



REGIONE SARDEGNA



PROVINCIA SUD SARDEGNA



ESTERZILI



ESCALAPLANO



SEUI

# PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO COMPOSTO DA 29 AEROGENERATORI E RELATIVE OPERE CONNESSE CON POTENZA COMPLESSIVA DI 153,9 MW NEI COMUNI DI ESTERZILI (SU), ESCALAPLANO (SU) E SEUI (SU)



PropONENTE



**LOTO RINNOVABILI SRL**

Largo Augusto n.3 20122  
Milano  
pec:lotorinnovabili@legalmail.it

PROGETTAZIONE



**AGREENPOWER s.r.l.**

Sede legale: Via Serra, 44  
09038 Serramanna (SU) - ITALIA  
Email: info@agreenpower.it

Gruppo di lavoro:

Ing. Simone Abis - Civile Ambientale  
Ing. Michele Angei - Elettrico  
Ing. Enea Tocco - Civile Ambientale  
Ing. Stefano Fanti - Civile Ambientale  
Dott. Gianluca Fadda

Collaboratori:

Vamirgeoind Ambiente, Geologia e Geofisica S.r.l.  
Dott. Archeologo Matteo Tatti  
Dott. Naturalista Francesco Mascia  
Dott. Agronomo Vincenzo Sechi  
Ing. Federico Miscali - Tecnico Acustica  
Ing. Nicola Sollai - Strutturista  
Dott. Geologo Andrea Usai  
Dott. Geologo Luigi Sanciù  
Ing. Michele Pigliaru - Elettrico  
Ing. Luigi Cuccu - Elettrotecnico

ELABORATO

Nome Elaborato:

## PIANO DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO E OPERE CONNESSE

00	Settembre - 2022	PRIMA EMISSIONE	Agreenpower Srl	Agreenpower Srl	Agreenpower Srl
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:					
Formato:	<b>A4</b>	Codice Commessa	<b>W2204EES</b>	Codice Elaborato	<b>REL22</b>

# INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>2. PIANO DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO E OPERE CONNESSE .....</b>	<b>5</b>
<b>3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4. DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1. SISTEMA DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>7</b>
<b>4.2. IL MANUALE DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>7</b>
<b>4.3. IL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>8</b>
<b>4.4. MANUALE D'USO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>8</b>
4.4.1. Navicella – carter di copertura e il sistema di imbardata .....	8
Anomalie riscontrabili .....	9
Controlli da parte di personale specializzato .....	9
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	9
4.4.2. Navicella – Dispositivi ausiliari .....	9
Anomalie riscontrabili .....	9
Controlli da parte di personale specializzato .....	10
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	10
4.4.3. Navicella – Il generatore .....	10
Anomalie riscontrabili .....	10
Controlli da parte di personale specializzato .....	11
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	11
4.4.4. Navicella – Il dispositivo di interfaccia.....	11
Anomalie riscontrabili .....	11
Controlli da parte di personale specializzato .....	12
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	12
4.4.5. Navicella – Il generatore sincrono a magneti permanenti ( <i>direct drive</i> ).....	12
Anomalie riscontrabili .....	12
Controlli da parte di personale specializzato .....	13
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	13
4.4.6. Navicella – il moltiplicatore di giri .....	13
Anomalie riscontrabili .....	13
Controlli da parte di personale specializzato .....	13
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	14
4.4.7. Navicella – il sistema di frenata idraulico .....	14
Anomalie riscontrabili .....	14
Controlli da parte di personale specializzato .....	14
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	14
4.4.8. Navicella – il quadro di comando e controllo .....	15
Anomalie riscontrabili .....	15
Controlli da parte di personale specializzato .....	16
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	16
4.4.9. Navicella – scaricatori di sovratensione.....	16
Anomalie riscontrabili .....	16
Controlli da parte di personale specializzato .....	17
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	17

4.4.10. Navicella – il trasformatore.....	17
4.4.11. Navicella – il controllo elettrico e di potenza.....	17
4.4.12. Rotore – Mozzo.....	18
Anomalie riscontrabili .....	18
Controlli da parte di personale specializzato .....	18
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	18
4.4.13. Rotore – sistema idraulico di controllo del <i>pitch</i> (cambio di passo della pala).....	18
Anomalie riscontrabili .....	19
Controlli da parte di personale specializzato .....	19
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	19
4.4.14. La pala eolica .....	20
Anomalie riscontrabili .....	20
Controlli da parte di personale specializzato .....	20
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	21
4.4.15. La torre di sostegno.....	21
Anomalie riscontrabili .....	21
Controlli da parte di personale specializzato .....	21
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	22
4.4.16. I sensori e il sistema generale di controllo .....	22

## **5. LA MANUTENZIONE DELLE OPERE CIVILI, DELLA VIABILITA' ED ELETTRICHE ..... 23**

### **5.1. CAVIDOTTI INTERRATI ..... 23**

Anomalie riscontrabili .....	24
Controlli da parte di personale specializzato .....	24
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	24

### **5.2. FONDAZIONI ..... 24**

5.2.1. Cordoli in calcestruzzo armato.....	24
Anomalie riscontrabili .....	25
Controlli da parte di personale specializzato .....	25
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	25
5.2.2. Platee in calcestruzzo armato - ok.....	26
Anomalie riscontrabili .....	26
Controlli da parte di personale specializzato .....	26
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	26

### **5.3. STRADE DI PROGETTO..... 27**

5.3.1. Confine stradale .....	27
Controlli da parte di personale specializzato .....	27
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	27
5.3.2. Canalette.....	27
Anomalie riscontrabili .....	28
Controlli da parte di personale specializzato .....	28
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	28
5.3.3. Argine o ciglio stradale .....	28
Anomalie riscontrabili .....	28
Controlli da parte di personale specializzato .....	28
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	29
5.3.4. Cunetta .....	29
Anomalie riscontrabili .....	29
Controlli da parte di personale specializzato .....	29
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	29
5.3.5. Scarpate .....	29
Anomalie riscontrabili .....	30

Controlli da parte di personale specializzato .....	30
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	30
5.3.6. Dispositivo di ritenuta .....	30
Anomalie riscontrabili .....	30
Controlli da parte di personale specializzato .....	30
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	31
<b>5.4. OPERE DI SOSTEGNO E CONTENIMENTO.....</b>	<b>31</b>
5.4.1. Tecnica delle terre armate .....	31
Anomalie riscontrabili .....	32
Controlli da parte di personale specializzato .....	32
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	32
<b>5.5. COPERTURE .....</b>	<b>32</b>
5.5.1. Strutture in latero-cemento.....	33
Anomalie riscontrabili .....	33
Controlli da parte di personale specializzato .....	34
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	34
<b>5.6. STRUTTURE IN ELEVAZIONE IN CALCESTRUZZO ARMATO.....</b>	<b>34</b>
5.6.1. Pareti .....	34
Anomalie riscontrabili .....	34
Controlli da parte di personale specializzato .....	35
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	36
5.6.2. Travi .....	36
Anomalie riscontrabili .....	36
Controlli da parte di personale specializzato .....	37
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	37
5.6.3. Pilastri .....	37
Anomalie riscontrabili .....	38
Controlli da parte di personale specializzato .....	39
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	39
<b>5.7. INFISSI ESTERNI .....</b>	<b>39</b>
5.7.1. Serramenti in alluminio.....	41
Anomalie riscontrabili .....	41
Controlli eseguibili dall'utente dell'immobile o fabbricato .....	42
Manutenzioni eseguibili dall'utente dell'immobile o fabbricato.....	42
Controlli da parte di personale specializzato .....	43
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	44
<b>5.8. PARETI ESTERNE .....</b>	<b>44</b>
5.8.1. Murature intonacate .....	45
Anomalie riscontrabili .....	45
Controlli da parte di personale specializzato .....	46
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	47
<b>5.9. RECINZIONI E CANCELLI.....</b>	<b>47</b>
5.9.1. Cancelli scorrevoli in ferro.....	48
Anomalie riscontrabili .....	48
Controlli da parte di personale specializzato .....	48
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	49
5.9.2. Guide di scorrimento.....	49
Anomalie riscontrabili .....	49
Controlli da parte di personale specializzato .....	49

Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	49
5.9.3. Elementi di trazione .....	50
Anomalie riscontrabili .....	50
Controlli da parte di personale specializzato .....	50
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	50
5.9.4. Recinzione in elementi prefabbricati.....	50
Anomalie riscontrabili .....	50
Controlli da parte di personale specializzato.....	51
Manutenzioni da parte di personale specializzato .....	51

## 1. PREMESSA

Il presente documento REL22 Piano di manutenzione dell'impianto e opere connesse è relativo alla realizzazione di un "impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, composto da n. 29 aerogeneratori di ultima generazione, del produttore NORDEX, serie Delta 4.000 modello N163/5.X TS118-00, ciascuno di potenza unitaria pari a 5,307 MW, aventi altezza mozzo 118 m e diametro del rotore 163 m, per complessivi 153,9 MW, di cui n. 16 aerogeneratori nei terreni del Comune di Esterzili (SU) e di n. 13 aerogeneratori nei terreni del Comune di Escalaplano (SU) e opere connesse anche in Comune di Seui (SU)", di seguito anche "**Parco Eolico Nuraxeddu**" e, globalmente il "**Progetto**".

L'impianto eolico sarà del tipo *grid-connected* e l'energia elettrica prodotta sarà immessa completamente in rete.

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori del Parco Eolico Nuraxeddu sarà raccolta attraverso una rete di cavi di potenza in Media Tensione realizzata con cavidotti interrati a 30kV e trasportata ad una sottostazione MT/AT (la Sottostazione Utente), di proprietà del Proponente, ubicata in parte nel Comune di Seui (SU) e in parte in Comune di Escalaplano (SU), dove avverrà l'elevazione di tensione 30/150kV e infine convogliata alla Rete di Trasmissione Nazionale – R.T.N., secondo le modalità di connessione che sono state indicate dal Gestore Terna S.p.A. tramite apposito preventivo di connessione, la Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG), Codice Pratica n. 202101585, rilasciata in data 20/10/2021 e accettata dal Proponente.

Tale STMG prevede l'allaccio della SU in antenna a 150 kV con una nuova stazione elettrica (SE) di smistamento a 150 kV, di futura costruzione da parte di Terna S.p.a. (da condividere con altri Produttori e quindi a servizio di altri impianti eolici o fotovoltaici) da inserire in entra – esce alla linea RTN esistente a 150 kV "Goni – Ulassai".

La SE sarà collegata, tramite due nuovi elettrodotti a 150kV, con una nuova stazione elettrica di trasformazione a 380/150 kV di futura costruzione da parte di TERNA S.p.a., anch'essa da inserire in entra-esce alla linea RTN 380kV "Ittiri-Selargius". Cfr. "ELB.PE.01b Schema a blocchi opere elettriche".

La stessa STMG informa che, al fine di razionalizzare l'utilizzo delle strutture di rete, sarà necessario condividere lo stallo in stazione con altri impianti di produzione.

Si precisa che, alla data di emissione del presente documento, è ancora aperto il tavolo tecnico promosso da Terna S.p.a. che ha affidato la progettazione ad altro proponente. Pertanto la presente relazione tratta solo la parte Utente, ovvero sino alla Sottostazione Utente che sorgerà a cavallo dei Comuni di Seui (SU) ed Escalaplano (SU).

## 2. PIANO DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO E OPERE CONNESSE

Le operazioni di manutenzione degli aerogeneratori previsti nel presente progetto consistono, essenzialmente, in precise procedure che la casa costruttrice prevede per mantenere in perfetta efficienza l'impianto eolico anche in riferimento al contratto di gestione e manutenzione (cd. O&M Contract) che normalmente si stipula con il Fornitore o con azienda specializzata in grado di assicurare, pena il ripagamento della mancata produzione, la "disponibilità" degli aerogeneratori allo sfruttamento della risorsa eolica.

Gli aerogeneratori NORDEX e in generale tutti gli aerogeneratori di qualunque marca e produttore, sono equipaggiati con un gran numero di sensori sia esterni (per le condizioni meteo) che interni che, misurando e verificando continuamente i valori dei vari parametri di funzionamento delle apparecchiature elettromeccaniche, i livelli e le pressioni, la posizione delle pale e della navicella, ecc., permettono il controllo e la gestione puntuale del funzionamento produttivo dell'aerogeneratore.

Le funzioni dell'aerogeneratore sono controllate quindi da un sistema di monitoraggio e controllo che analizza i dati raccolti dall'insieme della sensoristica installata in tempo reale, e fornisce le informazioni utili all'esercizio dell'impianto nell'arco delle 24 ore, con la possibilità di analizzare i dati relativi alle prestazioni dell'impianto con il massimo grado di accuratezza.

Il sistema di gestione e controllo più avanzato e normalmente impiegato per l'acquisizione dei dati, il controllo, la supervisione dell'allarmistica è il Sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) che opera dal server centrale. Il controllo da remoto delle condizioni dell'impianto e in generale l'applicazione delle procedure del Sistema di Qualità, Ambiente e Sicurezza del Proponente assicura l'immediata rilevazione di anomalie, rapidi tempi di risposta, ovvero azioni preventive e correttive, se necessarie, sempre al fine di massimizzare la produzione di energia oltre alla raccolta dei dati sottoforma di report gestionali, ecc.

Il Sistema SCADA seleziona i valori corretti di rotazione dell'aerogeneratore, l'angolo del sistema di *pitch* ovvero l'angolo di passo delle pale e le impostazioni di potenza. Ci sono modifiche in ogni istante a seconda della velocità del vento captata dalle pale, in modo da garantire la sicurezza e l'affidabilità nelle operazioni in tutte le condizioni

di vento. Il sistema di controllo seleziona i valori idonei per un set ottimale di funzionamento dell'aerogeneratore.

Di seguito vengono riportate le procedure e le tempistiche degli interventi gestionali e manutentivi previste dalla NORDEX per l'aerogeneratore N163 al fine di mantenerne in continuità l'efficienza elettrica e meccanica.

### **3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO**

Il Parco Eolico Nuraxeddu è costituito da n. 29 aerogeneratori collegati tra loro a mezzo di cavidotti elettrici convogliano l'energia elettrica alla Sottostazione Utente e quindi, dopo la trasformazione della tensione da Media ad Alta, la consegna alla RTN. Le modalità di connessione di ciascun aerogeneratore all'altro, cambiano in funzione del layout di funzionamento scelto per la specifica sezione d'impianto che è suddiviso in n. 6 Gruppi (o sezioni d'impianto).

Nel dettaglio, il Progetto prevede la realizzazione/installazione delle seguenti opere:

- N.29 aerogeneratori, relativi basamenti, ovvero opere di fondazione e piazzole di montaggio ed esercizio,
- n.6 cabine elettriche di raccolta 30kV contenenti ciascuno i quadri interruttori degli aerogeneratori suddivisi in n. 6 gruppi in una disposizione radiale degli stessi;
- interventi per la viabilità di progetto, di nuova realizzazione, per raggiungere la posizione di ciascun aerogeneratore a partire dalla viabilità esistente da parte dei mezzi di trasporto dei componenti degli aerogeneratori e delle gru di elevazione oltre agli interventi di adeguamento stradale, necessari alla movimentazione dei mezzi di trasporto delle turbine;
- realizzazione di scavi e riporti per gli elettrodotti interrati (cavidotti) in media tensione (30 kV) per il trasporto dell'energia prodotta dagli aerogeneratori alle cabine di raccolta e da queste alla Sottostazione Utente di trasformazione 30/150kV;
- n. 1 Sottostazione di trasformazione MT/AT 30/150 kV su terreni ricadenti in parte in Comune di Seui (SU) e in parte in Comune di Escalaplano (SU);
- Collegamento della SU in antenna a 150 kV con una nuova stazione elettrica (SE) di smistamento a 150 kV, di futura costruzione da parte di Terna S.p.a. (da condividere con altri Produttori e quindi a servizio di altri impianti eolici o fotovoltaici) da inserire in entra – esce alla linea RTN esistente a 150 kV “Goni – Ulassai”.
- La SE sarà collegata, tramite due nuovi elettrodotti a 150kV, con una nuova stazione elettrica di trasformazione a 380/150 kV di futura costruzione da parte di TERNA S.p.a., anch'essa da inserire in entra-esce alla linea RTN 380kV “Ittiri-Selargius”. Cfr. “ELB.PE.01b Schema a blocchi opere elettriche”.

### **4. DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO**

Ciascun aerogeneratore del Parco Eolico Nuraxeddu lavora in modo autonomo. Quando la velocità del vento supera il valore di avviamento, il sistema idraulico di *pitch* (cambio di passo della pala) ruota l'angolo d'attacco delle pale e le porta a circa 45° garantendo la massima portanza; l'aerogeneratore si avvia e inizia a produrre energia fino a quando la velocità del vento non supera il valore massimo ammesso, punto in cui la macchina entra in emergenza e si ferma, in attesa che il vento rientri nel range di operatività determinato dal produttore dell'aerogeneratore.

Avviato il moto rotatorio del rotore e raggiunta la velocità di giro necessaria all'avvio del generatore, la centrale inizia ad immettere energia in rete. L'asse principale collegato da un lato al mozzo e dall'altro al moltiplicatore, poggia su due cuscinetti che ne attutiscono le vibrazioni trasmesse dal rotore.

Il moltiplicatore aumenta il numero di giri dell'asse lento e accende il generatore che genera energia in bassa tensione. L'energia, affinché raggiunga il punto di consegna, deve trasformare la propria tensione al fine di ridurre al minimo le perdite per effetto Joule. Il trasformatore ha quindi il compito di immettere energia in Media Tensione nel circuito interno al Parco Eolico.

Il circuito idraulico, oltre a controllare l'angolo di passo (*pitch*), regola il sistema di orientazione dell'aerogeneratore, in modo da portare la macchina sempre sotto vento e ottimizzare sforzi e produzione. I comandi vengono trasmessi dai sensori dell'anemometro montato in cima alla navicella. Tali sensori trasmettono i segnali ad un armadio di controllo che gestisce, attraverso un PLC, l'intera macchina.

Le descrizioni impiantistiche sono state estrapolate dal documento pubblico fornito dalla NORDEX per

l'aerogeneratore al quale si fa riferimento nella progettazione definitiva: "2000627EN\_6\_CC01\_EN\_Technical-description.pdf".

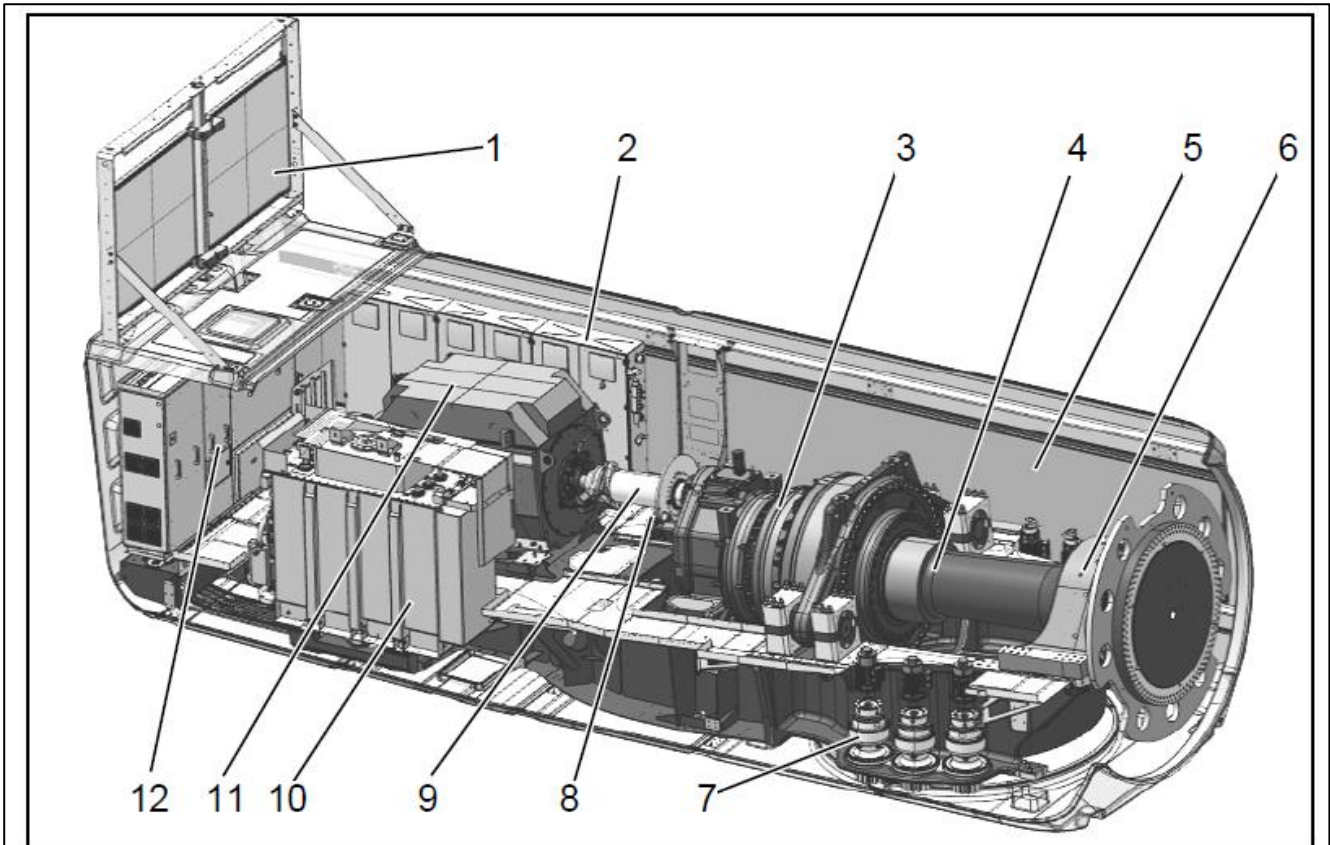


Fig. 2: Schematic diagram of the nacelle

- |   |                 |    |             |
|---|-----------------|----|-------------|
| 1 | Passive cooler  | 7  | Yaw drives  |
| 2 | Switch cabinet  | 8  | Rotor brake |
| 3 | Gearbox         | 9  | Coupling    |
| 4 | Rotor shaft     | 10 | Transformer |
| 5 | Nacelle housing | 11 | Generator   |
| 6 | Rotor bearing   | 12 | Converter   |

Fig. 1: Principali componenti interni alla navicella

#### 4.1. SISTEMA DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO

Il sistema di manutenzione dell'impianto si basa su:

- Individuazione, descrizione e frequenza delle operazioni e delle attività di manutenzione ordinaria e straordinaria di tutti i componenti dell'impianto finalizzate a:
  - 1) Salvaguardia delle prestazioni tecnologiche, produttive ed ambientali, dei livelli di sicurezza e di efficienza dell'impianto eolico nel suo insieme;
  - 2) Minimizzazione dei tempi di indisponibilità di parti e sezioni dell'impianto durante l'operatività; ciò è stato pensato già in sede di progettazione definitiva con la suddivisione in Gruppi (o sezioni) d'impianto che permette di limitare la perdita produttiva in caso di malfunzionamenti al solo o ai soli aerogeneratori appartenenti al Gruppo.
  - 3) Rispetto delle disposizioni normative.

#### 4.2. IL MANUALE DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO

Il manuale di manutenzione fornito dal produttore NORDEX contiene:

- Individuazione, descrizione dettagliata e istruzioni operative degli interventi di manutenzione ordinaria e



straordinaria per ogni componente dell'impianto;

- Descrizione delle risorse necessarie per l'intervento di manutenzione e le istruzioni operative dettagliate per la manutenzione, che deve eseguire il tecnico.

Nell'insieme costituisce il programma di manutenzione

### **4.3. IL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO**

Nel programma di manutenzione fornito dal Produttore si trova:

- L'individuazione e la descrizione dettagliata del sistema dei controlli e degli interventi da eseguire al fine di una corretta conservazione e gestione dell'impianto eolico nella sua totalità e nelle sue parti;
- L'individuazione e la descrizione dettagliata delle scadenze temporali per tutte le operazioni di manutenzione, programmata e preventiva oltre alla straordinaria;

Si riportano le schede di manutenzione di ciascun componente dell'aerogeneratore, fornite dal produttore NORDEX che compongono l'insieme delle operazioni da eseguire per assicurare il corretto e continuo funzionamento produttivo dell'aerogeneratore durante la sua vita utile.

- Definizione dei fabbisogni di manodopera (specializzata e non) e delle altre risorse necessarie.

Per eseguire le operazioni di cui sopra è indispensabile un tecnico specializzato, con patentino per lavori in alta quota e che abbia formazione specifica nel campo. Solo per specifiche operazioni sarà necessaria la presenza di un secondo operaio specializzato

### **4.4. MANUALE D'USO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO**

Il manuale d'uso, fornito dal produttore NORDEX si basa su:

- Individuazione e descrizione delle modalità di corretto funzionamento dei componenti e delle operazioni manutentive che non richiedono competenze specialistiche (verifiche, pulizie, regolazioni, ecc...);
- Individuazione dei principali sintomi indicatori di anomalie e guasti, imminenti o in atto

Il funzionamento degli aerogeneratori è regolato da un sistema di pitch control (sistema di controllo dell'angolo d'attacco pala) indipendente su ciascuna pala e con un sistema di controllo d'imbardata. Il sistema di controllo consente all'aerogeneratore di lavorare a velocità del vento variabili, massimizzando la potenza generata in ogni momento e minimizzando le sollecitazioni e il rumore.

Segue una descrizione dei componenti dell'aerogeneratore NORDEX N136 di potenza nominale 5,307MW e delle operazioni di gestione e manutenzione degli stessi.

#### **4.4.1. Navicella – carter di copertura e il sistema di imbardata**

La navicella ruota sull'asse della torre di sostegno grazie al sistema composto da motori elettrici, gestiti dal sistema principale di controllo e azionati in base alle informazioni provenienti dall'anemometro posto in cima al carter della navicella che misura direzione, velocità e intensità del vento.

La navicella è una cabina realizzata in struttura metallica sulla quale è saldato il generatore e il rivestimento della cabina (quest'ultimo realizzato in materiale plastico rinforzato con fibre di vetro); all'interno della cabina sono ubicati tutti i componenti di un aerogeneratore ad eccezione, naturalmente, del rotore, del mozzo e delle pale.

La navicella è posizionata sulla cima della torre di sostegno e ruota sull'asse della torre di sostegno grazie al sistema composto da motori elettrici, gestiti dal sistema principale di controllo e azionati in base alle informazioni provenienti dall'anemometro posto in cima al carter della navicella che misura direzione, velocità e intensità del vento. Per assicurare sempre il massimo rendimento dell'aerogeneratore è importante mantenere un allineamento più continuo possibile tra l'asse del rotore e la direzione del vento; tale allineamento (negli aerogeneratori di media e grossa taglia) è garantito da un servomeccanismo, detto **sistema di imbardata**.

Il carter di copertura è a protezione della componentistica interna dall'esposizione agli agenti atmosferici e alle condizioni ambientali esterne. È realizzata in resina rinforzata con fibre di vetro.

Il telaio della navicella è progettato usando il criterio di massima semplicità meccanica non trascurando la robustezza indispensabile per supportare gli elementi della navicella e trasmettere i carichi alla torre. La trasmissione dei carichi avviene attraverso il sistema di rotazione lungo la corona

All'interno della copertura lo spazio di manovra è chiaramente sufficiente per l'Operatore d'impianto e il tecnico

manutentore per condurre le operazioni di ispezione, controllo e manutenzione. La copertura ha tre sportelli:

- Sportello di accesso alla navicella dalla scala di accesso o dalla piattaforma dell'ascensore interno alla torre di sostegno, disposto sul pavimento della navicella;
- Sportello d'accesso all'interno del cono dell'hub, disposto sul naso dell'aerogeneratore;
- Sportello di lavoro della gru, disposto nella parte posteriore della navicella.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Anomalie del sistema di imbardata**

Difetti di funzionamento.

#### **2. Corrosione**

Difetti di funzionamento.

#### **3. Difetti di movimento, di rotazione**

Malfunzionamento della marcia del motore che possono provocare ripetuti avviamenti e arresti.

#### **4. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

#### **1. Controllo generale**

Con settimanale si opera il controllo a vista della corretta rotazione grazie al funzionamento del sistema di imbardata.

#### **2. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

#### **1. Riallineamento**

All'occorrenza si opera il riallineamento tra l'asse del rotore e la direzione del vento.

#### **4.4.2. Navicella – Dispositivi ausiliari**

I principali dispositivi ausiliari montati all'interno della navicella comprendono un dispositivo idraulico per lubrificare il moltiplicatore di giri o le altre parti meccaniche e scambiatori di calore per il raffreddamento dell'olio e del generatore, oltre a pompe e ventilatori.

Sulla sommità della navicella sono installati un anemometro e una banderuola per il controllo dell'aerogeneratore, i fari di segnalazione per il sorvolo degli aerei. Per migliorare l'affidabilità dell'aerogeneratore sono impiegati diversi sensori che monitorano lo stato dei vari componenti e segnalano eventuali difetti e malfunzionamenti che necessitano di operazioni di manutenzione.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Anomalie del sensore**

Difetti di funzionamento del sensore di rotazione della navicella.

#### **2. Anomalie del sistema di trasmissione**

Difetti di funzionamento del sistema di trasmissione dei dati dell'insieme sensori – quadro di controllo.

#### **3. Anomalie delle sonde termiche**

Malfunzionamento delle sonde termiche.

#### **4. Anomalie dei termoregolatori**

Malfunzionamento dei termoregolatori.

#### **5. Difetti di tenuta**

Sversamento, perdita del liquido di raffreddamento.

#### **6. Difetti di pressione**

Valori di pressione del liquido di raffreddamento inferiori al valore di esercizio.

### **7. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

## **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

### **1. Controllo generale**

All'occorrenza e in seguito ad eventi meteo eccezionali si opera un controllo puntuale dei sensori.

### **2. Controllo del sistema di raffreddamento**

Con cadenza semestrale si opera il controllo a vista dello stato generale del sistema di raffreddamento e la verifica visiva dell'assenza di perdite o fuoriuscite di acqua e olio.

### **3. Controllo della funzionalità dei sensori**

Per la messa in esercizio dell'aerogeneratore, all'occorrenza e a seguito di difetti durante l'esercizio si effettua un test di funzionamento.

### **4. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

### **1. Sostituzione dei sensori**

All'occorrenza si opera la sostituzione dei sensori danneggiati o malfunzionanti.

### **2. Sostituzione dell'olio**

All'occorrenza si opera la sostituzione dell'olio di raffreddamento.

### **4.4.3. Navicella – Il generatore**

È installato all'interno della navicella prima del dispositivo di interfaccia rispetto alla direzione del vento e quindi del flusso di energia ed è essenzialmente costituito da un interruttore automatico magnetotermico che deve essere opportunamente dimensionato per garantire la protezione delle componenti dei circuiti e dei cablaggi da sovracorrenti e cortocircuiti.

Ogni aerogeneratore è dotato del dispositivo di generatore che interviene in caso di guasto escludendo dall'erogazione di potenza l'aerogeneratore di competenza.

Il generatore è asincrono a doppia alimentazione e a 4 poli. Ha un elevato livello di efficienza ed è raffreddato tramite uno scambiatore aria/acqua. Il sistema di controllo consente operatività a varie velocità, analizzando la velocità di rotazione del rotore. Le caratteristiche e le funzioni introdotte dal generatore sono:

- Il comportamento sincrono rispetto alla rete;
- l'operatività ottimale a qualsiasi velocità del vento, massimizzando la produzione e minimizzando i carichi e il rumore, per mezzo di lavoro a velocità variabile.
- il controllo della potenza attiva e reattiva attraverso il controllo dell'ampiezza e della fase del rotore;
- la facilità di connessione e sconnessione dalla rete elettrica.

Il generatore è protetto contro i cortocircuiti e i sovraccarichi. La temperatura è monitorata continuamente con sonde sullo statore.

## **Anomalie riscontrabili**

### **1. Anomalie dei contatti ausiliari**

Difetti di funzionamento dei contatti ausiliari.

### **2. Anomalie delle molle**

Difetti di funzionamento delle molle.

### **3. Anomalie degli sganciatori**

Malfunzionamento degli sganciatori di apertura e chiusura.

#### **4. Corti circuiti**

Corti circuiti dovuti a difetti nell'impianto di messa a terra, a sbalzi di tensione (sovraccarichi), ad altro.

#### **5. Difetti di funzionamento**

Difetti del dispositivo di generatore dovuti all'eccessiva polvere presente all'interno delle connessioni o alla presenza di umidità ambientale o di condensa

#### **6. Difetti di taratura**

Difetti di taratura dei contattori, di collegamento o di taratura della protezione.

#### **7. Disconnessione dell'alimentazione**

Disconnessione dell'alimentazione dovuta a difetti di messa a terra, di sovraccarico di tensione di alimentazione, di corto circuito imprevisto.

#### **8. Surriscaldamento**

Surriscaldamento che può provocare difetti di protezione e di isolamento. Può essere dovuto da ossidazione delle masse metalliche

#### **9. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

#### **1. Controllo generale**

Con cadenza mensile si opera la verifica della corretta pressione di serraggio dei cavi di connessione e il controllo del buon livello di isolamento e di protezione per prevenire ed evitare corto circuiti.

#### **2. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

#### **1. Sostituzioni**

All'occorrenza, si opera la sostituzione dei dispositivi danneggiati o che non rispondono ai requisiti richiesti dalle norme.

#### **4.4.4. Navicella – Il dispositivo di interfaccia**

Il dispositivo di interfaccia è un teleruttore comandato da una protezione di interfaccia; le protezioni di interfaccia possono essere realizzate da relè di frequenza e tensione o dal sistema di controllo inverter.

Il dispositivo di interfaccia è un interruttore automatico con bobina di apertura a mancanza di tensione che ha lo scopo di isolare l'impianto quando:

- i parametri di frequenza e di tensione dell'energia che si immette in rete sono fuori dai valori massimi consentiti;
- c'è assenza di tensione di rete (per esempio durante lavori di manutenzione della rete elettrica pubblica).

Come per tutte le operazioni su impiantistica elettrica in generale, gli interventi di controllo e manutenzione, dopo aver tolto la tensione, devono essere effettuate da personale qualificato e dotato di idonei dispositivi di protezione individuali quali guanti e scarpe isolanti.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Anomalie della bobina**

Difetti di funzionamento della bobina di avvolgimento.

#### **2. Anomalie del circuito magnetico**

Difetti di funzionamento del circuito magnetico mobile.

#### **3. Anomalie dell'elettromagnete**

Vibrazioni dell'elettromagnete del contattore dovute ad alimentazione non idonea

#### **4. Anomalie della molla**

Difetti di funzionamento della molla di ritorno.

#### **5. Anomalie delle viti serrafili**

Difetti di tenuta delle viti serrafilo.

#### **6. Difetti del passacavo**

Difetti di tenuta del coperchio passacavi.

#### **7. Rumorosità**

Eccessiva rumorosità

#### **8. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

#### **1. Controllo generale**

Con cadenza semestrale si opera il controllo a vista per la verifica del serraggio dei fili da parte delle viti e che i cavi siano ben sistemati nel coperchio passacavi. Nel caso di eccessivo rumore smontare il contattore e verificare lo stato di pulizia delle superfici dell'elettromagnete e della bobina.

#### **2. Verifica della tensione**

Con cadenza annuale si opera l'ispezione strumentale della tensione di arrivo ai morsetti utilizzando un Voltmetro.

#### **3. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

#### **1. Pulizia**

All'occorrenza si opera la pulizia delle superfici rettifiche dell'elettromagnete utilizzando benzina o tricloroetilene.

#### **2. Serraggio dei cavi**

Con cadenza semestrale si esegue il serraggio di tutti i cavi in entrata e in uscita dal dispositivo di interfaccia.

#### **3. Sostituzione della bobina**

All'occorrenza e in caso di guasto, si effettua la sostituzione della bobina.

#### **4.4.5. Navicella – Il generatore sincrono a magneti permanenti (*direct drive*)**

Il generatore sincrono a magneti permanenti (*direct drive*) ha un convertitore a due stadi in grado di portare frequenza e tensione del generatore ai valori di rete anche funzionando con diverse velocità di rotazione. Con questo tipo di generatore non serve il moltiplicatore di giri, evitando in tal modo la trasformazione dell'energia cinetica in energia meccanica, grazie a sistemi di gestione elettronici.

Il rotore può essere bloccato meccanicamente in modo affidabile durante i lavori di manutenzione da un blocco idraulico. Una pompa idraulica genera una pressione dell'olio sufficiente a tale scopo.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Anomalie dei cuscinetti**

Difetti di funzionamento dei cuscinetti.

#### **2. Anomalie del convertitore elettronico di frequenza**

Difetti di funzionamento del convertitore elettronico di frequenza.

#### **3. Difetti e anomalie degli avvolgimenti**

Difetti di isolamento degli avvolgimenti.

#### **4. Valori di scorrimento eccessivi**

Valori eccessivi dei parametri di scorrimento che possono causare malfunzionamenti e anomalie.

#### **5. Rumorosità eccessiva**

Livelli di rumorosità eccessiva riscontrati durante il funzionamento e il monitoraggio.

#### **6. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

## **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

### **1. Controllo dei parametri di funzionamento**

Con cadenza bimensile si opera la verifica dei parametri di funzionamento del generatore per assicurarsi che rientrino nel range di valori ammissibili, come da progetto, siano quelli di progetto per evitare malfunzionamenti (grandezze elettriche del rotore, coppia frenante, coppia della turbina).

### **2. Verifica dell'isolamento**

Con cadenza annuale si opera la misurazione della resistenza all'isolamento degli avvolgimenti da parte di un elettricista specializzato ed esperto.

### **3. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

### **1. Settaggio dei parametri**

All'occorrenza, se e quando il controllo ha dato esiti negativi, occorre procedere al ripristino dei parametri di progetto delle grandezze elettriche del rotore, coppia frenante, coppia della turbina.

### **2. Sostituzione del convertitore**

Se necessario, sostituzione del convertitore elettronico se danneggiato o usurato.

### **3. Sostituzione degli avvolgimenti**

Se necessario, sostituzione degli avvolgimenti da parte di un elettricista.

## **4.4.6. Navicella – il moltiplicatore di giri**

Il moltiplicatore aumenta la velocità del rotore fino a raggiungere la velocità richiesta per il generatore, ovvero trasforma la rotazione lenta delle pale in una rotazione più veloce in grado di far funzionare il generatore di elettricità.

I cuscinetti e gli ingranaggi sono lubrificati continuamente con olio. Un elemento filtrante combinato con filtro grosso, fine e ultrafine trattiene le particelle solide. Il sistema di controllo controlla la contaminazione dell'elemento filtrante. L'olio utilizzato per la lubrificazione viene utilizzato anche per il raffreddamento del moltiplicatore. Le temperature dei cuscinetti del moltiplicatore e dell'olio sono costantemente monitorate. Finché non viene raggiunta la temperatura di esercizio ottimale, un bypass termico mette in ricircolo l'olio del moltiplicatore, senza inviarlo al sistema di raffreddamento. Solo quando la temperatura dell'olio del moltiplicatore raggiunge un valore predeterminato, l'olio del moltiplicatore viene raffreddato da un radiatore olio/acqua, che si trova direttamente sul moltiplicatore. Di conseguenza, la temperatura dell'olio del moltiplicatore viene mantenuta in un intervallo di temperatura ristretto durante il funzionamento.

## **Anomalie riscontrabili**

### **7. Anomalie del rotore**

Difetti di funzionamento.

### **3. Difetti dello statore**

Difetti di funzionamento.

### **5. Difetti di marcia**

Malfunzionamento della marcia del motore che possono provocare ripetuti avviamenti e arresti.

### **4. Difetti di serraggio bulloni**

Difetti di tenuta dei bulloni dei sistemi di supporto, allentamento della tenuta.

### **5. Rumorosità eccessiva**

Livelli di rumorosità eccessiva riscontrati durante il funzionamento e il monitoraggio.

### **6. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

## **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

## **2. Controllo generale**

Con cadenza semestrale si opera il controllo a vista del corretto funzionamento del motore, in assenza di rumori e cigolii che possono indicare un difetto a cui dover porre rimedio.

## **3. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

### **2. Revisione**

Smontaggio del motore per sottoporlo a revisione e nel caso procedere alla sostituzione.

### **2. Serraggio dei bulloni**

Esecuzione del serraggio dei bulloni per evitare giochi e malfunzionamenti.

## **4.4.7. Navicella – il sistema di frenata idraulico**

Il sistema idraulico mette in pressione l'olio per il freno (blocco idraulico) del rotore.

Il sistema frenante è il dispositivo di sicurezza che blocca il funzionamento dell'aerogeneratore in caso di eccessiva ventosità; è generalmente costituito da due sistemi indipendenti di arresto delle pale:

- il sistema frenante aerodinamico;
- sistema frenante meccanico.

Il sistema frenante aerodinamico viene utilizzato per controllare la potenza dell'aerogeneratore, come freno di emergenza in caso di eccessiva ventosità, superiore alla nominale e per arrestare il rotore.

Il sistema meccanico viene utilizzato per completare l'arresto del rotore e come freno di stazionamento.

## **Anomalie riscontrabili**

### **1. Anomalie del disco**

Malfunzionamenti del freno a disco del sistema idraulico.

### **2. Anomalie delle pinze**

Difetti di funzionamento delle pinze del sistema meccanico.

### **3. Difetti ai leverismi**

Malfunzionamenti dei leverismi.

### **4. Difetti del sistema di serraggio**

Difetti di serraggio.

### **6. Difetti di taratura**

Difetti di taratura del sistema di regolazione e controllo del dispositivo frenante.

### **7. Difetti di tenuta**

Difetti di tenuta del sistema idraulico con conseguente abbassamento del livello di pressione di esercizio.

### **6. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

## **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

### **1. Controllo generale**

Con cadenza semestrale si opera l'ispezione visiva delle condizioni generali e lo stato di usura del sistema frenante.

### **2. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della sicurezza di funzionamento del sistema frenante da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

#### **1. Registrazione**

Con cadenza semestrale, esecuzione della registrazione e della taratura del dispositivo di controllo del sistema frenante.

#### **4.4.8. Navicella – il quadro di comando e controllo**

Nel quadro di comando e regolazione degli impianti di generazione di energia da fonte eolica e connessi alla rete elettrica nazionale, avviene la distribuzione dell'energia. In caso di consumi elevati o in assenza di alimentazione da parte degli aerogeneratori la corrente viene prelevata dalla rete pubblica.

I quadri elettrici dedicati agli impianti ad energia eolica possono essere: **quadro di campo** e **quadro di interfaccia** rete.

È opportuno che sia assicurata la qualità della progettazione, della fabbricazione e dell'installazione dei materiali e componenti dei quadri con riferimento a quanto indicato dalle norme e come certificato dalle ditte costruttrici di detti materiali e componenti.

Le strutture più elementari sono centralini da incasso, in materiale termoplastico autoestinguente, con indice di protezione IP40, fori asolati e guida per l'assemblaggio degli interruttori e delle morsettiere e devono essere del tipo stagno in materiale termoplastico con grado di protezione non inferiore a IP65.

I quadri devono essere facilmente identificabili per consentire un facile utilizzo. Deve essere presente un cartello sul quale sono riportate le funzioni degli interruttori nonché le azioni da compiere in caso di emergenza su persone colpite da folgorazione.

Come per tutte le operazioni su impianti e componenti elettrici, dopo aver tolto la tensione, anche le operazioni su questi quadri devono essere effettuate da personale qualificato e dotato di idonei dispositivi di protezione individuali quali guanti e scarpe isolanti. Nelle vicinanze del quadro deve essere presente un cartello sul quale sono riportate le funzioni degli interruttori, le azioni da compiere in caso di emergenza su persone colpite da folgorazione. Inoltre devono essere presenti oltre alla documentazione dell'impianto anche i dispositivi di protezione individuale e i dispositivi di estinzione incendi.

#### **Anomalie riscontrabili**

##### **1. Anomalie dei contattori**

Malfunzionamenti dei contattori.

##### **2. Anomalie dei fusibili**

Difetti di funzionamento dei fusibili.

##### **3. Anomalie dei magnetotermici**

Malfunzionamenti e difetti degli interruttori magnetotermici.

##### **4. Anomalie dei relè**

Difetti di funzionamento dei relè termici.

##### **5. Anomalie delle spie di segnalazione**

Difetti di funzionamento delle spie e dei fari di segnalazione posizionati sul dorso della navicella o a bordo del radiatore dell'aerogeneratore.

##### **6. Depositi di materiale**

Malfunzionamenti dovuti ad accumulo di polvere e sporcizia sui contatti.

##### **7. Difetti agli interruttori**

Difetti agli interruttori magnetotermici e differenziali dovuti all'eccessiva polvere presente all'interno delle connessioni o alla presenza di umidità ambientale o di condensa.

##### **8. Difetti di taratura**

Difetti di taratura dei contattori, di collegamento o di taratura della protezione.

##### **9. Difetti di tenuta serraggi**

Difetti di serraggio dei bulloni e dei morsetti.

##### **10. Surriscaldamento**

Surriscaldamento che può provocare difetti di protezione e di isolamento. Può essere dovuto a ossidazione delle masse metalliche.



## **11. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

#### **1. Verifica dei condensatori**

Con cadenza semestrale si opera l'ispezione visiva dell'integrità dei condensatori di rifasamento e dei contattori.

#### **2. Verifica delle protezioni**

Con cadenza semestrale si opera il controllo a vista del corretto funzionamento dei fusibili, degli interruttori automatici e dei relè termici.

#### **3. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

#### **1. Pulizia generale**

Con cadenza annuale, esecuzione della pulizia generale con insuflaggio di aria secca a bassa pressione.

#### **2. Serraggio**

Con cadenza annuale, verifica del serraggio di bulloni, morsetti e interruttori.

#### **3. Sostituzione del quadro**

All'occorrenza e comunque dopo 20 anni si opera la sostituzione del quadro se usurato o per adeguamenti normativi.

### **4.4.9. Navicella – scaricatori di sovratensione**

Quando in un impianto elettrico la differenza di potenziale tra le varie fasi o tra una fase e la terra assume un valore di tensione maggiore al valore della tensione normale di esercizio, si è in presenza di una sovratensione.

Per proteggere l'impianto dalle sovratensioni si installa un dispositivo che ne assicura la protezione, denominato "scaricatore di sovratensione" e progettato per scaricare a terra le correnti.

Lo scaricatore di sovratensione è costituito da una cartuccia contenente un varistore la cui longevità di funzionamento dipende dal numero di scariche e dall'intensità di corrente di scarica che fluisce nella cartuccia.

L'efficienza dello scaricatore viene segnalata sul fronte dell'apparecchio da una bandierina colorata: verde indica l'efficienza del dispositivo, rosso la sua sostituzione; è dotato di un contatto elettrico utilizzato per riportare a distanza la segnalazione di fine vita della cartuccia.

Lo scaricatore di sovratensione va scelto rispetto al tipo di sistema; infatti nei sistemi TT l'apparecchio va collegato tra fase e neutro e sul conduttore di terra con le opportune protezioni mentre nei sistemi IT e TN trifasi il collegamento dello scaricatore avviene sulle tre fasi.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Anomalie dei contatti ausiliari**

Malfunzionamenti dei contatti ausiliari.

#### **2. Anomalie delle molle**

Difetti di funzionamento delle molle.

#### **3. Anomalie degli sganciatori**

Malfunzionamenti e difetti degli sganciatori di apertura e chiusura.

#### **4. Difetti degli interruttori**

Difetti agli interruttori magnetotermici e differenziali dovuti all'eccessiva polvere presente all'interno delle connessioni o alla presenza di umidità ambientale o di condensa

#### **5. Difetti del varistore**

Esaurimento del varistore delle cartucce dello scaricatore.

#### **6. Anomalie delle spie di segnalazione**

Difetti di funzionamento delle spie luminose che indicano il funzionamento o meno dell'apparato.

#### **7. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

#### **2. Controllo generale**

Con cadenza mensile si opera l'ispezione visiva per la verifica delle condizioni generali e la corretta pressione di serraggio delle viti e delle placchette, e dei coperchi delle cassette oltre al controllo del corretto funzionamento delle spie di segnalazione della carica delle cartucce.

#### **4. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della sicurezza di funzionamento del sistema frenante da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

#### **4. Sostituzione delle cartucce**

All'occorrenza, sostituzione delle cartucce dello scaricatore di sovratensione usurate o non più rispondenti ai requisiti richiesti dalle norme.

#### **4.4.10. Navicella – il trasformatore**

Il trasformatore MT/BT è trifase, a secco incapsulato, con tensione in uscita da 30 kV, particolarmente progettato per le applicazioni di energia dal vento. È allocato nella parete laterale sinistra (vista frontale) della navicella.

Poiché si tratta di un trasformatore a secco, il rischio di un incendio è minimo. Inoltre il trasformatore dispone di tutte le protezioni necessarie contro danneggiamenti, tra cui i sensori di archi elettrici e i fusibili di protezione.

La posizione del trasformatore nella navicella previene le perdite elettriche grazie alla ridotta lunghezza dei cavi a bassa tensione.

#### **4.4.11. Navicella – il controllo elettrico e di potenza**

Il sistema di controllo monitorizza e governa tutte le funzioni dell'aerogeneratore in modo che le condizioni di avvio e funzionamento produttivo siano quelle ottimali in tutti gli istanti in continuità.

Il sistema di controllo registra continuamente i segnali dei diversi sensori dell'aerogeneratore e quando qualche errore o valore fuori range, avvia le azioni correttive opportune per compensarlo. Il sistema di controllo governa l'aerogeneratore se l'errore individuato lo richiede.

Il sistema è dotato di una interfaccia operatore, installata alla base della torre di sostegno, dove appaiono i dati operativi; ciò consente all'Operatore d'impianto di interagire con l'aerogeneratore per quanto è stato autorizzato a compiere: sostanzialmente marcia e arresto dell'aerogeneratore e altre operazioni di semplice ripristino a seguito di malfunzionamenti minori. È presente anche un sistema di controllo per il monitoraggio remoto.

Il supporto fisico al sistema elettrico è diviso in tre scomparti:

1. Controller della navicella, disposto all'interno della stessa navicella. A sua volta il controller è diviso in tre sezioni:

- (i) Sezione di controllo: responsabile della gestione della navicella (es. misurazione del vento, cambio dell'angolo di *pitch* (ovvero cambio di passo della pala), orientamento, controllo della temperatura interna, ecc.);
- (ii) Convertitore di frequenza: è responsabile del controllo di potenza e della gestione della connessione e sconnessione del generatore dalla rete;
- (iii) Protezioni e zona sbarre – messa a terra: uscita dell'energia generata e con le protezioni elettriche necessarie.

2. Controller di base, posizionato alla base della torre. Dall'interfaccia operatore del controller a base torre è possibile vedere gli attuali e i passati valori dei parametri di funzionamento dell'aerogeneratore, programmarne la fermata e l'avvio, avviare i test di partenza dei vari sottosistemi, ecc... Si può inoltre

collegare un PC portatile al controller della navicella per migliorare tali operazioni.

3. Controller dell'hub, posizionato nella parte rotante dell'aerogeneratore. È responsabile dell'avvio dei cilindri idraulici del sistema di *pitch* (cambio di passo della pala).

#### **4.4.12. Rotore – Mozzo**

Il mozzo o *hub*, è realizzato in ghisa nodulare o acciaio o ferro ed è collegato alla parte esterna dei tre cuscinetti della pala e all'asse principale con giunzioni bullonate.

I cuscinetti montati alla radice delle pale sono l'interfaccia tra il mozzo e la pala e permettono il movimento di *pitch* (controllo del passo). La pala è collegata alla parte interna del cuscinetto con bulloni per facilitare l'ispezione e la rimozione.

Il rotore è dotato di tre pale unite al mozzo sferico per mezzo di flange bullonate. Il rotore ha un angolo di conicità di 4° per garantire la distanza della punta della pala dalla torre. Il diametro del rotore comprese le pale è di 163m.

Il mozzo è il componente che connette le pale all'albero principale trasmettendo ad esso la potenza estratta dall'energia cinetica del vento ed ingloba i meccanismi di regolazione dell'angolo di *pitch* (controllo del passo). Il mozzo è solitamente di acciaio o di ferro ed è protetto esternamente da un involucro di forma ovale chiamato ogiva. Il mozzo deve essere sufficientemente robusto per sopportare i carichi dinamici trasmessi dalle pale e dovuti alle operazioni d'imbardata.

Il mozzo ha un accesso all'interno per ispezione e manutenzione del sistema idraulico di *pitch* (controllo del passo) e per controllare lo stato di tensione dei bulloni.

#### **Anomalie riscontrabili**

##### **1. Anomalie del mozzo**

Difetti nella tenuta dell'attacco del mozzo alle pale.

##### **2. Anomalie dei cuscinetti**

Difetti di funzionamento dei cuscinetti delle pale.

##### **3. Anomalie delle pale**

Malfunzionamenti dovuti a deformazioni delle pale.

##### **4. Difetti del sistema di bloccaggio**

Difetti di funzionamento del sistema di bloccaggio del rotore.

##### **5. Vibrazioni anomale**

Vibrazioni anomale dovute a difetti di serraggio delle pale al mozzo.

##### **6. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

#### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

##### **1. Controllo generale**

Con cadenza mensile si opera l'ispezione visiva del corretto funzionamento in assenza di vibrazioni e rumorosità eccessiva.

##### **2. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

#### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

##### **1. Lubrificazione**

All'occorrenza, esecuzione del rabbocco dell'olio del sistema automatico lubrificante.

#### **4.4.13. Rotore – sistema idraulico di controllo del *pitch* (cambio di passo della pala)**

Il sistema di *pitch* serve per regolare l'angolo di inclinazione delle pale del rotore ed è impostato dal sistema di controllo che interviene quando la velocità del vento diventa eccessiva; tale sistema aumentando l'angolo di *pitch*

ferma il rotore fino alla cd. “messa in bandiera” in modo che il carico aerodinamico del vento sulle pale sia ridotto al minimo).

Per ogni singola pala del rotore il sistema di *pitch* comprende un azionamento elettromeccanico, riduttore epicicloidale e pignone di trascinamento, nonché un'unità di controllo con convertitore di frequenza e alimentazione di emergenza. L'alimentazione e il trasferimento del segnale sono realizzati attraverso un collettore rotante nella navicella.

Il sistema di gestione e controllo si aziona durante tutta la vita utile dell'aerogeneratore ogni volta sia necessario, ovvero:

- quando la velocità del vento è inferiore alla nominale, l'angolo di passo selezionato dal sistema sarà quello di massima potenza elettrica relativa a quella velocità del vento; in altre parole massimizza l'energia elettrica ottenuta per ciascuna velocità del vento (secondo la curva di potenza fornita dal produttore dell'aerogeneratore);
- quando la velocità del vento è superiore alla nominale e diventa eccessiva, l'angolo di passo è quello che consente di conservare la potenza nominale della macchina.

In presenza di velocità del vento molto alte ma inferiori alla nominale, il valor medio della potenza estratta è mantenuto prossimo al valore della potenza nominale dell'aerogeneratore, ovvero si mantiene ad un valore fisso l'angolo di *pitch* per limitare l'usura del meccanismo di regolazione (in queste condizioni si riduce l'efficienza produttiva dell'aerogeneratore ma migliorando l'affidabilità complessiva del sistema).

Inoltre, il sistema controlla l'avvio del freno aerodinamico in caso di emergenza, garantendo alla turbina di entrare in modalità di sicurezza.

## **Anomalie riscontrabili**

### **1. Difetti dei leverismi**

Malfunzionamenti dovuti a difetti dei leverismi.

### **2. Difetti di taratura**

Difetti di taratura del sistema di regolazione e controllo del dispositivo frenante.

### **3. Difetti di tenuta**

Difetti di tenuta del sistema idraulico riscontrabile da un abbassamento del livello di pressione di esercizio.

### **4. Instabilità**

Eccessiva velocità delle pale che genera instabilità del sistema.

### **5. Vibrazioni**

Vibrazioni dovute a eccessiva velocità delle pale.

### **6. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

## **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

### **1. Controllo generale**

All'occorrenza si opera l'ispezione visiva delle corrette condizioni generali del sistema e che lo stesso si attivi in caso di eccessiva ventosità.

### **2. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

### **3. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

### **1. Registrazione dei dati**

Con cadenza semestrale esecuzione della registrazione e taratura del dispositivo di controllo del sistema frenante.

#### **4.4.14. La pala eolica**

Le pale sono realizzate con una matrice composta (poliestere) e rinforzata con fibre di vetro e di carbonio che conferisce la rigidità necessaria con il miglior rapporto al peso complessivo. La struttura centrale della pala dell'aerogeneratore è costituita da una traversa (longherone) su cui si fissa il rivestimento, formato da due gusci, fabbricati separatamente in materiale composito: poliestere e fibra di vetro.

Il compito del longherone centrale è quello di apportare resistenza all'insieme strutturale della pala, sopportare gli sforzi sulla pala dovuti al vento e al peso stesso e trasmetterli al mozzo.

Il rivestimento ha la sola funzione aerodinamica, quella di conferire la forma aerodinamica perfetta, il profilo aerodinamico alare uguale a quello dell'ala dell'aliante, in grado di sfruttare al meglio l'energia cinetica del vento.

Le pale hanno un controllo di *pitch* (controllo del passo) per massimizzare la produzione di energia e la riduzione delle sollecitazioni e del rumore.

Nella progettazione dell'intera installazione si sono considerati gli standard di riferimento IEC 61400-24.

Le tre pale dell'aerogeneratore sono incernierate su di un asse al quale è collegato il generatore eolico di energia elettrica (dinamo od alternatore) contenuto nella navicella, per la protezione dagli agenti atmosferici.

In termini di prestazioni, le pale del rotore durante il funzionamento devono garantire un livello di rumore entro i limiti prescritti dalla legge in materia di acustica ambientale. Tali valori devono essere oggetto di verifiche che sono eseguite sia con gli impianti funzionanti che con gli impianti fermi.

Il valore misurato del livello di pressione sonora  $L_p = L_w - 20 \text{ Log}(r) - A_h - 8 \text{ dB}$  deve essere inferiore a quello imposto dalla normativa. Per l'esecuzione delle verifiche devono essere noti i valori di  $L_w$  dichiarati dal produttore dell'aerogeneratore.

Per sfruttare al meglio l'energia cinetica del vento la pale eoliche devono essere installate su terreni privi di ostacoli verticali che possono ostacolare il flusso del vento se soprattutto inficiare il moto laminare creando turbolenze che riducono notevolmente la capacità di captazione dell'energia cinetica del vento stesso; la conformazione del terreno e la presenza o meno di ostacoli verticali rappresentano la rugosità del terreno di cui tener debito conto nel posizionamento dell'aerogeneratore da installare.

Sulle estremità delle pale deve essere realizzato un disegno a strisce di colore rosso secondo quanto disposto dalla normativa di sicurezza aeronautica.

#### **Anomalie riscontrabili**

##### **1. Anomalie delle pale**

Malfunzionamenti dovuti a deformazioni delle pale.

##### **2. Difetti di funzionamento**

Difetti di funzionamento delle pale.

##### **3. Disallineamento**

Malfunzionamenti dovuti all'imperfetto allineamento delle pale.

##### **4. Rumorosità**

Eccessivo livello di rumorosità durante il funzionamento dell'aerogeneratore.

##### **5. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

#### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

##### **1. Controllo generale**

Con cadenza semestrale si opera l'ispezione visiva del corretto funzionamento e allineamento delle pale.

##### **2. Controllo della rumorosità**

Con cadenza annuale o in caso di dubbio di eccessiva rumorosità si opera la misurazione strumentale del rumore durante il normale funzionamento dell'aerogeneratore, da parte di tecnico di azienda specializzata in acustica e protezione ambientale.

##### **3. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità

del materiale utilizzato da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

#### **1. Sostituzione delle pale**

All'occorrenza, e dopo 20 anni di funzionamento si opera la sostituzione delle pale se usurate o danneggiate dagli agenti atmosferici.

#### **2. Riallineamento delle pale**

All'occorrenza, esecuzione del riallineamento delle pale.

### **4.4.15. La torre di sostegno**

La torre della turbina eolica è realizzata in acciaio tubolare, di forma tronco conica, divisa in cinque sezioni per garantire adeguata resistenza meccanica, stabilità e sicurezza anche in presenza di eventi atmosferici violenti. Deve essere dimensionata in modo tale da sopportare i carichi previsti in fase di progetto (peso proprio, carichi accidentali, ecc.).

È dotata di porta di ingresso, all'interno vi è la scala di salita con opportune piattaforme di stazionamento e linee di sicurezza, o l'ascensore vista l'altezza della torre stessa, luci e luci di emergenza.

La superficie della torre è trattata con vernici speciali anti-corrosione, con protezione definita negli standard ISO 12944-2: C5-I/H sull'esterno e C3-H all'interno. Sostanzialmente non è oggetto di manutenzione se non per il controllo periodico interno della tenuta dei bulloni di fissaggio delle sezioni di cui è composta.

La torre è dotata di un sistema di captazione e di dispersione a terra delle scariche atmosferiche, in accordo alle norme IEC 61024.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Corrosione**

Fenomeni di corrosione dei tronchi metallici della torre di sostegno.

#### **2. Decolorazione**

Alterazione cromatica della superficie a causa di agenti atmosferici (irraggiamento) che deteriorano lo strato di vernice.

#### **3. Deformazione**

Cambiamento della forma iniziale con imbarcamento degli elementi costituenti la torre e relativa irregolarità della sovrapposizione degli stessi.

#### **4. Difetti di montaggio**

Difetti nella posa in opera dei tronchi di torre quali difetti di raccordo, di giunzione e di assemblaggio.

#### **5. Difetti di serraggio**

Difetti di serraggio dei tronchi di torre.

#### **6. Fessurazioni e microfessurazioni**

Microfessurazioni e incrinature localizzate potenzialmente indicate anche dalla rottura del film di vernice di protezione.

#### **7. Patina biologica**

Si tratta di una possibile deposizione in strati sottili e aderenti alla superficie di natura biologica, ovvero microorganismi cui possono aderire polvere e terriccio portati dal vento.

#### **8. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

#### **1. Controllo generale**

Con cadenza semestrale si opera l'ispezione visiva delle condizioni delle strutture di sostegno verificando il fissaggio ed eventuali connessioni. Verificare che non ci siano fenomeni di corrosione in atto.

#### **2. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità

del materiale utilizzato da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

### **1. Serraggio dei bulloni**

All'occorrenza e con cadenza annuale verificare la tenuta e il serraggio dei bulloni dei tronchi di torre.

### **2. Ripristino del rivestimento**

All'occorrenza, esecuzione del ripristino del rivestimento superficiale se presenta fenomeni di sfaldamento o corrosione

## **4.4.16. I sensori e il sistema generale di controllo**

Come descritto al precedente paragrafo 4.2.2. di pag. 8 gli aerogeneratori di qualunque marca e produttore, sono equipaggiati con un gran numero di sensori che, misurando e verificando continuamente i valori dei vari parametri di funzionamento, permettono il controllo e la gestione puntuale del funzionamento produttivo dell'aerogeneratore.

I sensori esterni principalmente misurano la velocità, la direzione e l'intensità del vento oltre alle condizioni atmosferiche di temperatura, umidità e pressione. I sensori interni, oltre a quelli di ogni apparecchiatura elettromeccanica misurano la temperatura interna alla navicella, i livelli di pressione del sistema idraulico, le vibrazioni di ogni singola pala e la posizione delle stesse.

Tutte queste informazioni sono registrate e analizzate in tempo reale e servono al sistema di controllo per eseguire le operazioni di verifica e gestione del funzionamento.

Le funzioni dell'aerogeneratore sono controllate quindi da un sistema di monitoraggio e controllo che analizza i dati raccolti dall'insieme della sensoristica installata in tempo reale, e fornisce le informazioni utili all'esercizio dell'impianto nell'arco delle 24 ore, con la possibilità di analizzare i dati relativi alle prestazioni dell'impianto con il massimo grado di accuratezza.

Il sistema di gestione e controllo più avanzato e normalmente impiegato per l'acquisizione dei dati, il controllo, la supervisione dell'allarmistica è il Sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) che opera dal server centrale. Il controllo da remoto delle condizioni dell'impianto e in generale l'applicazione delle procedure del Sistema di Qualità, Ambiente e Sicurezza del Proponente assicura l'immediata rilevazione di anomalie, rapidi tempi di risposta, ovvero azioni preventive e correttive, se necessarie, sempre al fine di massimizzare la produzione di energia oltre alla raccolta dei dati sottoforma di report gestionali, ecc.

### **A. Sistema di controllo**

Il sistema di controllo seleziona i valori corretti di rotazione dell'aerogeneratore, l'angolo del sistema di *pitch* ovvero l'angolo di passo delle pale e le impostazioni di potenza. Ci sono modifiche in ogni istante a seconda della velocità del vento captata dalle pale, in modo da garantire la sicurezza e l'affidabilità nelle operazioni in tutte le condizioni di vento. Il sistema di controllo seleziona i valori idonei per un set ottimale di funzionamento dell'aerogeneratore.

Con bassa velocità di vento, inferiore a quella di avvio della macchina ma prossima a questa, il sistema di controllo riporta le pale ad un angolo vicino a 45°, posizione che corrisponde ad una coppia di avvio abbastanza elevata. Quando la velocità del vento aumenta, la velocità di rotazione del rotore aumenta in modo proporzionale e l'angolo di passo si riduce fino a che giungono le condizioni adeguate perché il generatore si connetta.

Con velocità del vento medie, superiori a quella di avvio ma inferiore a quella nominale, ed è il caso di gran lunga più frequente, il sistema di controllo seleziona la velocità di rotazione e l'angolo di passo che permette la massima generazione di energia elettrica per ciascuna velocità del vento.

Con velocità del vento alte, superiori alla nominale, l'energia contenuta nel vento è sufficiente per produrre a potenza nominale e l'angolo di passo aumenta per regolare la potenza al suo valore nominale.

Se la velocità del vento è superiore alla velocità di fermata (*cut-off*), il generatore si disconnette e il sistema di controllo porta le pale alla "posizione di bandiera" (vicina a 90°), fino a quando la velocità del vento scende al di sotto della velocità di riavvio e la macchina inizia nuovamente a generare potenza.

I vantaggi principali del sistema di controllo degli aerogeneratori in generale, sono:

- La massimizzazione dell'energia elettrica prodotta;

- la limitazione dei carichi meccanici;
- la riduzione del rumore aerodinamico;
- l'elevata qualità dell'energia.

#### I. A-1) Sistema di Pitch Control

Per velocità del vento superiori alla nominale, il sistema di controllo conserva il valore nominale della potenza. Con velocità del vento inferiori alla nominale, il sistema di controllo di pitch variabile e il sistema di controllo, ottimizzano l'energia prodotta, selezionando la configurazione ottimale di rotazione e di angolo di pitch.

#### II. A-2) Controllo di Potenza

Il sistema di controllo di potenza assicura che la velocità e la torsione motrice dell'aerogeneratore trasmetta in rete energia elettrica stabile.

#### **B. Sistema di monitoraggio**

Il sistema di monitoraggio verifica continuamente lo stato dei diversi sensori e dei parametri interni misurati:

- Condizioni ambientali: velocità del vento, direzione e intensità, temperatura esterna, umidità e pressione barometrica;
- Parametri interni dei diversi componenti, quali temperatura delle diverse apparecchiature, i livelli dell'olio e la pressione dell'olio del circuito idraulico del freno, le vibrazioni di ogni singola pala, la tensione media sui cavi e altri parametri elettrici e non;
- Stato del rotore: velocità di rotazione e posizione di *pitch* (passo della pala)
- Stato della rete: generazione dell'energia attiva e reattiva, tensione, corrente e frequenza.

Gli aerogeneratori sono integrati in un sistema di controllo remoto (SCADA) grazie al quale è possibile controllare il corretto funzionamento del parco eolico ed agire immediatamente sui problemi come necessario. Il sistema permette l'integrazione degli elementi principali del parco eolico, inclusa la torre anemometrica (se installata) e la Sottostazione Utente.

Con questo strumento, in qualsiasi momento, si possono acquisire le informazioni su:

1. la produzione di energia di ciascun aerogeneratore del parco eolico;
2. gli allarmi dei vari elementi del parco eolico in tempo reale;
3. lo storico degli allarmi innescati nel parco eolico.

Con questo strumento, in qualsiasi momento, si può inoltre:

4. Inviare ordini precisi di avvio, pausa o passaggio a modalità d'emergenza agli aerogeneratori;
5. Analizzare l'evoluzione delle variabili nel tempo in modo semplice, grazie ai report storici;
6. Avere accesso in tempo reale ai dati specifici di manutenzione;
7. Esportare i dati per creare elaborati di studio propri con l'ausilio di applicativi come Microsoft Office.

## **5. LA MANUTENZIONE DELLE OPERE CIVILI, DELLA VIABILITÀ ED ELETTRICHE**

Le operazioni di manutenzione sono redatte seguendo le indicazioni della UNI 10336 "Criteri di progettazione della manutenzione" che individua tre momenti fondamentali che ne permettono la scrittura ai fini preventivi:

- 1) L'individuazione delle criticità degli ambiti impiantistici, ecc.;
- 2) l'analisi dei guasti e gli effetti conseguenti loro effetti e criticità;
- 3) la formulazione del piano di interventi manutentivi.

Le attività di manutenzione dei siti devono garantire la percorribilità della viabilità di progetto, ovvero delle strade di accesso agli aerogeneratori in modo sicuro durante tutti i periodi dell'anno.

Le operazioni di manutenzione ordinaria riguardano principalmente i cavidotti interrati, le strade di accesso, la cura e l'eventuale ripristino dei drenaggi in caso di eventi estremi, i lavori di piccola manutenzione del verde, lo sgombero della neve. La manutenzione straordinaria può riguardare pronti interventi in caso di dissesti o frane che possono interessare accidentalmente la viabilità e dovute ad eventi estremi al di fuori dell'ambito del parco eolico.

### **5.1. CAVIDOTTI INTERRATI**

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori deve essere trasportata alla rete principale attraverso una serie di



cavidotti all'interno dei quali vengono stesi cavi elettrici di vario tipo (es. ARG7H1 RX) a seconda della potenza.

## **Anomalie riscontrabili**

### **1. Corrosione armature**

Corrosione delle armature dei cavidotti con possibili segni di decadimento delle stesse evidenziato con cambio di colore e presenza di ruggine in prossimità delle corrosioni.

### **2. Erosione**

Erosione del suolo all'esterno del cavidotto che è solitamente causata dall'infiltrazione di acqua.

### **3. Penetrazione di radici**

Penetrazione all'interno dei condotti di radici vegetali che possono provocare intasamenti.

### **4. Difetti di stabilità**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli per gli utenti.

## **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico degli impianti eolici:

### **1. Controllo della tenuta per corrosione, erosione o penetrazione di radici**

Con cadenza semestrale si opera il controllo a vista dell'integrità dei cavidotti ponendo particolare attenzione ai raccordi tra le varie tratte di cavidotto.

### **2. Controllo della stabilità**

Con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un elettricista

### **1. Ripristino**

Sostituzione delle tratte danneggiate per il ripristino della funzionalità, se e quando necessario, da parte di un elettricista.

## **5.2. FONDAZIONI**

In generale le opere di fondazioni superficiali sono l'insieme degli elementi tecnici orizzontali del sistema edilizio avente la funzione di separare gli spazi interni del sistema edilizio dal terreno sottostante e trasmetterne ad esso il peso della struttura e delle altre forze esterne.

In particolare si definiscono fondazioni superficiali o fondazioni dirette quella classe di fondazioni realizzate a profondità ridotte rispetto al piano campagna ossia l'approfondimento del piano di posa non è elevato.

Prima di realizzare opere di fondazioni superficiali provvedere ad un accurato studio geologico esteso ad una zona significativamente estesa dei luoghi d'intervento, in relazione al tipo di opera e al contesto geologico in cui questa si andrà a collocare.

Nel progetto di fondazioni superficiali si deve tenere conto della presenza di sottoservizi e dell'influenza di questi sul comportamento del manufatto. Nel caso di reti idriche e fognarie occorre particolare attenzione ai possibili inconvenienti derivanti da immissioni o perdite di liquidi nel sottosuolo.

È opportuno che il piano di posa in una fondazione sia tutto allo stesso livello. Ove ciò non sia possibile, le fondazioni adiacenti, appartenenti o non ad un unico manufatto, saranno verificate tenendo conto della reciproca influenza e della configurazione dei piani di posa.

La fondazione a platea dell'aerogeneratore è una piattaforma in cemento armato, dimensionata usando calcoli standard sui carichi certificati e considerando le caratteristiche geotecniche del terreno. La progettazione, disegno e caratteristiche sono fornite dal produttore dell'aerogeneratore in base ai dati di vento del sito e soprattutto alle caratteristiche del suolo, ovvero alla geologia del terreno dove deve essere installato l'aerogeneratore.

La fondazione deve assicurare stabilità e resistenza sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali.

### **5.2.1. Cordoli in calcestruzzo armato**

Sono fondazioni realizzate generalmente per edifici in muratura e/o per consolidare fondazioni esistenti che devono assolvere alla finalità di distribuire adeguatamente i carichi verticali su una superficie di terreno più ampia

rispetto alla base del muro, conferendo un adeguato livello di sicurezza. Infatti aumentando la superficie di appoggio, le tensioni di compressione che agiscono sul terreno tendono a ridursi in modo tale da essere inferiori ai valori limite di portanza del terreno

## **Anomalie riscontrabili**

### **1. Cedimenti**

Dissesti dovuti a cedimenti di natura e causa diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione.

### **2. Deformazioni e spostamenti**

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento

### **3. Distacchi murari**

Distacchi dei paramenti murari mediante anche manifestazione di lesioni passanti

### **4. Distacco**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

### **5. Esposizione dei ferri di armatura**

Distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici.

### **6. Fessurazioni**

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.

### **7. Lesioni**

Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

### **8. Non perpendicolarità del fabbricato**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

### **9. Penetrazione di umidità**

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua

### **10. Umidità**

Presenza di umidità per risalita dell'acqua per capillarità.

### **11. Impiego di materiali non durevoli**

Impiego di materiali non durevoli durante le manutenzioni.

## **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico esperto di impianti eolici:

### **1. Controllo generale della struttura**

Con cadenza annuale si opera l'ispezione visiva per il controllo dell'integrità delle opere verificando l'assenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni, il controllo di eventuali smottamenti del terreno circostante alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali, effettuazione verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).

### **2. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza si opera la verifica che durante le manutenzioni siano utilizzati idonei materiali a lunga durata.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico esperto di impianti eolici.

### **1. Interventi sulle strutture**

All'occorrenza, in seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali tali da compromettere la stabilità delle strutture, in particolare verificare la perpendicolarità del fabbricato. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a seconda del tipo di dissesto riscontrato.

## **5.2.2. Platee in calcestruzzo armato**

Sono le fondazioni realizzate, in genere e a seconda della tipologia del terreno, con un'unica soletta di base, di idoneo spessore, irrigidita da nervature nelle due direzioni principali così da avere una ripartizione dei carichi sul terreno uniforme, in quanto tutto insieme risulta notevolmente rigido. La fondazione a platea può essere realizzata anche con una unica soletta di grande spessore, opportunamente armata.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Cedimenti**

Dissesti dovuti a cedimenti di natura e causa diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione.

#### **2. Deformazioni e spostamenti**

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento

#### **3. Distacchi murari**

Distacchi dei paramenti murari mediante anche manifestazione di lesioni passanti

#### **4. Distacco**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

#### **5. Esposizione dei ferri di armatura**

Distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici.

#### **6. Fessurazioni**

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.

#### **7. Lesioni**

Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

#### **8. Non perpendicolarità del fabbricato**

Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

#### **9. Penetrazione di umidità**

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua

#### **10. Umidità**

Presenza di umidità per risalita dell'acqua per capillarità.

#### **11. Impiego di materiali non durevoli**

Impiego di materiali non durevoli durante le manutenzioni.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico esperto di impianti eolici:

#### **2. Controllo generale della struttura**

Con cadenza annuale si opera l'ispezione visiva per il controllo dell'integrità delle opere verificando l'assenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni, il controllo di eventuali smottamenti del terreno circostante alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali, effettuazione verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).

#### **3. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza si opera la verifica che durante le manutenzioni siano utilizzati idonei materiali a lunga durata.

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico esperto di impianti eolici.

#### **2. Interventi sulle strutture**

All'occorrenza, in seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali tali da compromettere la stabilità delle strutture, in particolare verificare la perpendicolarità del fabbricato. Procedere quindi al

consolidamento delle stesse a seconda del tipo di dissesto riscontrato.

### **5.3. STRADE DI PROGETTO**

Le strade rappresentano parte delle infrastrutture della viabilità che permettono il movimento o la sosta veicolare e il movimento pedonale. La classificazione e la distinzione delle strade viene fatta in base alla loro natura ed alle loro caratteristiche:

- autostrade;
- strade extraurbane principali;
- strade extraurbane secondarie;
- strade urbane di scorrimento;
- strade urbane di quartiere;
- strade locali, rurali e di penetrazione agraria.

Da un punto di vista delle caratteristiche degli elementi della sezione stradale si possono individuare: la carreggiata, la banchina, il marginale centrale, i cigli, le cunette, le scarpate e le aree di sosta. Le strade di progetto in particolare e tutti gli elementi che ne fanno parte devono essere mantenuti periodicamente non solo per assicurare la normale circolazione di veicoli e pedoni ma soprattutto nel rispetto delle norme sulla sicurezza e la prevenzione di infortuni a mezzi e persone.

Le strade di progetto e gli altri elementi della viabilità devono essere dimensionati e gestiti in modo da essere raggiungibili e praticabili, garantendo la sicurezza e l'accessibilità durante la circolazione da parte dell'utenza.

La selezione dei materiali da costruzione deve essere effettuata tenendo conto delle principali categorie di impatti ambientali, quali eutrofizzazione, cambiamenti climatici, acidificazione, riduzione dello strato di ozono extra-atmosferico, smog fotochimico, inquinamento del suolo e delle falde acquifere. Il Progetto di Parco Eolico Nuraxeddu prevede il riutilizzo in loco delle stesse rocce da scavo provenienti appunto dagli scavi per la realizzazione delle strade di progetto e delle aree di servizio, secondo le litologie dello specifico sito di ciascun aerogeneratore.

#### **5.3.1. Confine stradale**

Il confine stradale è il limite della proprietà stradale quale risulta dagli atti di acquisizione o dalle fasce di esproprio del progetto approvato. In alternativa il confine è costituito dal ciglio esterno del fosso di guardia o della cunetta, se presenti, oppure dal piede della scarpata se la strada è in rilevato o dal ciglio superiore della scarpata se la strada è in trincea.

##### **1. Mancanza**

Mancanza di elementi o danneggiamenti della recinzione lungo strada, se presente.

##### **2. Impiego di materiali non a lunga durata**

Impiego di materiali non a lunga durata per manutenzione e ripristini.

#### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico civile:

##### **1. Controllo generale**

Con cadenza trimestrale si opera il controllo a vista dell'integrità degli elementi della recinzione, se presente lungo strada.

##### **2. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza, con cadenza bimensile si opera il controllo che nelle fasi manutentive degli elementi della recinzione lungo strada, se presente, siano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata ovvero la verifica dell'idoneità del materiale utilizzato.

#### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile

##### **1. Ripristino**

All'occorrenza, si opera il ripristino degli elementi della recinzione lungo strada, se presente.

#### **5.3.2. Canalette**

Opere di raccolta per lo smaltimento delle acque meteoriche. Possono essere in conglomerato cementizio e/o in

materiale lapideo, talvolta complete di griglie di protezione. Trovano utilizzo ai bordi delle strade, lungo i sentieri, in prossimità dei piazzali di parcheggio, a servizio dei garage, in prossimità aree industriali con normale traffico, ecc...

Vanno poste in opera tenendo conto della massima pendenza delle scarpate stradali o delle pendici del terreno. Inoltre va curata la costipazione del terreno di appoggio e il bloccaggio mediante tondini di acciaio fissi nel terreno. È importante effettuare la pulizia delle canalette periodicamente ed in particolar modo in prossimità di eventi meteo stagionali. Inoltre i proprietari e gli utenti di canali artificiali in prossimità del confine stradale hanno l'obbligo di porre in essere tutte le misure di carattere tecnico idonee ad impedire l'afflusso delle acque sulla sede stradale e ogni conseguente danno al corpo stradale e alle fasce di pertinenza.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Difetti di pendenza**

Consiste in un errata pendenza longitudinale o trasversale per difetti di esecuzione o per cause esterne.

#### **2. Mancanza di deflusso delle acque meteoriche**

La mancanza di deflusso o la difficoltà di deflusso delle acque meteoriche può essere causata da insufficiente pendenza del corpo canalette o dal deposito di detriti lungo il letto della canaletta.

#### **3. Presenza di vegetazione**

Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di piante, licheni, muschi lungo le superfici stradali.

#### **4. Rottura**

Rottura di parti degli elementi che costituiscono le opere.

#### **5. Impiego di materiali non a lunga durata**

Impiego di materiali non a lunga durata per manutenzione e ripristini.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico civile:

#### **1. Controllo delle canalizzazioni**

Con cadenza trimestrale si opera il controllo a vista dello stato di usura e di pulizia delle canalizzazioni, dei collettori e degli altri elementi ispezionabili.

#### **2. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza, con cadenza bimensile si opera il controllo che nelle fasi manutentive degli elementi della recinzione lungo strada, se presente, siano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata ovvero la verifica dell'idoneità del materiale utilizzato.

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile

#### **1. Ripristino delle canalizzazioni**

All'occorrenza a seguito di eventi meteo eccezionali (es. piogge battenti a carattere torrentizio) e comunque con cadenza semestrale si opera il ripristino delle canalizzazioni, con integrazione di parti mancanti relative alle canalette e ad altri elementi. Pulizia e rimozione di depositi, detriti e fogliame. Sistemazione degli elementi accessori di evacuazione e scarico delle acque meteoriche.

#### **5.3.3. Argine o ciglio stradale**

I cigli rappresentano delle fasce di raccordo destinati ad accogliere eventuali dispositivi di ritenuta o elementi di arredo.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Mancanza**

Mancanza di parti del ciglio.

#### **2. Riduzione dell'altezza**

Riduzione dell'altezza rispetto al piano della banchina per usura degli strati.

#### **3. Impiego di materiali non a lunga durata**

Impiego di materiali non a lunga durata per manutenzione e ripristini.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico civile:

### **2. Controllo generale**

Con cadenza trimestrale si opera il controllo a vista del corretto deflusso delle acque e delle pendenze oltre al controllo dell'assenza di rami, fogliame, detriti e vegetazione in generale che possono ostacolare il deflusso delle acque.

### **3. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza, si opera il controllo che nelle fasi manutentive degli elementi della recinzione lungo strada, se presente, siano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata ovvero la verifica dell'idoneità del materiale utilizzato.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile.

### **2. Sistemazione dei cigli**

All'occorrenza a seguito di eventi meteo eccezionali (es. piogge battenti a carattere torrentizio) e comunque con cadenza semestrale si opera la sistemazione e il raccordo delle banchine con le cunette con la ricostruzione del ciglio o dell'argine. Pulizia e rimozione di depositi, detriti e fogliame, ecc.

### **5.3.4. Cunetta**

La cunetta è un manufatto destinato allo smaltimento delle acque meteoriche o di drenaggio, realizzato longitudinalmente od anche trasversalmente all'andamento della strada.

## **Anomalie riscontrabili**

### **1. Difetti di pendenza**

Consiste in un errata pendenza longitudinale o trasversale per difetti di esecuzione o per cause esterne.

### **2. Mancanza di deflusso delle acque meteoriche**

La mancanza di deflusso o la difficoltà di deflusso delle acque meteoriche può essere causata da insufficiente pendenza del corpo cunette o dal deposito di detriti lungo.

### **3. Presenza di vegetazione**

Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di piante, licheni e muschi.

### **4. Rottura**

Rottura di parti degli elementi che costituiscono le opere.

### **5. Impiego di materiali non a lunga durata**

Impiego di materiali non a lunga durata per manutenzione e ripristini.

## **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico civile:

### **1. Controllo generale**

Con cadenza trimestrale si opera il controllo a vista dell'assenza di depositi di terriccio o fogliame o vegetazione che possa impedire il normale deflusso delle acque meteoriche superficiali.

### **2. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza, con cadenza bimensile si opera il controllo che nelle fasi manutentive siano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata ovvero la verifica dell'idoneità del materiale utilizzato.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile

### **1. Ripristino**

All'occorrenza a seguito di eventi meteo eccezionali (es. piogge battenti a carattere torrentizio) e comunque con cadenza semestrale si opera il ripristino delle cunette, se danneggiate, con integrazione di parti mancanti relative alle canalette e ad altri elementi. Pulizia e rimozione di depositi, detriti e fogliame. Sistemazione degli elementi accessori di evacuazione e scarico delle acque meteoriche.

### **5.3.5. Scarpate**

La scarpata rappresenta la parte inclinata al margine esterno alla strada. E' generalmente costituita da terreno ricoperto da manto erboso e/o da ghiaia e pietrisco. Per la realizzazione del Parco Eolico Nuraxeddu si impiega in loco lo stesso terreno vegetale proveniente dallo scotico superficiale per la realizzazione delle strade di progetto e delle arre di servizio.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Deposito**

Deposito di detriti e/o altri materiali estranei.

#### **2. Smottamenti e Frane**

Movimenti di smottamento o franosi dei pendii in prossimità delle scarpate.

#### **3. Basso grado di riciclabilità**

Impiego di materiali a basso grado di riciclabilità per manutenzione e ripristini.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico civile:

#### **1. Controllo delle scarpate**

Con cadenza settimanale si opera il controllo a vista della tenuta e dell'assenza di erosione.

#### **2. Controllo del grado di riciclabilità**

All'occorrenza, si opera il controllo che nelle fasi manutentive siano utilizzati materiali e componenti con un elevato grado di riciclabilità.

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile

#### **1. Sistemazione delle scarpate**

All'occorrenza, e comunque con cadenza semestrale si opera la sistemazione e il taglio della vegetazione in eccesso con l'eventuale sistemazione delle aree erose e il ripristino delle pendenze della scarpata.

### **5.3.6. Dispositivo di ritenuta**

È l'elemento, laddove presente, avente la funzione di evitare la fuoriuscita dei veicoli dalla sede stradale e/o a ridurne i danni conseguenti. Può essere installato tra le corsie e al margine esterno della sede stradale.

In fase di progettazione particolare attenzione va posta al loro dimensionamento, in modo da non essere facilmente valicabili dai veicoli leggeri o pesanti e adottando, se necessario per i diversi margini, misure maggiori di quelle richieste dalla norma. In particolare su opere di scavalco (ponti, viadotti, sovrappassi, ecc.) devono essere predisposti ai limiti esterni dispositivi di ritenuta e/o parapetti opportunamente dimensionati e comunque di altezza superiore ad 1 metro e rispondenti alle normative del Codice della Strada e norme vigenti in materia.

Controllare e verificare che sia assicurata la necessaria azione di contenimento sui sostegni delle barriere.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Altezza inadeguata**

Consiste in una altezza inferiore rispetto ai riferimenti normativi.

#### **2. Mancanza**

La mancanza di parti per caduta o perdita o altro degli elementi di ritenuta.

#### **3. Rottura**

Rottura di parti degli elementi del dispositivo di ritenuta per eventi accidentali o altro.

#### **5. Impiego di materiali non a lunga durata**

Impiego di materiali non a lunga durata per manutenzione e ripristini della funzionalità.

#### **6. Difficoltà nelle operazioni di disassemblaggio**

Difficoltà nelle operazioni di disassemblaggio dei vari componenti ed elementi interessati

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un elettricista tecnico civile:

#### **1. Controllo della funzionalità e dell'efficienza**

Con cadenza mensile si opera il controllo a vista della integrità e dei limiti di altezza di invalicabilità.

## **2. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza, si opera il controllo che nelle fasi manutentive siano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata ovvero la verifica dell'idoneità del materiale utilizzato.

## **2. Controllo delle tecniche di disassemblaggio**

All'occorrenza, si opera il controllo e la verifica che gli elementi ed i componenti costituenti siano caratterizzati da tecniche di agevole disassemblaggio.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile

### **1. Ripristino**

All'occorrenza a seguito di eventi accidentali, si opera il ripristino delle parti costituenti il dispositivo di ritenuta e l'adeguamento dell'altezza del limite di invalicabilità.

## **5.4. OPERE DI SOSTEGNO E CONTENIMENTO**

Sono opere di sostegno e contenimento l'insieme degli elementi strutturali murari aventi la funzione di sostenere i carichi derivanti da smottamenti o movimenti franosi del terreno. Tali strutture sono generalmente classificate in base al materiale con il quale vengono realizzate, al principio statico di funzionamento o alla loro geometria.

In particolare il coefficiente di spinta attiva assume valori che dipendono dalla geometria del paramento del muro e dei terreni retrostanti, nonché dalle caratteristiche meccaniche dei terreni e del contatto terra-muro.

Le opere di sostegno e contenimento in fase d'opera dovranno garantire la stabilità in relazione al principio statico di funzionamento.

Per la distribuzione delle pressioni interstiziali occorre fare riferimento alle differenti condizioni che possono verificarsi nel tempo in dipendenza, ad esempio, dell'intensità e durata delle precipitazioni, della capacità drenante del terreno, delle caratteristiche e della efficienza del sistema di drenaggio.

Le azioni sull'opera devono essere valutate con riferimento all'intero paramento di monte, compreso il basamento di fondazione. Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno interagente con le opere (GEO) e al raggiungimento della resistenza degli elementi che compongono le opere stesse (STR).

Nelle scelte progettuali di materiali, elementi e componenti si dovrà tener conto del loro grado di riciclabilità in funzione dell'ubicazione del cantiere, del loro ciclo di vita, degli elementi di recupero, ecc. e della scelta di materiali (terreno vegetale) e componenti di lunga durata.

### **5.4.1. Tecnica delle terre armate**

Le terre rinforzate sono strutture di ingegneria naturalistica create per il consolidamento di scarpate anche di elevata inclinazione.

La terra rinforzata o terra armata è la soluzione alternativa ai muri in calcestruzzo per il sostegno di opere stradali di contesto urbano e civile. Si utilizza questa tecnologia in sostituzione ai muri di calcestruzzo per rilevati stradali, barriere antirumore, valli paramassi, muri di sottoscarpa, opere di mascheramento e per la realizzazione di terrapieni.

La realizzazione di opere di contenimento con la tecnica delle terre armate rappresenta la miglior soluzione con il minore impatto ambientale; è una tecnologia di semplice applicazione che necessita di minori lavorazioni rispetto ai classici muri.

Le terre rinforzate sono molto elastiche in caso di sollecitazioni naturali del terreno, sono adatte in caso di zone potenzialmente soggette a smottamenti o fenomeni franosi, e offrono la possibilità di ripristino ambientale e un rapido rinverdimento con idrosemina a spruzzo, una miscela di acqua, concime minerale, stallatico, torbe, paglia trinciata, fibre di legno, collanti naturali e sementi.

Per la realizzazione si crea il profilo del pendio attraverso l'utilizzo di una cassaforma a perdere dove, all'interno, si utilizzano geogriglie di rinforzo per armare il terreno e una rete a maglia stretta in fibra di vetro per contenere il terreno vegetale che costituisce il materiale di riempimento, compattando poi il terreno per strati, con rulli vibranti;

Il Progetto di Parco Eolico Nuraxeddu può prevedere l'utilizzo della tecnica delle terre armate per le scarpate



lateralmente delle tratte di strada in rilevato. Si sottolinea comunque il riutilizzo in loco terreno vegetale proveniente dallo scotico del primo strato di terreno vegetale a seguito degli scavi per la realizzazione delle fondazioni, delle aree di servizio e delle strade di progetto.

## **Anomalie riscontrabili**

### **1. Deformazioni e spostamenti**

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

### **2. Fenomeni di schiacciamento**

Fenomeni di schiacciamento della struttura di sostegno in seguito ad eventi straordinari (frane, smottamenti, ecc.) e/o in conseguenza di errori di progettazione strutturale.

### **3. Mancanza**

Mancanza di elementi integrati nelle strutture di contenimento (terreno vegetale, parti di rivestimenti, ecc.).

### **4. Principi di scorrimento**

Fenomeni di scorrimento della struttura di sostegno (scorrimento terra-muro; scorrimento tra sezioni contigue orizzontali interne) in seguito ad eventi straordinari (frane, smottamenti, ecc.) e/o in conseguenza di errori di progettazione strutturale

### **5. Basso grado di riciclabilità**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

### **6. Impiego di materiali non a lunga durata**

Impiego di materiali non durevoli durante le manutenzioni.

## **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico esperto di impianti eolici:

### **1. Controllo generale della struttura**

Con cadenza annuale si opera l'ispezione visiva per il controllo dell'integrità delle opere verificando l'assenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni, il controllo di eventuali smottamenti del terreno circostante alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali, effettuazione verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).

### **2. Controllo del grado di riciclabilità**

All'occorrenza si opera la verifica che durante le manutenzioni siano utilizzati idonei materiali con un elevato grado di riciclabilità.

### **3. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza si opera la verifica che durante le manutenzioni siano utilizzati idonei materiali a lunga durata.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico esperto di impianti eolici.

### **3. Interventi sulle strutture**

All'occorrenza, in seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali tali da compromettere la stabilità delle strutture, in particolare verificare la perpendicolarità del fabbricato. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a seconda del tipo di dissesto riscontrato.

## **5.5. COPERTURE**

Le coperture sono costituite dall'insieme degli elementi tecnici orizzontali o suborizzontali del sistema edilizio aventi funzione di separare gli spazi interni del sistema edilizio stesso dallo spazio esterno sovrastante. Esse si distinguono in base alla loro geometria e al tipo di struttura.

La copertura deve garantire una resistenza meccanica rispetto alle condizioni di carico (carichi concentrati e distribuiti) di progetto in modo da garantire la stabilità e la stabilità degli strati costituenti. Inoltre vanno considerate le caratteristiche dello strato di supporto che dovranno essere adeguate alle sollecitazioni e alla resistenza degli elementi di tenuta.

Tutte le coperture devono avere doti di resistenza meccanica ovvero devono essere idonee a contrastare efficacemente il prodursi di rotture o deformazioni gravi sotto l'azione di sollecitazioni meccaniche in modo da

assicurare la durata e la funzionalità nel tempo senza pregiudicare la sicurezza degli utenti. A tal fine si considerano le seguenti azioni: carichi dovuti al peso proprio e di esercizio, carichi presenti per operazioni di manutenzione quali passaggio di addetti, sollecitazioni sismiche, carichi dovuti a dilatazioni termiche, assestamenti e deformazioni di strutture portanti. Comunque, in relazione alla funzione strutturale, le caratteristiche delle coperture devono corrispondere a quelle prescritte dalle leggi e normative vigenti.

La scelta dei materiali elementi e componenti da costruzione deve indirizzarsi verso quelli a ridotto carico ambientale, ovvero tenendo conto delle principali categorie di impatti ambientali: eutrofizzazione, cambiamenti climatici, acidificazione, riduzione dello strato di ozono extraatmosferico, smog fotochimico, inquinamento del suolo e delle falde acquifere. Tali impatti dipendono dalle caratteristiche dei processi produttivi e dalla distanza della fonte di approvvigionamento rispetto al cantiere di costruzione del manufatto edilizio; è quindi opportuno privilegiare materiali provenienti da siti di produzione limitrofi al luogo di costruzione, prendendo in considerazione anche la tipologia dei mezzi che sono utilizzati in relazione ai processi di trasporto.

Inoltre, gli impatti ambientali possono dipendere dalle risorse da cui derivano. Sono da privilegiare quelli derivanti da risorse rinnovabili, pur considerando che la scelta di un materiale dipende anche da altri requisiti che possono giustificare soluzioni tecnologiche differenti.

Se possibile, nella scelta dei componenti, elementi e materiali, valutare con attenzione quelli che potenzialmente possono essere avviati al riciclo. All'interno del piano di manutenzione redatto per l'opera interessata, dovranno essere inserite indicazioni che favoriscano la diminuzione di impatti sull'ambiente sia durante l'uso che durante le manutenzioni, garantendo l'utilizzo di materiali esenti da sostanze tossiche e di elevata durabilità.

Per il benessere acustico degli spazi interni in relazione alla localizzazione degli stessi rispetto a fonti di rumore, i materiali, elementi e componenti da costruzione devono sempre garantire il rispetto dei limiti di livello di rumore ambientale stabiliti dalla normativa vigente (Legge Quadro sull'inquinamento acustico, Legge 26 ottobre 1995 n. 447) in funzione del periodo diurno e notturno e della classe di destinazione d'uso del territorio (DPCM Sorgenti sonore 14.11.97).

Anche per la fase di smantellamento si deve operare una demolizione selettiva attraverso la gestione razionale dei rifiuti, quindi sin dalla progettazione si devono selezionare componenti che facilitano le fasi di disassemblaggio e demolizione selettiva, agevolando la separabilità dei componenti e dei materiali e ottimizzando i processi di riciclaggio e di riciclo dei materiali.

### **5.5.1. Strutture in latero-cemento**

La struttura di copertura ha la funzione dominante di reggere o portare il manto e di resistere ai carichi esterni. Le strutture in latero cemento consistono nella messa in opera di travetti di vario tipo, prefabbricati ed autoportanti, che costituiscono parte delle nervature del solaio di copertura. Possono essere impiegati travetti precompressi, travetti a traliccio con fondello in laterizio, intervallati da tavelle o da pignatte. Viene poi eseguito successivamente un getto di conglomerato cementizio per il collegamento degli elementi e un sottile strato superiore di malta per il livellamento del piano di posa.

#### **Anomalie riscontrabili**

##### **1. Deformazioni e spostamenti**

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

##### **2. Disgregazione**

Fenomeni di schiacciamento della struttura di sostegno in seguito ad eventi straordinari (frane, smottamenti, ecc.) e/o in conseguenza di errori di progettazione strutturale.

##### **3. Distacco**

Mancanza di elementi integrati nelle strutture di contenimento (terreno vegetale, parti di rivestimenti, ecc.).

##### **4. Esposizione dei ferri di armatura**

Fenomeni di scorrimento della struttura di sostegno (scorrimento terra-muro; scorrimento tra sezioni contigue orizzontali interne) in seguito ad eventi straordinari (frane, smottamenti, ecc.) e/o in conseguenza di errori di progettazione strutturale

##### **5. Fessurazioni**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

##### **6. Lesioni**

Si manifestano con l'interruzione delle superfici dell'elemento strutturale. Le caratteristiche e l'andamento ne

caratterizzano l'importanza e il tipo.

#### **7. Mancanza**

Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

#### **8. Penetrazione di umidità**

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

#### **9. Impiego di materiali non a lunga durata**

Impiego di materiali non a lunga durata durante le manutenzioni.

#### **10. Basso grado di riciclabilità**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico esperto di impianti eolici:

#### **1. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza si opera la verifica che durante le manutenzioni siano utilizzati idonei materiali con un elevato grado di durabilità.

#### **2. Controllo del grado di riciclabilità**

All'occorrenza si opera la verifica che durante le manutenzioni siano utilizzati idonei materiali con un elevato grado di riciclabilità.

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico esperto di impianti eolici.

#### **1. Consolidamento del solaio di copertura trollo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza si opera il consolidamento del solaio di copertura in seguito ad eventi straordinari (dissesti, cedimenti) o a cambiamenti architettonici di destinazione o dei sovraccarichi.

## **5.6. STRUTTURE IN ELEVAZIONE IN CALCESTRUZZO ARMATO**

Si definiscono strutture in elevazione gli insiemi degli elementi tecnici del sistema edilizio aventi la funzione di resistere alle azioni di varia natura agenti sulla parte di costruzione fuori terra, trasmettendole alle strutture di fondazione e quindi al terreno. Le strutture verticali hanno la funzione di sostenere i carichi agenti, trasmettendoli verticalmente ad altre parti aventi funzione strutturale e ad esse collegate. Le strutture in c.a. permettono di realizzare una connessione rigida fra elementi, in funzione della continuità della sezione ottenuta con un getto monolitico.

Le strutture di elevazione dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi statici, dinamici ed accidentali, forze sismiche, ecc.), assicurando stabilità e resistenza.

### **5.6.1. Pareti**

Le pareti sono elementi architettonici verticali, formati da volumi piani con spessore ridotto rispetto alla lunghezza e alla larghezza, possono avere uno sviluppo rettilineo e/o con geometrie diverse. In generale le pareti delimitano i confini verticali di ambienti chiusi o aperti. Inoltre le pareti di un edificio si possono classificare in:

- pareti portanti, che sostengono e scaricano a terra il peso delle costruzioni (in genere quelle perimetrali, che delimitano e separano gli ambienti interni da quelli esterni);
- pareti non portanti (che sostengono soltanto il peso proprio).

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Alveolizzazione**

Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forme e dimensioni variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme. Nel caso particolare in cui il fenomeno si sviluppa essenzialmente in profondità con andamento a diverticoli si può usare il termine alveolizzazione a caratura

#### **2. Cavillature superficiali**

Per cavillature superficiali si intende la formazione di una sottile trama di fessure sulla superficie del calcestruzzo.

#### **3. Corrosione**

Decadimento delle armature metalliche all'interno del calcestruzzo a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

#### **4. Deformazioni e spostamenti**

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

#### **5. Disgregazione**

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

#### **6. Distacco**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

#### **7. Efflorescenze**

Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di cripto efflorescenza o sub efflorescenza.

#### **8. Erosione superficiale**

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

#### **9. Esfoliazione**

Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro, generalmente causata dagli effetti del gelo.

#### **10. Esposizione dei ferri di armatura**

Distacchi ed espulsione di parte del calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura dovuta a fenomeni di corrosione delle armature metalliche per l'azione degli agenti atmosferici.

#### **11. Fessurazioni**

Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto dovute a fenomeni di ritiro del calcestruzzo e/o altri eventi.

#### **12. Lesioni**

Si manifestano con l'interruzione delle superfici dell'elemento strutturale. Le caratteristiche, l'andamento, l'ampiezza ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

#### **13. Mancanza**

Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

#### **14. Penetrazione di umidità**

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

#### **15. Polverizzazione**

Decoesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.

#### **16. Rigonfiamento**

Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

#### **17. Scheggiature**

Distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli degli elementi in calcestruzzo

#### **18. Spalling**

Avviene attraverso lo schiacciamento e l'esplosione interna con il conseguente sfaldamento di inerti dovuto ad alte temperature nei calcestruzzi.

#### **19. Impiego di materiali non a lunga durata**

Impiego di materiali non durevoli durante le manutenzioni.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico civile:

#### **1. Controllo della presenza di fessurazioni**

Con cadenza annuale si opera un controllo visivo specifico e puntuale della presenza di eventuali fessurazioni per approfondire ed analizzare eventuali dissesti strutturali anche con l'ausilio di indagini strumentali.

## **2. Controllo di deformazioni e/o spostamenti**

Con cadenza mensile si opera un controllo visivo specifico per rilevare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.

## **3. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza e durante le manutenzioni, si opera la verifica e controllo a vista dell'uso di componenti idonei ovvero di materiali a lunga durata.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile.

### **1. Interventi sulle strutture**

Gli interventi di riparazione dovranno effettuarsi a seconda del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

### **5.6.2. Travi**

Le travi sono elementi strutturali, che si pongono in opera in posizione orizzontale o inclinata per sostenere il peso delle strutture sovrastanti e trasferire le sollecitazioni di tipo trasversale al proprio asse geometrico; lungo tale asse le sollecitazioni si scaricano dalle sezioni investite dal carico fino ai vincoli, garantendo l'equilibrio esterno delle travi in modo da assicurare il contesto circostante.

Le travi in cemento armato utilizzano le caratteristiche meccaniche del materiale in modo ottimale resistendo alle azioni di compressione con il conglomerato cementizio ed in minima parte con l'armatura compressa e alle azioni di trazione con l'acciaio teso.

Le travi si possono classificare in funzione delle altezze rapportate alle luci, differenziandole in alte, normali, in spessore ed estradossate, a secondo del rapporto altezza/lunghezza e della larghezza.

## **Anomalie riscontrabili**

### **1. Alveolizzazione**

Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forme e dimensioni variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme. Nel caso particolare in cui il fenomeno si sviluppa essenzialmente in profondità con andamento a diverticoli si può usare il termine alveolizzazione a cariatura

### **2. Cavillature superficiali**

Per cavillature superficiali si intende la formazione di una sottile trama di fessure sulla superficie del calcestruzzo

### **3. Corrosione**

Decadimento delle armature metalliche all'interno del calcestruzzo a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

### **4. Deformazioni e spostamenti**

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

### **5. Disgregazione**

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

### **6. Distacco**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

### **7. Efflorescenze**

Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di cripto efflorescenza o sub efflorescenza.

### **8. Erosione superficiale**

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrosione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

## **9. Esfoliazione**

Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro, generalmente causata dagli effetti del gelo.

## **10. Esposizione dei ferri di armatura**

Distacchi ed espulsione di parte del calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura dovuta a fenomeni di corrosione delle armature metalliche per l'azione degli agenti atmosferici.

## **11. Fessurazioni**

Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto dovute a fenomeni di ritiro del calcestruzzo e/o altri eventi.

## **12. Lesioni**

Si manifestano con l'interruzione delle superfici dell'elemento strutturale. Le caratteristiche, l'andamento, l'ampiezza ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

## **13. Mancanza**

Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

## **14. Penetrazione di umidità**

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

## **15. Polverizzazione**

De coesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.

## **16. Rigonfiamento**

Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

## **17. Scheggiature**

Distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli degli elementi in calcestruzzo

## **18. Spalling**

Avviene attraverso lo schiacciamento e l'esplosione interna con il conseguente sfaldamento di inerti dovuto ad alte temperature nei calcestruzzi.

## **19. Impiego di materiali non a lunga durata**

Impiego di materiali non durevoli durante le manutenzioni.

## **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico civile:

### **1. Controllo della presenza di fessurazioni**

Con cadenza annuale si opera un controllo visivo specifico e puntuale della presenza di eventuali fessurazioni per approfondire ed analizzare eventuali dissesti strutturali anche con l'ausilio di indagini strumentali.

### **2. Controllo di deformazioni e/o spostamenti**

Con cadenza mensile si opera un controllo visivo specifico per rilevare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.

### **3. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza e durante le manutenzioni, si opera la verifica e controllo a vista dell'uso di componenti idonei ovvero di materiali a lunga durata.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile.

### **1. Interventi sulle strutture**

Gli interventi di riparazione dovranno effettuarsi a seconda del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

### **5.6.3. Pilastri**

I pilastri sono elementi architettonici e strutturali verticali portanti, che trasferiscono i carichi della sovrastruttura alle strutture di ricezione delle parti sottostanti indicate a riceverli. I pilastri in calcestruzzo armato sono realizzati, mediante armature trasversali e longitudinali che consentono la continuità dei pilastri con gli altri elementi

strutturali. Il dimensionamento dei pilastri varia in funzione delle diverse condizioni di carico, delle luci e dell'interasse fra telai.

## **Anomalie riscontrabili**

### **1. Alveolizzazione**

Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forme e dimensioni variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme. Nel caso particolare in cui il fenomeno si sviluppa essenzialmente in profondità con andamento a diverticoli si può usare il termine alveolizzazione a caratura

### **2. Cavillature superficiali**

Per cavillature superficiali si intende la formazione di una sottile trama di fessure sulla superficie del calcestruzzo

### **3. Corrosione**

Decadimento delle armature metalliche all'interno del calcestruzzo a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

### **4. Deformazioni e spostamenti**

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

### **5. Disgregazione**

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

### **6. Distacco**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

### **7. Efflorescenze**

Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di cripto efflorescenza o sub efflorescenza.

### **8. Erosione superficiale**

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrosione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

### **9. Esfoliazione**

Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro, generalmente causata dagli effetti del gelo.

### **10. Esposizione dei ferri di armatura**

Distacchi ed espulsione di parte del calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura dovuta a fenomeni di corrosione delle armature metalliche per l'azione degli agenti atmosferici.

### **11. Fessurazioni**

Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto dovute a fenomeni di ritiro del calcestruzzo e/o altri eventi.

### **12. Lesioni**

Si manifestano con l'interruzione delle superfici dell'elemento strutturale. Le caratteristiche, l'andamento, l'ampiezza ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

### **13. Mancanza**

Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

### **14. Penetrazione di umidità**

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

### **15. Polverizzazione**

Decoesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.

### **16. Rigonfiamento**

Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

## **17. Scheggiature**

Distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli degli elementi in calcestruzzo

## **18. Spalling**

Avviene attraverso lo schiacciamento e l'esplosione interna con il conseguente sfaldamento di inerti dovuto ad alte temperature nei calcestruzzi.

## **19. Impiego di materiali non a lunga durata**

Impiego di materiali non durevoli durante le manutenzioni.

## **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico civile:

### **2. Controllo della presenza di fessurazioni**

Con cadenza annuale si opera un controllo visivo specifico e puntuale della presenza di eventuali fessurazioni per approfondire ed analizzare eventuali dissesti strutturali anche con l'ausilio di indagini strumentali.

### **3. Controllo di deformazioni e/o spostamenti**

Con cadenza mensile si opera un controllo visivo specifico per rilevare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.

### **4. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza e durante le manutenzioni, si opera la verifica e controllo a vista dell'uso di componenti idonei ovvero di materiali a lunga durata.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile.

### **2. Interventi sulle strutture**

Gli interventi di riparazione dovranno effettuarsi a seconda del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

## **5.7. INFISSI ESTERNI**

Gli infissi esterni hanno lo scopo di soddisfare i requisiti di benessere quindi di permettere l'illuminazione e la ventilazione naturale degli ambienti, garantendo inoltre le prestazioni di isolamento termico-acustico. Gli infissi offrono un'ampia gamma di tipologie diverse sia per materiale che per tipo di apertura.

Gli infissi dovranno consentire un adeguato ingresso di energia termica raggiante attraverso le superfici trasparenti (vetri) in funzione delle condizioni climatiche.

Gli infissi esterni verticali dovranno essere provvisti di dispositivi mobili di oscuramento (persiane, avvolgibili, frangisole, ecc.) che svolgano funzione di regolazione e controllo del passaggio della radiazione solare dall'esterno all'interno limitando il surriscaldamento estivo degli ambienti e nel rispetto di una adeguata ventilazione. Tali dispositivi dovranno inoltre consentire le operazioni di manovra dall'interno ed essere facilmente accessibili per tutte le operazioni di manutenzione e/o riparazione. In particolare le finestre e le portefinestre ad eccezione di quelle a servizio dei locali igienici, dei disimpegni, dei corridoi, dei vani scala, dei ripostigli, ecc., dovranno avere una superficie trasparente dimensionata in modo tale da assicurare un valore idoneo del fattore medio di luce diurna nell'ambiente interessato.

La superficie trasparente delle finestre e delle portefinestre deve essere dimensionata in modo da assicurare all'ambiente servito un valore del fattore medio di luce diurna nell'ambiente non inferiore al 2%. In ogni caso la superficie finestrata apribile non deve essere inferiore ad 1/8 della superficie del pavimento del locale.

Oltre alle prestazioni sopra citate di controllo del fattore solare e del flusso luminoso la superficie trasparente delle finestre e delle portefinestre deve permettere la permeabilità all'aria mediante guarnizioni e camere d'aria e finiture adeguate; devono permettere la rapida pulizia delle superfici esterne, devono essere a tenuta d'acqua, devono garantire l'isolamento termico, la resistenza agli urti e al vento oltre alla resistenza a manovre false e violente.

Gli infissi esterni verticali e le facciate continue devono essere realizzati in modo da ottenere, mediante guarnizioni, camere d'aria, ecc., la permeabilità all'aria indicata in progetto. Le prestazioni si misurano sulla classificazione basata sul confronto tra la permeabilità all'aria del campione sottoposto a prova riferito all'intera area, e la permeabilità all'aria riferita alla lunghezza dei lati apribili. In particolare si rimanda alle norme UNI EN 1026 e UNI EN 12207.



Gli infissi esterni verticali e i relativi dispositivi di movimentazione e di manovra nonché quelli di oscuramento esterno, devono avere le finiture superficiali prive di rugosità, spigoli, ecc... Gli elementi dei tamponamenti trasparenti inoltre devono essere privi di difetti e/o anomalie come, bolle, graffi, ecc. ed assicurare una perfetta visione e trasparenza ottica dall'interno verso l'esterno e viceversa. Più in particolare, i tamponamenti vetrati devono essere privi dei suddetti difetti e comunque corrispondere a quanto indicato dalla norma 7142, in relazione al tipo di vetro ed alle dimensioni della lastra usata. I giunti di collegamento degli infissi esterni verticali non devono presentare sconessioni di alcun tipo con le strutture adiacenti. Infine, la coloritura ed i rivestimenti superficiali degli infissi ottenuti attraverso processi di verniciatura, ossidazione anodica, trattamento elettrochimico, ecc., dovranno essere uniformi senza presentare alcun difetto di ripresa del colore o altre macchie visibili.

Livello minimo della prestazione:

Gli infissi esterni verticali devono assicurare livelli minimi di prestazioni ovvero non devono presentare finiture superficiali eccessivamente rugose, spigolose, cedevoli né tanto meno fessurazioni o screpolature superiore al 10% delle superfici totali; le superfici, siano esse opache o trasparenti, devono essere facilmente accessibili dall'utente e/o operatori per le operazioni di pulizia, sia dall'esterno che dall'interno. Per le facciate continue o comunque per infissi particolari dove è richiesto l'impiego di ditte specializzate per la pulizia bisogna comunque prevedere che queste siano idonee e comunque predisposte per l'esecuzione delle operazioni suddette. In ogni caso gli infissi esterni verticali e le facciate continue, dopo le normali operazioni di pulizia, effettuate mediante l'impiego di acqua e prodotti specifici, devono essere in grado di conservare le caratteristiche e prestazioni iniziali.

In particolare è necessario che tutte le giunzioni di elementi disomogenei (fra davanzali, soglie, e traverse inferiori di finestre, o portafinestra) assicurino la tenuta all'acqua e permettano un veloce allontanamento dell'acqua piovana.

Costruttivamente, gli infissi devono essere accessibili, l'altezza da terra inferiore a 200 cm e la larghezza delle ante non superiore ai 60 cm in modo da consentire le operazioni di pulizia rimanendo dall'interno del locale.

I serramenti esterni devono assicurare all'interno dei locali un adeguato benessere. La classe di prestazione è correlata al livello di rumorosità esterno, in particolare alla zona di rumore di appartenenza. Devono quindi assicurare l'isolamento acustico, ovvero l'attitudine a fornire un'idonea resistenza al passaggio dei rumori. Il livello di isolamento richiesto varia in funzione della tipologia e del tipo di attività svolta e in funzione della classe di destinazione d'uso del territorio.

I serramenti esterni devono assicurare l'isolamento termico di un infisso esterno verticale vengono valutate in base ai valori della trasmittanza termica unitaria U, relativa all'intero infisso, che tiene conto delle dispersioni termiche eventualmente verificatesi attraverso i componenti trasparenti ed opachi dei serramenti. È opportuno comunque prevedere l'utilizzo di telai metallici realizzati con taglio termico.

I serramenti esterni devono essere in grado di sopportare urti (definiti dall'energia cinetica di urti-tipo o convenzionali di corpi duri, come di oggetti scagliati, o molli, come il peso di un corpo che cade) che non debbono compromettere la stabilità degli stessi; né provocare il distacco di elementi o frammenti pericolosi a carico degli utenti.

Sotto l'azione degli urti gli infissi devono conservare la loro integrità strutturale; non devono prodursi sconessioni né deformazioni sensibili dei collegamenti tra gli infissi e la relativa struttura muraria; non devono verificarsi sfondamenti né fuoriuscite di parti o componenti; non devono prodursi frammenti o cadute di elementi che possano causare ferite accidentali alle persone che si possono trovare all'interno o all'esterno. Tutti i componenti degli infissi esterni verticali devono risultare sicuri nel caso d'urto accidentale dell'utenza. Gli elementi costituenti dei telai fissi e mobili, delle maniglie, dei pannelli, delle cerniere, ecc. non devono presentare parti taglienti o appuntite né spigoli pronunciati.

Gli infissi esterni verticali e le facciate continue devono essere idonei a resistere all'azione del vento in modo tale da assicurare la durata e la funzionalità nel tempo e garantire inoltre la sicurezza dell'utenza. Gli infissi devono essere in grado di sopportare il flusso del vento e i suoi effetti (turbolenze, sbattimenti, vibrazioni, ecc.) senza compromettere la funzionalità degli elementi che li costituiscono. L'azione del vento da considerare è quella prevista dal D.M. Infrastrutture e Trasporti 17.1.2018, tenendo conto dell'altezza di installazione dell'infisso e del tipo di esposizione.

Gli infissi esterni sottoposti alle sollecitazioni del vento dovranno: presentare una deformazione ammissibile, conservare le proprietà e consentire la sicurezza agli utenti.

Gli infissi esterni verticali, compresi gli organi di movimentazione e gli eventuali elementi di schermatura e/o

oscurabilità, devono conservare inalterate le proprie caratteristiche meccaniche e dimensionali se sottoposti ad azioni derivanti da manovre errate e/o violente.

Gli infissi esterni verticali ed eventuali dispositivi di schermatura e di tenuta devono conservare inalterate le caratteristiche chimico-fisiche, funzionali, dimensionali, e di finitura superficiale, assicurando comunque il rispetto dei limiti prestazionali, qualora dovessero venire in contatto con acqua di origine diversa (meteorica, di condensa, di lavaggio, ecc.). In particolare non devono manifestarsi variazioni della planarità delle superfici, macchie o scoloriture non uniformi anche localizzate.

Nelle scelte progettuali di materiali, elementi e componenti si dovrà tener conto del loro grado di riciclabilità in funzione dell'ubicazione del cantiere, del loro ciclo di vita, degli elementi di recupero, ecc., dell'impegno maggiore possibile di elementi costruttivi caratterizzati da una lunga durata e infine garantire l'illuminazione naturale degli spazi interni in modo idoneo. In particolare dovranno essere garantiti adeguati livelli di illuminamento negli spazi utilizzati nei periodi diurni.

### **5.7.1. Serramenti in alluminio**

Si tratta di serramenti i cui profili sono ottenuti per estrusione. L'unione dei profili avviene meccanicamente con squadrette interne in alluminio o acciaio zincato. Le colorazioni diverse avvengono per elettrocolorazione. Particolare attenzione va posta nell'accostamento fra i diversi materiali; infatti il contatto fra diversi metalli può creare potenziali elettrici in occasione di agenti atmosferici con conseguente corrosione galvanica del metallo a potenziale elettrico minore. Rispetto agli infissi in legno hanno una minore manutenzione.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Alterazione cromatica**

Alterazione che si può manifestare attraverso la variazione di uno o più parametri che definiscono il colore: tinta, chiarezza, saturazione. Può evidenziarsi in modo localizzato o in zone più ampie diversamente a seconda delle condizioni

#### **2. Bolla**

Rigonfiamento della pellicola causato spesso da eccessiva temperatura.

#### **3. Condensa superficiale**

Formazione di condensa sulle superfici interne dei telai in prossimità di ponti termici.

#### **4. Corrosione**

Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

#### **5. Deformazione**

Variazione geometriche e morfologiche dei profili e degli elementi di tamponamento per fenomeni di ritiro quali imbarcamento, svergolamento, ondulazione.

#### **6. Degrado o rottura dell'apertura e chiusura**

Degrado, deformazione degli organi di apertura-chiusura a causa di processi di ossidazione delle parti metalliche e in particolare di quelle di manovra e/o rottura degli stessi con distacco dalle sedi originarie di maniglie, cerniere, aste, ed altri meccanismi.

#### **7. Degrado delle guarnizioni**

Distacchi delle guarnizioni, perdita di elasticità e loro fessurazione.

#### **8. Deposito superficiale**

Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei quali: microrganismi, residui organici, ecc. di spessore variabile, poco coerente e poco aderente al materiale sottostante.

#### **9. Frantumazione**

Riduzione della lastra di vetro in frammenti per cause traumatiche.

#### **10. Macchie**

Pigmentazione accidentale e localizzata della superficie.

#### **11. Non ortogonalità**

La ortogonalità dei telai mobili rispetto a quelli fissi dovuta generalmente per la mancanza di registrazione periodica dei fissaggi.

#### **12. Perdita di materiale**

Mancanza di parti e di piccoli elementi in seguito ad eventi traumatici.

### **13. Perdita di trasparenza**

Perdita di trasparenza e aumento della fragilità del vetro a causa dell'azione di agenti esterni o in seguito ad eventi traumatici.

### **14. Rottura degli organi di manovra**

Rottura degli elementi di manovra con distacco dalle sedi originarie di maniglie, cerniere, aste e altri meccanismi.

### **15. Basso grado di riciclabilità**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

### **16. Impiego di materiali non a lunga durata**

Impiego di materiali non durevoli durante le manutenzioni.

### **17. Illuminazione naturale non idonea**

Illuminazione naturale non idonea rispetto agli standard normativi.

## **Controlli eseguibili dall'utente dell'immobile o fabbricato**

### **1. Controllo dei frangisole**

Controllo annuale o semestrale in base alle condizioni climatiche e comunque durante la vita operativa dei serramenti, della funzionalità degli organi di manovra e delle parti in vita.

### **2. Controllo Generale**

Controllo annuale o semestrale in base alle condizioni climatiche e comunque durante la vita operativa dei serramenti, delle finiture e dello strato di protezione superficiale e il controllo dei giochi e planarità delle parti.

### **3. Controllo delle guide di scorrimento**

Controllo annuale o semestrale in base alle condizioni climatiche e comunque durante la vita operativa dei serramenti, della funzionalità delle guide di scorrimento.

### **4. Controllo degli organi di movimentazione**

Controllo annuale o semestrale in base alle condizioni climatiche e comunque durante la vita operativa dei serramenti, dell'efficacia delle cerniere e della perfetta chiusura dell'anta col telaio fisso, il controllo degli organi di serraggio con finestra aperta e controllo dei movimenti delle aste di chiusura.

### **5. Controllo delle maniglie**

Controllo annuale o semestrale in base alle condizioni climatiche e comunque durante la vita operativa dei serramenti, del corretto funzionamento delle maniglie.

### **6. Controllo delle persiane**

Controllo annuale o semestrale in base alle condizioni climatiche e comunque durante la vita operativa dei serramenti, delle cerniere e dei fissaggi alla parete e dello stato di conservazione e comunque del grado di usura delle parti in vista.

### **7. Controllo delle serrature**

Controllo annuale o semestrale in base alle condizioni climatiche e comunque durante la vita operativa dei serramenti, della funzionalità delle serrature.

### **8. Controllo dei vetri**

Controllo annuale o semestrale in base alle condizioni climatiche e comunque durante la vita operativa dei serramenti, della funzionalità dei vetri e delle sigillature vetro-telaio, la verifica della presenza di depositi o sporco e di assenza di anomalie e/o difetti (rottura, depositi, macchie, ecc.).

## **Manutenzioni eseguibili dall'utente dell'immobile o fabbricato**

### **1. Lubrificazione delle serrature e delle cerniere**

All'occorrenza e comunque ogni sei anni, si opera la lubrificazione ed ingrassaggio delle serrature e cerniere con prodotti siliconici e la verifica del corretto funzionamento.

### **2. Pulizia delle guide di scorrimento**

All'occorrenza e comunque con cadenza semestrale e durante la vita operativa dei serramenti, si opera la pulizia dei residui organici che possono compromettere la funzionalità delle guide di scorrimento.

### **3. Pulizia del frangisole**

All'occorrenza e comunque con cadenza annuale, si opera la pulizia e rimozione dello sporco e dei depositi

superficiali con detergenti idonei.

#### **4. Pulizia delle guarnizioni di tenuta**

All'occorrenza e comunque con cadenza annuale, si opera la pulizia dei residui e depositi che ne possono pregiudicare il buon funzionamento con detergenti non aggressivi.

#### **5. Pulizia degli organi di movimentazione**

All'occorrenza e comunque con cadenza annuale, si opera la pulizia e rimozione dello sporco e dei depositi superficiali con detergenti idonei.

#### **6. Pulizia dei telai fissi**

All'occorrenza e comunque con cadenza semestrale, si opera la pulizia dei residui organici che possono provocare l'otturazione delle asole, dei canali di drenaggio, dei fori, delle battute oltre alla pulizia del telaio fisso con detergenti non aggressivi. In particolare per i profili elettrocolorati la pulizia va effettuata con prodotti sgrassanti e olio di vaselina per la protezione superficiale; per i profili verniciati a forno, la pulizia dei profili va effettuata con paste abrasive con base di cere.

#### **7. Pulizia dei telai mobili**

All'occorrenza e comunque con cadenza semestrale, si opera la pulizia dei residui e depositi che ne possono pregiudicare il buon funzionamento con detergenti non aggressivi.

#### **8. Pulizia dei telai delle persiane**

All'occorrenza e comunque con cadenza annuale, si opera la pulizia e rimozione dello sporco e dei depositi superficiali con detergenti idonei.

#### **9. Pulizia dei vetri**

All'occorrenza durante la vita operativa dei serramenti, si opera la pulizia e rimozione dello sporco e dei depositi superficiali con detergenti idonei

#### **10. Registrazione della maniglia**

All'occorrenza durante la vita operativa dei serramenti, si opera la registrazione e lubrificazione delle maniglie, il serraggio delle viti e la lubrificazione degli accessori di manovra di apertura e chiusura.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Oltre ai controlli eseguibili dall'utente del fabbricato quali il controllo, a cadenza annuale o semestrale in base alle condizioni climatiche, e comunque durante la vita operativa dei serramenti, della funzionalità degli organi di manovra e delle parti in vita, Controllo delle finiture e dello strato di protezione superficiale, controllo dei giochi e planarità delle parti, il controllo della funzionalità delle guide di scorrimento, il controllo dell'efficacia delle cerniere e della perfetta chiusura dell'anta col telaio fisso, il controllo degli organi di serraggio con finestra aperta e controllo dei movimenti delle aste di chiusure, il controllo del corretto funzionamento della maniglia, il controllo dello stato di conservazione e comunque del grado di usura delle parti in vista, il controllo delle cerniere e dei fissaggi alla parete, il controllo della funzionalità delle maniglie, il controllo dell'uniformità dei vetri e delle sigillature vetro-telaio, la verifica della presenza di depositi o sporco e di assenza di anomalie e/o difetti (rottura, depositi, macchie, ecc.), di seguito i controlli da parte di un tecnico civile:

#### **1. Controllo delle guarnizioni di tenuta**

Con cadenza annuale si opera un controllo dell'adesione delle guarnizioni ai profili di contatto dei telai, il controllo del corretto inserimento nelle proprie sedi delle guarnizioni e il controllo dell'elasticità delle guarnizioni.

#### **2. Controllo delle persiane avvolgibili in plastica**

Con cadenza annuale si opera un controllo visivo specifico degli organi di manovra e delle parti in vista.

#### **3. Controllo dei telai fissi**

Con cadenza annuale si opera un controllo visivo specifico delle asole di drenaggio e del sistema di drenaggio, il controllo dell'ortogonalità dei telai e il controllo del fissaggio del telaio al vano ed al controtelaio al muro e dei blocchetti di regolazione.

#### **4. Controllo dei telai mobili**

Con cadenza annuale si opera un controllo visivo specifico dell'ortogonalità dell'anta e dei cavallotti di unione dei profilati dell'anta.

#### **5. Controllo del grado di riciclabilità**

All'occorrenza si opera il controllo visivo e verifica che siano impiegati materiali con un elevato grado di riciclabilità.

## **6. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza si opera il controllo visivo e verifica che siano impiegati materiali di lunga durata durante le manutenzioni.

## **7. Controllo dell'illuminazione naturale**

Con cadenza semestrale si opera un controllo del livello idoneo di illuminazione naturale secondo gli standard normativi.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile.

### **1. Regolazione delle guarnizioni di tenuta**

Con cadenza triennale si opera la regolazione e il riposizionamento delle guarnizioni di tenuta.

### **2. Regolazione degli organi di movimentazione**

Con cadenza triennale si opera la regolazione delle cerniere e della perfetta chiusura dell'anta col telaio fisso. Riposizionamento tramite scorrimento nelle apposite sedi delle cerniere.

### **3. Regolazione dei telai fissi**

Con cadenza triennale si opera la regolazione di ortogonalità del telaio fisso tramite cacciavite sui blocchetti di regolazione e relativo fissaggio. La verifica dell'ortogonalità sarà effettuata mediante l'impiego di livella torica.

### **4. Ripristino fissaggi dei telai fissi**

Con cadenza triennale si opera la regolazione fissaggi dei telai al vano e al controtelaio al muro e riattivazione del fissaggio dei blocchetti di regolazione e fissaggio tramite cacciavite.

### **5. Ripristino dell'ortogonalità dei telai mobili**

Con cadenza annuale si opera il ripristino della ortogonalità delle ante e il fissaggio dei cavallotti di unione dei profilati dell'anta.

### **6. Sostituzione delle cinghie avvolgibili**

All'occorrenza, si opera la sostituzione dei Sostituzione delle cinghie avvolgibili, verifica dei meccanismi di funzionamento quali rulli avvolgitori e lubrificazione degli snodi.

### **7. Sostituzione del frangisole**

All'occorrenza, si opera la sostituzione dei frangisole impacchettabili con elementi analoghi.

### **7. Sostituzione dell'infisso**

Ogni trenta anni si opera la sostituzione dell'infisso e del controtelaio mediante smontaggio e posa del nuovo serramento mediante l'impiego di tecniche di fissaggio, di regolazione e sigillature specifiche al tipo di infisso.

## **5.8. PARETI ESTERNE**

Le pareti sono l'insieme degli elementi tecnici verticali del sistema edilizio che hanno la funzione di separare gli spazi interni rispetto all'esterno.

Le pareti debbono avere gli strati superficiali in vista privi di difetti, fessurazioni, scagliature o screpolature superficiali, le superfici delle pareti perimetrali non devono presentare anomalie e/o comunque fessurazioni, screpolature, sbollature superficiali, ecc., le tonalità dei colori dovranno essere omogenee e non evidenziare eventuali tracce di ripresa di colore e/o comunque di ritocchi.

Le pareti devono assicurare prestazioni in funzione delle varie esigenze di aspetto come la planarità, l'assenza di difetti superficiali, l'omogeneità di colore, di brillantezza, di insudiciamento, ecc...

Sono molto importanti le prestazioni relative alla:

permeabilità all'aria che si misura sul confronto tra la permeabilità all'aria del campione sottoposto a prova riferito all'intera area, e la permeabilità all'aria riferita alla lunghezza dei lati apribili. In particolare si rimanda alle norme UNIEN 12207, UNI EN 12208, UNI EN 12210.

resistenza agli agenti chimici aggressivi: i materiali costituenti i rivestimenti esterni ed interni delle pareti perimetrali non devono deteriorarsi o comunque perdere le prestazioni iniziali in presenza di agenti chimici presenti negli ambienti. I materiali devono comunque consentire le operazioni di pulizia. I rivestimenti plastici ed i prodotti a base di vernici dovranno essere compatibili chimicamente con la base di supporto.

resistenza agli attacchi biologici: i materiali costituenti le pareti perimetrali e i rivestimenti non devono permettere lo sviluppo di agenti biologici come funghi, larve di insetto, muffe, radici, microrganismi in genere, ecc... In ogni

caso non devono deteriorarsi sotto l'attacco dei suddetti agenti biologici consentendo un'agevole pulizia delle superfici.

resistenza agli urti: le pareti debbono essere in grado di sopportare urti (definiti dall'energia cinetica di urti-tipo o convenzionali di corpi duri, come di oggetti scagliati, o molli, come il peso di un corpo che cade) che non debbono compromettere la stabilità della parete, né provocare il distacco di elementi o frammenti pericolosi a carico delle persone. Le pareti non devono manifestare segni di deterioramento e/o deformazioni permanenti a carico delle finiture (tinteggiatura, rivestimento pellicolare, ecc.) con pericolo di cadute di frammenti di materiale, se sottoposte alle azioni di urti sulla faccia esterna e su quella interna.

resistenza ai carichi sospesi: le pareti perimetrali e/o eventuali contropareti, devono essere in grado di garantire la stabilità ed evitare pericoli a carico dell'utenza per l'azione di carichi sospesi. Inoltre devono essere assicurate tutte le eventuali operazioni di riparazione delle superfici anche nel caso di rimozione degli elementi di fissaggio.

Tenuta all'acqua: La stratificazione delle pareti debbono essere realizzata in modo da impedire alle acque meteoriche di penetrare negli ambienti interni provocando macchie di umidità e/o altro ai rivestimenti interni.

Utilizzo di materiali e componenti di lunga durata: utilizzo razionale delle risorse attraverso l'impiego di materiali con una elevata durabilità

Utilizzo di materiali e componenti con un elevato grado di riciclabilità: nelle scelte progettuali di materiali, elementi e componenti si deve tener conto del grado di riciclabilità in funzione dell'ubicazione del cantiere, del loro ciclo di vita, degli elementi di recupero, ecc., calcolando la percentuale di materiali da avviare ai processi di riciclaggio e determinando la percentuale in termini di quantità (kg) o di superficie (m<sup>2</sup>) di materiale impiegato nell'elemento tecnico in relazione all'unità funzionale assunta.

Riduzione degli impatti negativi durante le manutenzioni o le sostituzioni: il piano di manutenzione specifico, redatto per l'opera interessata, deve contenere le indicazioni che favoriscano la diminuzione di impatti sull'ambiente attraverso il minore utilizzo di sostanze tossiche, favorendo la riduzione delle risorse. Favorire l'impiego di materiali e componenti caratterizzati da un lungo ciclo di vita e da efficiente manutenibilità e riutilizzabilità degli stessi. In fase progettuale optare per la composizione dell'edificio dei sub-sistemi, utilizzando tecnologie e soluzioni mirate a facilitare gli interventi di manutenzione e a ridurre la produzione di rifiuti, favorendo l'utilizzo di materiali e componenti con basse percentuali di interventi manutentivi.

### **5.8.1. Murature intonacate**

Una muratura può essere composta da vari elementi e rivestita con intonaco a base cementizia. Le pareti debbono contrastare in modo efficace la manifestazione di eventuali rotture, o deformazioni rilevanti, causate dall'azione di possibili sollecitazioni e devono essere idonee a contrastare in modo concreto il prodursi di eventuali rotture o deformazioni rilevanti in conseguenza dell'azione di sollecitazioni meccaniche che possono in un certo modo comprometterne la durata e la funzionalità nel tempo e costituire pericolo per la sicurezza degli utenti. A tal fine si considerano le seguenti azioni: carichi dovuti al peso proprio, carichi di esercizio, sollecitazioni sismiche, carichi provocati da dilatazioni termiche, eventuali assestamenti e deformazioni di strutturali.

#### **Anomalie riscontrabili**

##### **1. Alveolizzazione**

Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forme e dimensioni variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme. Nel caso particolare in cui il fenomeno si sviluppa essenzialmente in profondità con andamento a diverticoli si può usare il termine alveolizzazione a cariatura.

##### **2. Bolle d'aria**

Alterazione della superficie del calcestruzzo caratterizzata dalla presenza di fori di grandezza e distribuzione irregolare, generati dalla formazione di bolle d'aria al momento del getto.

##### **3. Cavillature superficiali**

Le cavillature superficiali sono costituite da una sottile trama di fessure sulla superficie del calcestruzzo.

##### **4. Croste**

Deposito superficiale di spessore variabile, duro e fragile, generalmente di colore nero.

##### **5. Decolorazione**

Alterazione cromatica della superficie.

##### **6. Deposito superficiale**

Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei quali: microrganismi, residui organici, ecc. di

spessore variabile, poco coerente e poco aderente al materiale sottostante.

#### **7. Disgregazione**

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

#### **8. Distacco**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

#### **9. Efflorescenze**

Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di cripto efflorescenza o sub efflorescenza.

#### **10. Erosione superficiale**

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

#### **11. Esfoliazione**

Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro, generalmente causata dagli effetti del gelo.

#### **12. Fessurazioni**

Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto.

#### **13. Macchie e graffiti**

Imbrattamento della superficie con sostanze macchianti in grado di aderire e penetrare nel materiale.

#### **14. Mancanza**

Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

#### **15. Patina biologica**

E' uno strato sottile, per lo più morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere e terriccio portati dal vento.

#### **16. Penetrazione di umidità**

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

#### **17. Polverizzazione**

De coesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.

#### **18. Presenza di vegetazione**

Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di licheni, muschi e piante lungo le superfici.

#### **19. Rigonfiamento**

Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

#### **20. Scheggiature**

Distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli degli elementi in calcestruzzo

#### **21. Basso grado di riciclabilità**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

#### **22. Impiego di materiali non a lunga durata**

Impiego di materiali non durevoli durante le manutenzioni.

#### **23. Contenuto di sostanze tossiche**

Assenza di sostanze tossiche all'interno dei prodotti utilizzati nelle fasi manutentive.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico civile:

### **1. Controllo zone esposte**

All'occorrenza si opera il controllo mediante metodi non distruttivi (colpi di martello sull'intonaco) delle zone esposte all'intemperie al fine di localizzare eventuali distacchi e/o altre anomalie.

### **2. Controllo del grado di riciclabilità**

All'occorrenza si opera il controllo visivo e la verifica che siano impiegati materiali con un elevato grado di riciclabilità.

### **3. Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata**

All'occorrenza si opera il controllo visivo e verifica che siano impiegati materiali di lunga durata durante le manutenzioni.

### **4. Verifica dell'assenza di sostanze tossiche nei componenti**

All'occorrenza, nelle fasi di manutenzione dell'opera interessata, si opera la verifica preventiva che i prodotti e i materiali utilizzati non contengano sostanze tossiche.

## **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Oltre ai normali controlli eseguibili dall'utente dell'immobile quale la rilevazione di eventuali anomalie in facciata, di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile.

### **1. Ripristino dell'intonaco**

All'occorrenza e con cadenza decennale si opera la rimozione delle parti ammalorate e il ripristino dell'intonacatura.

## **5.9. RECINZIONI E CANCELLI**

Le recinzioni sono strutture verticali aventi funzione di delimitare e chiudere le aree esterne di proprietà privata o di uso pubblico.

Possano essere costituite da:

- recinzioni opache in muratura piena a faccia vista o intonacate;
- recinzioni costituite da base in muratura e cancellata in ferro;
- recinzione in rete a maglia sciolta con cordolo di base e/o bauletto;
- recinzioni in legno;
- recinzioni in siepi vegetali e/o con rete metallica.

Le recinzioni lungo la viabilità hanno funzione, oltre che di delimitazione di aree, anche di aiutare la sicurezza del traffico e della visibilità richiesta dall'Ente proprietario della strada o dell'autorità preposta alla sicurezza del traffico e comunque del Codice della Strada.

E' opportuno, prima di realizzare e/o intervenire sulle recinzioni, concordare con le aziende competenti per la raccolta dei rifiuti solidi urbani, la realizzazione di appositi spazi, accessibili dalla via pubblica, da destinare all'alloggiamento dei cassonetti o comunque alle aree di deposito rifiuti. Il ripristino di recinzioni deteriorate va fatto attraverso interventi puntuali nel mantenimento della tipologia e nel rispetto di recinzioni adiacenti e prospicienti sulla stessa via. Inoltre le recinzioni dovranno relazionarsi alle caratteristiche storiche, tipologiche e di finitura dei fabbricati di cui costituiscono pertinenza. I controlli saranno mirati alla verifica del grado di integrità ed individuazione di anomalie (corrosione, deformazione, perdita di elementi, screpolatura vernici, ecc.). Inoltre a secondo delle tipologie e dei materiali costituenti, le recinzioni vanno periodicamente:

- ripristinate nelle protezioni superficiali delle parti in vista;
- integrate negli elementi mancanti o degradati;
- tinteggiate con opportune vernici e prodotti idonei al tipo di materiale e all'ambiente di ubicazione
- colorate in relazione ad eventuali piani di colore e/o riferimenti formali all'ambiente circostante.

I cancelli sono costituiti da insiemi di elementi mobili con funzione di apertura-chiusura e separazione di locali o aree e di controllo degli accessi legati al sistema edilizio e/o ad altri sistemi funzionali. Gli elementi costituenti tradizionali possono essere in genere in ferro, legno, materie plastiche, ecc., inoltre, la struttura portante dei cancelli deve comunque essere poco deformabile e garantire un buon funzionamento degli organi di guida e di sicurezza. In genere sono legati ad automatismi di controllo a distanza del comando di apertura-chiusura.

I cancelli e le recinzioni, compresi gli eventuali dispositivi complementari di movimentazione, devono avere doti di resistenza a manovre false o violente, ovvero a seguito di sollecitazioni derivanti da manovre errate e/o violente, devono conservare inalterate le proprie caratteristiche meccaniche e dimensionali, non evidenziando rotture, deterioramenti o deformazioni permanenti.



Nelle scelte progettuali di materiali, elementi e componenti si dovrà tener conto del loro grado di riciclabilità in funzione dell'ubicazione del cantiere, del loro ciclo di vita, degli elementi di recupero, ecc.

Nella fase di progettazione deve prevalere la scelta di sistemi costruttivi che facilitano lo smantellamento dei componenti e i successivi processi di demolizione e recupero dei materiali alla fine del ciclo di vita.

### **5.9.1. Cancelli scorrevoli in ferro**

Si tratta di elementi costruttivi che vengono collocati per la delimitazione di un passaggio d'ingresso (carrabile o pedonale) e per l'accesso a proprietà private, edifici, aree, ecc... In particolare i cancelli scorrevoli in ferro sono generalmente costituiti da un elemento unico che scorre su un binario mediante apertura manuale e/o elettromeccanica. Sono normalmente formati da elementi verticali uniti da altri componenti orizzontali o trasversali. Essi variano in funzione delle dimensioni e della lavorazione dei materiali in ferro, ferro battuto, ecc... Questi hanno il vantaggio di occupare meno spazio rispetto ai cancelli a battente.

I cancelli motorizzati devono potersi azionare anche manualmente. Gli apparati per l'azionamento manuale delle ante non devono creare pericoli di schiacciamento e/o di taglio con le parti fisse e mobili disposte nel contorno del loro perimetro.

Controllare periodicamente l'integrità degli elementi, il grado di finitura ed eventuali anomalie (corrosione, bollature, perdita di elementi, ecc.) evidenti. Interventi mirati al mantenimento dell'efficienza degli organi di apertura-chiusura e degli automatismi connessi. Controllo delle guide di scorrimento ed ingranaggi di apertura-chiusura e verifica degli ancoraggi di sicurezza che vanno protette contro la caduta in caso accidentale di sganciamento dalle guide. Inoltre le ruote di movimento delle parti mobili vanno protette onde evitare deragliamento dai binari di scorrimento. È vietato l'uso di vetri (può essere ammesso soltanto vetro di sicurezza) o altri materiali fragili come materie d'impiego nella costruzione di parti. Ripresa puntuale delle vernici protettive ed anticorrosive. Sostituzione puntuale dei componenti usurati.

#### **Anomalie riscontrabili**

##### **1. Corrosione**

Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

##### **2. Deformazione**

Variazione geometriche e morfologiche dei profili e degli elementi di tamponamento per fenomeni di ritiro quali imbarcamento, svergolamento, ondulazione.

##### **3. Non ortogonalità**

Degrado, deformazione degli organi di apertura-chiusura a causa di processi di ossidazione delle parti metalliche e in particolare di quelle di manovra e/o rottura degli stessi con distacco dalle sedi originarie di maniglie, cerniere, aste, ed altri meccanismi.

##### **4. Basso grado di riciclabilità**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

##### **5. Difficoltà nelle operazioni di disassemblaggio**

Difficoltà nelle operazioni di disassemblaggio dei vari componenti ed elementi interessati.

#### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico civile:

##### **1. Controllo degli elementi a vista**

Con cadenza annuale si opera il controllo visivo del grado di finitura e di integrità degli elementi in vista e la ricerca di eventuali anomalie e/o causa di usura.

##### **2. Controllo degli organi di apertura e chiusura**

Con cadenza semestrale si opera il controllo periodico degli organi di apertura e chiusura con verifica delle fasi di movimentazioni e di perfetta aderenza delle parti fisse con quelle mobili, il controllo dei dispositivi di arresto e/o fermo del cancello al cessare dell'alimentazione del motore, il controllo dell'arresto automatico del gruppo di azionamento nelle posizioni finali di apertura-chiusura, la verifica dell'efficienza d'integrazione con gli automatismi a distanza e il controllo visivo del grado di finitura e di integrità degli elementi e la ricerca di eventuali anomalie e/o causa di usura.

##### **3. Controllo del grado di riciclabilità**

All'occorrenza si opera il controllo visivo e verifica che siano impiegati materiali con un elevato grado di riciclabilità.

#### **4. Controllo delle tecniche di disassemblaggio**

All'occorrenza si opera la verifica che gli elementi ed i componenti costituenti siano caratterizzati da tecniche di agevole disassemblaggio

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile.

#### **1. Ingrassaggio degli elementi di manovra**

Con cadenza bimensile e all'occorrenza si opera la pulizia ed ingrassaggio-grafitaggio degli elementi di manovra (cerniere, guide, superfici di scorrimento) con prodotti idonei e che non lascino residui.

#### **2. Ripresa della protezione degli elementi**

Ogni se anni si opera la ripresa delle protezioni e delle coloriture mediante rimozione dei vecchi strati, pulizia delle superfici ed applicazioni di prodotti idonei (anticorrosivi, protettivi) al tipo di materiale ed alle condizioni ambientali.

#### **3. Sostituzione degli elementi usurati**

All'occorrenza si opera la Sostituzione degli elementi in vista e delle parti meccaniche e/o organi di manovra usurati e/o rotti con altri analoghi e con le stesse caratteristiche.

### **5.9.2. Guide di scorrimento**

Sono gli elementi di convogliamento delle ante del cancello e/o delle parti scorrevoli ovvero le guide se il cancello è a scorrimento Controllo delle guide di scorrimento lungo i percorsi delle parti mobili. Verificare l'assenza di depositi e/o di altri ostacoli. Assicurare la protezione delle parti mobili da eventuali cadute accidentali dovute allo sganciamento o deragliamento delle stesse.

### **Anomalie riscontrabili**

#### **1. Depositi**

Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

#### **2. Deragliamento**

Variatione geometriche e morfologiche dei profili e degli elementi di tamponamento per fenomeni di ritiro quali imbarcamento, svergolamento, ondulazione.

#### **3. Basso grado di riciclabilità**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico civile:

#### **1. Controllo delle guide di scorrimento e dei componenti**

Con cadenza mensile si opera il controllo visivo del grado di finitura e di integrità dei componenti e la ricerca di eventuali anomalie e/o causa di usura, il controllo delle superfici di scorrimento con verifica durante le fasi di movimentazione delle parti, l'assenza di depositi o detriti atti ad ostacolare ed impedire le normali movimentazioni e possibili cause di usura del materiale, l'assenza di eventi accidentali (urti e deformazioni) che possono aver compromesso il normale funzionamento.

#### **2. Controllo del grado di riciclabilità**

All'occorrenza si opera il controllo visivo e verifica che siano impiegati materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità durante le eventuali manutenzioni.

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile.

#### **1. Ingrassaggio delle superfici di scorrimento**

Con cadenza bimensile e all'occorrenza si opera la pulizia ed ingrassaggio-grafitaggio degli elementi di manovra (cerniere, guide, superfici di scorrimento) con prodotti idonei e che non lascino residui.

#### **2. Rimozione dei depositi**

Ogni sei anni si opera la ripresa delle protezioni e delle coloriture mediante rimozione dei vecchi strati, pulizia delle superfici ed applicazioni di prodotti idonei (anticorrosivi, protettivi) al tipo di materiale ed alle condizioni ambientali.

### **5.9.3. Elementi di trazione**

Sono le funi, catene e ingranaggi in genere aventi la funzione di collegamento delle ante e di trasmissione con i gruppi comandi del motore di azionamento del cancello, se ad apertura automatica.

#### **Anomalie riscontrabili**

##### **1. Difficoltà di trasmissione dei comandi agli organi in movimento**

Insufficienza capacità di trasmissione del moto in collegamento al motore di azionamento del cancello.

##### **2. Basso grado di riciclabilità**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

#### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico civile:

##### **1. Controllo degli organi di apertura e chiusura**

periodico degli organi di apertura e chiusura e la verifica delle fasi di movimentazione e di perfetta aderenza delle parti fisse con quelle mobili, il controllo dei dispositivi di arresto e/o fermo del cancello al cessare dell'alimentazione del motore, il controllo dell'arresto automatico del gruppo di azionamento nelle posizioni finali di apertura-chiusura e la verifica dell'efficienza d'integrazione con gli automatismi a distanza.

##### **2. Controllo del grado di riciclabilità**

All'occorrenza si opera il controllo visivo e verifica che siano impiegati materiali, elementi e componenti con un elevato grado di riciclabilità durante le eventuali manutenzioni.

#### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile.

##### **1. Ingrassaggio degli elementi di trazione**

Con cadenza bimensile e all'occorrenza si opera la pulizia ed ingrassaggio-grafitaggio degli elementi di manovra (cerniere, guide, superfici di scorrimento) con prodotti idonei e che non lascino residui.

### **5.9.4. Recinzione in elementi prefabbricati**

Si tratta di strutture verticali con elementi prefabbricati in calcestruzzo, realizzati, in forme diverse, da elementi ripetuti con la funzione di delimitazione e chiusura delle aree esterne di proprietà privata o di uso pubblico.

#### **Anomalie riscontrabili**

##### **1. Decolorazione**

Alterazione cromatica della vernice di protezione degli elementi e dei componenti.

##### **2. Deposito superficiale**

Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento.

##### **3. Distacco**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede

##### **4. Erosione superficiale**

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi ed eventi di diversa natura quali erosione per abrasione o erosione per corrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

##### **5. Fessurazioni**

Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonali o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto

##### **6. Perdita di materiale**

Mancanza di parti ed elementi dovuti a distacco a seguito di urti ed eventi accidentali.

## **7. Presenza di vegetazione**

Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di licheni, muschi e piante lungo le superfici.

## **8. Basso grado di riciclabilità**

Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità

### **Controlli da parte di personale specializzato**

Di seguito i controlli da parte di un tecnico civile:

#### **1. Controllo degli elementi in vista**

All'occorrenza e con cadenza triennale si opera il controllo del grado di finitura e di integrità degli elementi in vista e la ricerca di eventuali anomalie causa di usura o danneggiamenti a seguito di eventi accidentali.

#### **2. Controllo del grado di riciclabilità**

All'occorrenza si opera il controllo visivo e la verifica che siano impiegati materiali con un elevato grado di riciclabilità.

### **Manutenzioni da parte di personale specializzato**

Di seguito le operazioni di manutenzione da compiersi da parte di un tecnico civile.

#### **1. Sostituzione degli elementi usurati**

All'occorrenza riparazione e/o sostituzione delle parti di recinzioni usurate e/o rotte, con altri analoghe e con le stesse caratteristiche.