllo siano in buono stato e che i bulloni siano correttamente contrassegnati. Controllare i feedback sul sistema SCADA
Trasformatore		Verificare che non ci siano danni sulle superfici verniciate
Filtri aria		Pulizia con aspirapolvere o acqua in pressione; controllare che siano in buono stato; se necessario, sostituirli
Serbatoio del trasformatore		Controllare che non ci siano perdite di olio e che i rubinetti di scarico non siano istruiti; se necessario pulirli
Inverter		Verificare che i valori di uscita AC siano bilanciati e in range
Quadro MT		Verificare che gli indicatori della fase di alimentazione lampeggiano durante il funzionamento e che gli adesivi di sicurezza siano in buono stato
Inverter	Annuale	Controllare e verificare che i relè tra il trasformatore e il quadro MT funzionino correttamente
Skid		Controllare la temperatura
Trasformatore	Triennale	Controllo visivo per verificare che il collegamento dei connettori sia corretto; eseguire la misura dell'isolamento delle induttanze utilizzando il criterio di $15\Omega$ per kV