

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI
UN PARCO EOLICO

Comune di

MAZARA DEL VALLO (TP)

Località "Borgo Iudeo"

**A. PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE
INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI**

OGGETTO

Codice: MZR	Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs 387/2003 e D.Lgs 152/2006
N° Elaborato: A17_I1_SIA02	Studio Impatto Ambientale - Quadro Progettuale

Tipo documento	Data
Progetto definitivo	Dicembre 2021

Progettazione



Progettisti


Ing. Vassalli Quirino



Ing. Speranza Carmine Antonio



Proponente



ITW Mazara Srl
Via Sebastiano Catania, 317
95123 Catania (CT)
P.IVA 05767680878

Rappresentante legale

Emmanuel Macqueron

REVISIONI

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	Dicembre 2020	Emissione	MAP	QV/AS/DR	QI
01	Dicembre 2021	Emissione	QI	QV/AS/DR	QI

ITW_MZR_A17_I1_SIA02_Quadro Progettuale.doc	ITW_MZR_A17_I1_SIA02_Quadro Progettuale.pdf
---	---

INDICE

1. PREMESSA	4
1.1. COERENZA DEL PROGETTO CON OBIETTIVI EUROPEI DI DIFFUSIONE DELLE FER.....	5
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE	8
3.1. CRITERI PROGETTUALI	9
3.2. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO	11
3.2.1. <i>Riferimenti cartografici</i>	12
3.3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO EOLICO DA PROGETTO.....	12
3.3.1. <i>Descrizione Aerogeneratori</i>	14
3.3.1.1. Torre	15
3.3.1.2. Navicella.....	16
3.3.1.3. Rotore e pale	17
3.3.1.4. Pitch system	19
3.3.1.5. Sistema di imbardata	19
3.3.1.6. Sistema di arresto.....	19
3.3.1.7. Generatore	20
3.3.1.8. Convertitore	20
3.3.1.9. Trasformatore	21
3.3.1.10. Cavi ad alto voltaggio	22
3.3.1.11. Quadri di controllo	23
3.3.1.12. Sistema di controllo - Vestas Multi Processor (VMP) Controller	24
3.3.1.13. Sistemi di protezione.....	24
3.3.1.14. Ausiliari	25
3.3.2. <i>Descrizione Opere civili</i>	25
3.3.2.1. Opere di fondazione	25
3.3.2.2. Piazzole.....	26
3.3.2.3. Viabilità	27
3.3.2.4. Stazione di trasformazione MT/AT.....	30
3.3.2.5. Strade e piazzole.....	30
3.3.2.6. Smaltimento acque meteoriche e fognarie.....	30
3.3.2.7. Ingressi e recinzioni	31
3.3.2.8. Illuminazione	31
3.3.3. <i>Descrizione Opere elettriche</i>	31
3.3.3.1. Cavidotto in MT.....	31
3.3.3.1.1. Caratteristiche tecniche cavidotto e fibra ottica.....	34
3.3.3.1.2. Descrizione del tracciato.....	35
3.3.3.1.3. Giunzioni	35
3.3.3.1.4. Terminazione ed attestazione cavi MT	36
3.3.3.1.5. Giunti di isolamento cavi MT	36
3.3.3.1.6. Terminazione ed attestazione cavi in fibra ottica.....	37
3.3.3.1.7. Coesistenza tra cavi elettrici e altre condutture interrate	37
3.3.3.2. Stazione elettrica di trasformazione MT/AT e Cavidotto AT.....	39
3.4. ANALISI DI MICROSITING E STIMA DI PRODUCIBILITÀ	41
3.4.1. <i>Layout impianto</i>	41

3.4.2. <i>Stima di producibilità</i>	42
3.5. ATTIVITÀ DI CANTIERE	43
3.5.1. <i>Montaggio degli elementi costituenti l'aerogeneratore</i>	44
3.5.2. <i>Ripristino aree per la fase di esercizio</i>	46
3.6. DIMISSIONE IMPIANTO	47

1. PREMESSA	4
1.1. COERENZA DEL PROGETTO CON OBIETTIVI EUROPEI DI DIFFUSIONE DELLE FER.....	5
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE	8
3.1. CRITERI PROGETTUALI	9
3.2. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO	11
3.2.1. <i>Riferimenti cartografici</i>	12
3.3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO EOLICO DA PROGETTO.....	12
3.3.1. <i>Descrizione Aerogeneratori</i>	14
3.3.1.1. Torre	15
3.3.1.2. Navicella.....	16
3.3.1.3. Rotore e pale	17
3.3.1.4. Pitch system	19
3.3.1.5. Sistema di imbardata	19
3.3.1.6. Sistema di arresto.....	19
3.3.1.7. Generatore	20
3.3.1.8. Convertitore	20
3.3.1.9. Trasformatore	21
3.3.1.10. Cavi ad alto voltaggio	22
3.3.1.11. Quadri di controllo	23
3.3.1.12. Sistema di controllo - Vestas Multi Processor (VMP) Controller	24
3.3.1.13. Sistemi di protezione.....	24
3.3.1.14. Ausiliari	25
3.3.2. <i>Descrizione Opere civili</i>	25
3.3.2.1. Opere di fondazione	25
3.3.2.2. Piazzole.....	26
3.3.2.3. Viabilità	27
3.3.2.4. Stazione di trasformazione MT/AT.....	30
3.3.2.5. Strade e piazzole.....	30
3.3.2.6. Smaltimento acque meteoriche e fognarie	30
3.3.2.7. Ingressi e recinzioni	31
3.3.2.8. Illuminazione	31
3.3.3. <i>Descrizione Opere elettriche</i>	31
3.3.3.1. Cavidotto in MT.....	31
3.3.3.2. Stazione elettrica di trasformazione MT/AT e Cavidotto AT	39
3.4. ANALISI DI MICROSITING E STIMA DI PRODUCIBILITÀ	41
3.4.1. <i>Layout impianto</i>	41
3.4.2. <i>Stima di producibilità</i>	42
3.5. ATTIVITÀ DI CANTIERE	43
3.5.1. <i>Montaggio degli elementi costituenti l'aerogeneratore</i>	44
3.5.2. <i>Ripristino aree per la fase di esercizio</i>	46
3.6. DISMISSIONE IMPIANTO	47

1. PREMESSA

Oggetto di tale relazione è la valutazione di impatto ambientale di un progetto proposto dalla società ITW Mazara S.r.l. che è finalizzato alla realizzazione di un impianto di energia elettrica da fonte eolica stanziato nell'agro del Comune di Mazara del Vallo (TP).

Poiché il progetto di parco eolico proposto prevede l'installazione di n°13 aerogeneratori per una potenza complessiva di 72,8 MW, esso rientra nell'*All. II Parte II D.Lgs. 152/06* pertanto deve essere sottoposto alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) avendo il MiTE come autorità competente.

Affinché venga approvata la realizzazione di tale progetto di impianto eolico, la Società ITW Mazara S.r.l. in quanto soggetto proponente deve fornire all'autorità competente, quale il MiTE, tutte le informazioni utili all'espressione del parere favorevole alla realizzazione.

Lo strumento che raccoglie in sé tutte le informazioni essenziali è lo *Studio di Impatto Ambientale (SIA)*, il quale viene redatto secondo le indicazioni di cui all'*art. 22 All. VII Parte II D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.*; nel dettaglio il SIA deve essere redatto secondo i *quadri di riferimento*:

- *programmatico*: in cui viene esaminata la coerenza dell'opera progettata con la pianificazione e la programmazione territoriale e settoriale vigente mettendo in luce eventuali disarmonie (art. 3 DCPM 1988);
- *progettuale*: in cui, a seguito di uno studio di inquadramento dell'opera nel territorio, si mettano in luce le motivazioni tecniche che vi sono alla base delle scelte progettuali del proponente; provvedimenti/misure/interventi per favorire l'inserimento dell'opera nell'ambiente interessato; condizionamenti da vincoli paesaggistici, aree occupate (durante le fasi di cantiere e di esercizio), (art. 4 DCPM 1988);
- *ambientale*: matrici ambientali direttamente interessate e non (atmosfera, ambiente idrico, flora, fauna, suolo, salute pubblica...), stima quali e quantitativa degli impatti indotti dalla realizzazione dell'opera; piano di monitoraggio (art. 5 DCPM 1988).

Accanto ai quadri di riferimento programmatico, progettuale ed ambientale, il SIA deve essere corredato dagli *elaborati* e da una *Sintesi non Tecnica* che riassume i suoi contenuti

di modo che sia più facilmente comprensibile specie in fase di coinvolgimento del pubblico.

1.1. Coerenza del progetto con obiettivi europei di diffusione delle FER

In eredità del Protocollo di Kyoto, *l'Accordo di Parigi* è l'ultimo provvedimento stipulato, a livello mondiale, per combattere l'emissione in atmosfera dei gas climalteranti e il conseguente riscaldamento globale.

A livello europeo si ha attuazione dell'*Accordo di Parigi* con il *Quadro Clima-Energia* il quale pone gli obiettivi da perseguire entro il 2030: facendo riferimento all'emissione di gas climalteranti si impone una *riduzione del 40% rispetto ai livelli registrati nel 1990*.

In Italia il raggiungimento di tale obiettivo viene imposto dalla SEN 2017 la quale applica gli obiettivi strategici europei al contesto nazionale.

Ruolo chiave nella riduzione dell'emissione dei gas climalteranti è affidato alla riduzione del consumo, fino alla totale rinuncia, delle fonti classiche di energia quali i combustibili fossili in favore di un'adozione sempre crescente delle fonti di energia rinnovabile (FER): si parla di una riduzione del consumo dei combustibili fossili pari al 30% e di un aumento delle FER di circa il 27% rispetto ai livelli registrati nel 1990.

La SEN 2017 prevede di intensificare il processo di decarbonizzazione secondo lo scenario *Roadmap2050* ponendo l'accento sull'obiettivo "non più di 2°C" che accanto agli obiettivi per la riduzione dell'inquinamento atmosferico, con i conseguenti benefici per l'ambiente e per la salute, pone le basi per un'economia a basse emissioni di carbonio e alla base di un sistema che:

- assicuri energia a prezzi accessibili a tutti i consumatori;
- renda più sicuro l'approvvigionamento energetico dell'UE;
- riduca la dipendenza europea dalle importazioni di energia;
- crei nuove opportunità di crescita e posti di lavoro.

Tale progetto proposto dalla società ITW Mazara S.r.l. è perfettamente in linea con l'obiettivo di aumento delle FER da portare al 27% entro il 2030 questo perché, tra le FER, le fonti eolico e fotovoltaico sono tra quelle riconosciute come più mature ed economicamente vantaggiose al giorno d'oggi.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto di parco eolico prevede l'installazione di 13 aerogeneratori, di potenza unitaria pari a 5,6 MW per una potenza complessiva di impianto pari a 72,8 MW, nel territorio comunale di Mazara del Vallo (TP).

Gli aerogeneratori saranno collegati fra loro ed alla stazione di trasformazione e consegna mediante un elettrodotto interrato a 30 kV. L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori giungerà e sarà immessa nella futura stazione di trasformazione e consegna RTN 380/150 kV da inserire in "entra-esce" sulla linea "Fulgatore-Partanna" nel comune di Marsala (TP).

Il sito scelto per l'installazione del parco eolico è dislocato nella parte sinistra del Torrente Iudeo, a nord-est rispetto al comune di Mazara del Vallo dal quale dista circa 11 Km e a sud-est rispetto al comune di Marsala dal quale dista 18 km (entrambe le distanze sono da considerarsi rispetto al centro e in linea d'aria).

L'area inquadrata per la realizzazione dell'impianto è perlopiù destinata ad uso agricolo, in particolare alla viticoltura, tuttavia, la scelta puntuale per la localizzazione della base degli aerogeneratori è stata mirata all'utilizzo di aree incolte, in tal modo da non interferire con le colture del territorio e potenziando l'aspetto economico, sociale ed ambientale del territorio ospitante.

I 13 aerogeneratori in progetto ricadono nel territorio di Mazara del Vallo (TP) alla località Borgo Iudeo, parimenti gran parte del cavidotto; l'ultimo tratto di quest'ultimo e la stazione, ricadono nel territorio di Marsala (TP); la superficie totale occupata dall'impianto eolico (considerando una polilinea che racchiude tutti gli aerogeneratori) è di circa 604 Ha.

Le coordinate geografiche di ciascuna aerogeneratore (WTG) sono riportate nella Tabella 1.

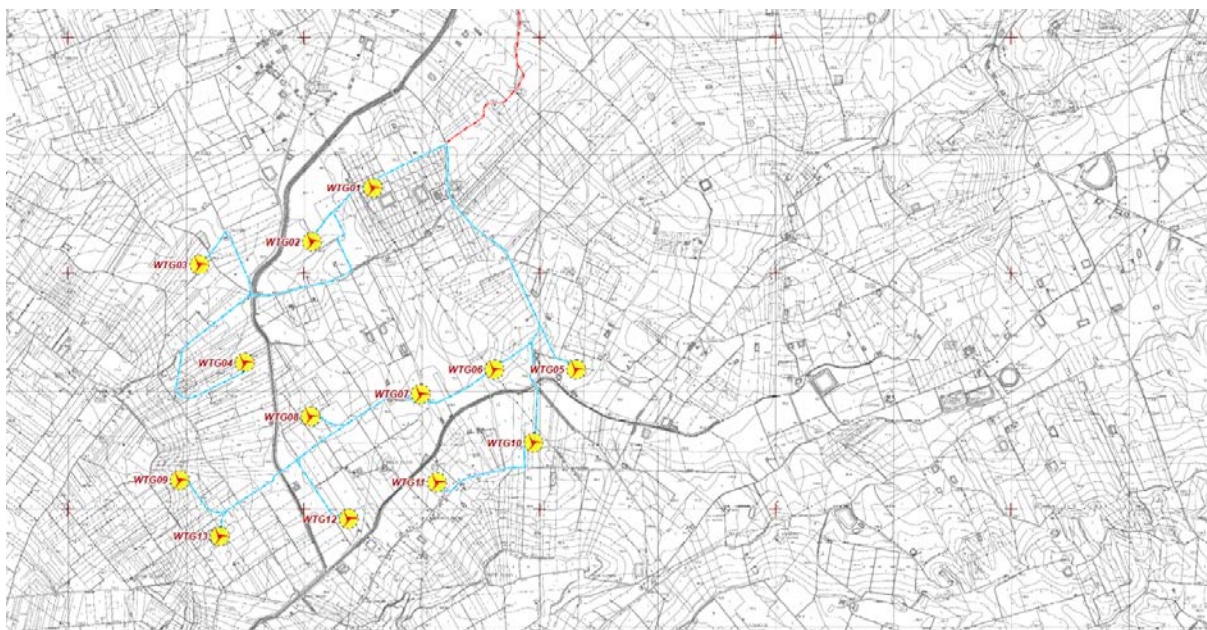


Figura 1 Inquadramento dell'area di realizzazione dell'impianto di 13 aerogeneratori per una potenza complessiva di 72.80 MW in agro del comune di Mazara del Vallo (TP) - stralcio dell'elaborato grafico "Corografia generale"

	UTM WGS 84 Lon. Est [m]	UTM WGS84 Lat. Nord [m]
WTG01	292585	4182726
WTG02	292068	4182269
WTG03	291114	4182075
WTG04	291497	4181244
WTG05	294311	4181186
WTG06	293617	4181185
WTG07	292991	4180978
WTG08	292056	4180788
WTG09	290947	4180249
WTG10	293948	4180567
WTG11	293130	4180231
WTG12	292380	4179921
WTG13	291295	4179770

Tabella 1: Coordinate geografiche dell'impianto

3. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

Il *quadro di riferimento progettuale*, secondo quanto riportato dall'*art. 4 del DPCM 1988*, "descrive il progetto e le soluzioni adottate a seguito degli studi effettuati, nonché l'inquadramento nel territorio, inteso come sito e come area vasta interessati.

Esso consta di due distinte parti, la prima delle quali esplicita le motivazioni assunte dal proponente nella definizione del progetto; la seconda concorre al giudizio di compatibilità ambientale e descrive le motivazioni tecniche delle scelte progettuali, nonché misure, provvedimenti ed interventi, anche non strettamente riferibili al progetto, che il proponente ritiene opportuno adottare ai fini del migliore inserimento dell'opera nell'ambiente, fermo restando che il giudizio di compatibilità ambientale non ha ad oggetto la conformità dell'opera agli strumenti di pianificazione, ai vincoli, alle servitù ed alla normativa tecnica che ne regola la realizzazione.

Il quadro di riferimento progettuale precisa le caratteristiche dell'opera progettata, con particolare riferimento a:

- a) la natura dei beni e/o servizi offerti;
- b) il grado di copertura della domanda ed i suoi livelli di soddisfacimento in funzione delle diverse ipotesi progettuali esaminate, ciò anche con riferimento all'ipotesi di assenza dell'intervento;
- c) la prevedibile evoluzione qualitativa e quantitativa del rapporto domanda-offerta riferita alla presumibile vita tecnica ed economica dell'intervento;
- d) l'articolazione delle attività necessarie alla realizzazione dell'opera in fase di cantiere e di quelle che ne caratterizzano l'esercizio;
- e) i criteri che hanno guidato le scelte del progettista in relazione alle previsioni delle trasformazioni territoriali di breve e lungo periodo conseguenti alla localizzazione dell'intervento, delle infrastrutture di servizio e dell'eventuale indotto.

Per le opere pubbliche o a rilevanza pubblica si illustrano i risultati dell'analisi economica di costi e benefici, ove già richiesta dalla normativa vigente, e si evidenziano in particolare i seguenti elementi considerati, i valori unitari assunti dall'analisi, il tasso di redditività interna dell'investimento.

Nel quadro progettuale si descrivono inoltre:

- a) le caratteristiche tecniche e fisiche del progetto e le aree occupate durante la fase di costruzione e di esercizio;
- b) l'insieme dei condizionamenti e vincoli di cui si è dovuto tener conto nella redazione del progetto e in particolare:

- 1) le norme tecniche che regolano la realizzazione dell'opera;
 - 2) le norme e prescrizioni di strumenti urbanistici, piani paesistici e territoriali e piani di settore;
 - 3) i vincoli paesaggistici, naturalistici, archi tettonici, archeologici, storico-culturali, demaniali ed idrogeologici, servitù ed altre limitazioni alla proprietà;
 - 4) i condizionamenti indotti dalla natura e vocazione dei luoghi e da particolari esigenze di tutela ambientale;
- c) le motivazioni tecniche della scelta progettuale e delle principali alternative prese in esame, opportunamente descritte, con particolare riferimento a:
- 1) le scelte di processo per gli impianti industriali, per la produzione di energia elettrica e per lo smaltimento di rifiuti;
 - 2) le condizioni di utilizzazione di risorse naturali e di materie prime direttamente ed indirettamente utilizzate o interessate nelle diverse fasi di realizzazione del progetto e di esercizio dell'opera;
 - 3) le quantità e le caratteristiche degli scarichi idrici, dei rifiuti, delle emissioni nell'atmosfera, con riferimento alle diverse fasi di attuazione del progetto e di esercizio dell'opera;
 - 4) le necessità progettuali di livello esecutivo e le esigenze gestionali imposte o da ritenersi necessarie a seguito dell'analisi ambientale;
- d) le eventuali misure non strettamente riferibili al progetto o provvedimenti di carattere gestionale che si ritiene opportuno adottare per contenere gli impatti sia nel corso della fase di costruzione, che di esercizio;
- e) gli interventi di ottimizzazione dell'inserimento nel territorio e nell'ambiente;
- f) gli interventi tesi a riequilibrare eventuali scompensi indotti sull'ambiente.

Per gli impianti industriali sottoposti alla procedura di cui al *D.P.R. 17 maggio 1988, n. 175*, gli elementi richiesti ai commi precedenti che siano compresi nel rapporto di sicurezza di cui all'*art. 5* del citato decreto possono essere sostituiti dalla presentazione di copia del rapporto medesimo."

3.1. CRITERI PROGETTUALI

Il progetto di questo impianto costituisce la sintesi del lavoro di un team di architetti, paesaggisti, esperti ambientali e ingegneri che ad esso hanno contribuito fino dalle prime fasi di impostazione del lavoro.

Ferma restando l'adesione alle norme vigenti in materia di tutela paesaggistica e ambientale, la proposta progettuale va ad indagare e ad approfondire i seguenti aspetti:

- *Caratteristiche orografiche e geomorfologiche* del sito, con particolare riguardo ai sistemi che compongono il paesaggio (acqua, vegetazione, uso del suolo, viabilità carrabile e percorsi pedonali, conformazione del terreno, colori),
- *Disposizione degli aerogeneratori sul territorio*, lo studio della loro percezione e dell'impatto visivo rispetto a punti di vista prioritari (insediamenti concentrati o isolati), a visioni in movimento (strade);
- *Caratteri delle strutture*, le torri, con indicazioni riguardanti materiali, colori, forma, ecc. e con particolare attenzione alla manutenzione e durabilità (rif. sezione 4 del progetto);
- *Qualità del paesaggio*, nel dettaglio i caratteri del territorio e le trasformazioni proposte (interventi di rimodellazione dei terreni, di ingegneria naturalistica, di inserimento delle nuove strade e strutture secondarie, ecc.), la gestione delle aree e degli impianti, i collegamenti tra le strutture;
- *Forme e sistemi di valorizzazione* e fruizione pubblica delle aree e dei beni paesaggistici (accessibilità, percorsi e aree di fruizione, servizi, ecc.);
- Indicazioni per l'uso di *materiali* nella realizzazione dei diversi interventi previsti dal progetto (percorsi e aree fruibili, strutture), degli impianti arborei e vegetazionali (con indicazione delle specie autoctone previste), eventuali illuminazioni delle aree e delle strutture per la loro valorizzazione nel paesaggio.

Con riferimento agli obiettivi e ai criteri di valutazione suddetti si richiamano alcuni criteri di base utilizzati nella scelta delle diverse soluzioni individuate, al fine di migliorare l'inserimento dell'infrastruttura nel territorio senza tuttavia trascurare i criteri di rendimento energetico determinati dalle migliori condizioni anemometriche:

- *rispetto dell'orografia* del terreno (limitazione delle opere di scavo/riporto);
- massimo *riutilizzo* della *viabilità esistente*; realizzazione della nuova viabilità rispettando l'orografia del terreno e secondo la tipologia esistente in zona o attraverso modalità di realizzazione che tengono conto delle caratteristiche percettive generali del sito;
- impiego di *materiali* che favoriscano l'integrazione con il paesaggio dell'area per tutti gli interventi che riguardino manufatti (strade, cabine, muri di contenimento, ecc.) e sistemi vegetazionale;

- attenzione alle condizioni determinate dai cantieri e ripristino della situazione “ante operam” con particolare riguardo alla reversibilità e rinaturalizzazione o rimboschimento delle aree occupate temporaneamente da camion e autogrù nella fase di montaggio degli aerogeneratori.

A tutto questo vanno aggiunte alcune considerazioni più generali legate alla natura stessa del fenomeno ventoso e alla conseguente caratterizzazione dei siti idonei per lo sfruttamento di energia eolica. È possibile allora strutturare un impianto eolico riappropriandosi di un concetto più vasto di energia associata al vento, utilizzando le tracce topografiche, gli antichi percorsi, esaltando gli elementi paesaggistici, facendo emergere le caratteristiche percettive (visive e sonore) prodotte dagli stessi aerogeneratori. L'asse tecnologico e infrastrutturale dell'impianto eolico, ubicato nei punti con migliori condizioni anemometriche e geotecniche, incrociandosi con le altre trame, diventa occasione per far emergere e sottolineare le caratteristiche peculiari di un sito.

3.2. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

L'impianto da progetto denominato “Borgo Iudeo” da realizzarsi nel comune di Mazara del Vallo in provincia di Trapani.

Come ben esplicito nel QUADRO PROGRAMMATICO l'area non si colloca in nessuno dei siti in cui vengono individuati habitat/specie floristiche e/o faunistiche a rischio o di interesse conservazionistico per cui non sono previste aree buffer ai sensi della normativa e della pianificazione vigente.

I terreni dell'area coinvolta sono collocati sul versante sinistro del torrente Iudeo nella parte nord-est del comune di Mazara del Vallo (11 km in linea d'aria).

La viabilità utile al collegamento dell'area è costituita dalla Strada Provinciale SP 40 che attraversa centralmente l'impianto e si collega, a nord, alla maggiore arteria costituita dalla SS 188. L'area di impianto nella parte ovest è raggiunta dalla SP 62.

L'area ricade in zona agricola in cui sono presenti rari immobili destinati ad annessi agricoli, alcuni ruderi ed alcune cantine.

La scelta dell'area in cui collocare l'impianto è stata effettuata a valle di alcuni aspetti imprescindibili citati nel precedente paragrafo "*Criteria progettuali*" e riassumibili come segue:

- Caratteristiche orografiche/ geomorfologiche dell'area;
- Caratteristiche anemologiche dell'area;
- Scelta delle Strutture (materiali e colori);
- Viabilità esistente;
- Impatto paesaggistico.

Nel pieno rispetto della normativa in quanto a siti non idonei e ai requisiti di sicurezza minimi ("*Requisiti di sicurezza*" - *Quadro di Riferimento Ambientale*) il layout definitivo non può prescindere da una verifica in situ grazie alla quale i punti interessati dalla futura installazione degli aerogeneratori vengano reputati idonei in quanto ad accessibilità e fattibilità dei lavori.

Per le coordinate geografiche di ciascun aerogeneratore fare riferimento alla Tabella 1.

3.2.1. Riferimenti cartografici

L'impianto ricade nella seguente cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM) - Serie M 892 - in scala 1:25'000:

- Foglio n. 617-I
- Foglio n. 618-IV

3.3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO EOLICO DA PROGETTO

A valle degli accorgimenti esposti nel paragrafo precedente "*CRITERI PROGETTUALI*" si è progettato, nel comune di Mazara del Vallo (TP), un impianto costituito da:

- N° 13 *aerogeneratori* (modello Vestas V162, potenza nominale 5,6 kW);
- N°1 *Cabina di trasformazione* (all'interno della torre) e n°1 cabina di *raccolta*;
- *Opere civili* quali:
 - ▲ fondazioni delle torri in calcestruzzo armato (con relativo impianto di messa a terra);
 - ▲ piazzole provvisorie per il montaggio degli aerogeneratori e lo stoccaggio degli elementi;
 - ▲ piazzole definitive per l'esercizio dell'impianto;
 - ▲ strade per l'accesso alle piazzole e dunque alle turbine;

- ▲ adeguamento della viabilità esistente.
- *Cavidotti interrati* in MT a 30 kV per l'interconnessione tra le macchine e per la connessione tra queste ultime e il punto di consegna;
- *Stazione elettrica di trasformazione* da MT ad AT (30/150 kV) di futura realizzazione con relativo ufficio di controllo, nel Comune di Marsala (TP);
- Breve raccordo aereo in antenna della suddetta stazione di trasformazione alla stazione RTN a 150/380 kV da realizzarsi nel comune Marsala (TP) e da allacciare in "entra-esce" sulla "Fulgatore-Partanna".

L'energia elettrica viene prodotta da ogni singolo aerogeneratore a bassa tensione (690 V) trasmessa attraverso una linea in cavo alla cabina BT/MT posta alla base della torre stessa, dove è trasformata a 30kV. Diverse linee in cavo collegheranno fra loro i gruppi di cabine MT/BT e quindi proseguiranno alla volta della cabina di raccolta, tali linee costituiscono il cavidotto di collegamento interno, mentre la linea in cavo che collega la cabina di raccolta alla stazione di trasformazione 30/150 kV costituisce il cavidotto esterno.

Per la realizzazione dell'impianto sono previste le seguenti opere ed infrastrutture:

- *Opere civili*: plinti di fondazione delle macchine eoliche; realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, ampliamento ed adeguamento della rete viaria esistente e realizzazione della viabilità interna all'impianto; realizzazione dei cavidotti interrati per la posa dei cavi elettrici; realizzazione del punto di consegna dell'energia elettrica, costituito da una stazione di trasformazione 30/150 kV di utenza. Per la connessione dell'impianto alla RTN è prevista la realizzazione delle opere descritte nel paragrafo "*Descrizione Opere Elettriche*".
- *Opere impiantistiche*: installazione degli aerogeneratori con relative apparecchiature di elevazione/trasformazione dell'energia prodotta; esecuzione dei collegamenti elettrici, tramite cavidotti interrati, tra gli aerogeneratori la cabina e la stazione di trasformazione. Installazioni, prove e collaudi delle apparecchiature elettriche (quadri, interruttori, trasformatori ecc.) nelle stazioni di trasformazione e smistamento. Realizzazione degli impianti di terra delle turbine, della cabina di raccolta e della stazione e realizzazione degli impianti relativi ai servizi ausiliari e ai servizi generali.

Scheda riassuntiva dati progettuali	
OGGETTO	Realizzazione di un parco eolico con n. 13 aerogeneratori di potenza unitaria 5.6 MW
COMMITTENTE	ITW Mazara S.r.l.
LOCALIZZAZIONE AEROGENERATORI	Comune di Mazara del Vallo (TP)
LOCALIZZAZIONE OPERE CONNESSIONE UTENTE	Marsala (TP)
N° AEROGENERATORI	13
MODELLO AEROGENERATORE	V162 Vestas
POTENZA SINGOLA	5.6 MW
POTENZA COMPLESSIVA	72.8 MW
H AEROGENERATORI s.l.m.	97.5 m
COLLEGAMENTO ALLA RETE	Cavidotto MT da 30, sottostazione elettrica di trasformazione 30/150 kV da ubicare nel Comune di Marsala (TP)
PRODUZIONE ANNUA ENERGIA STIMATA	256'251 MWh/anno
NUMERO DI ORE EQUIVALENTI	3'520 h/anno

Tabella 2: sintesi caratteristiche impianto eolico Mazara del Vallo (TP)

3.3.1. Descrizione Aerogeneratori

L'aerogeneratore ad asse orizzontale (*HAWT - Horizontal Axis Wind Turbines*) è la soluzione tecnologica attualmente più diffusa nella costruzione di impianti di energia da fonte eolica; esso si compone di una torre tubolare alta e snella in acciaio in cima alla quale viene posizionato il rotore tripala con navicella in vetroresina responsabile della captazione del vento e quindi della produzione di energia elettrica.

L'energia elettrica si ottiene per trasformazione dell'energia meccanica ottenuta a sua volta dall'energia eolica; vediamo come.

Il vento colpendo in direzione ortogonale il rotore avvia il movimento delle pale ma solo se supera un valore minimo di soglia chiamato di *cut-in* (2-4 m/sec); ovviamente ad esso per contrapposizione corrisponde un valore di velocità definito di *cut-out* (25 m/sec) raggiunto il quale la turbina, a vantaggio di sicurezza, va ad arrestarsi.

Avviato il movimento delle pale l'energia cinetica del vento viene trasformata in energia meccanica grazie a componenti elettromeccanici collocati all'interno della navicella: il rotore collegato all'albero di trasmissione lo fa girare e grazie alla presenza di un

generatore elettrico trasforma l'energia rotazionale dell'albero di trasmissione in energia elettrica.

L'aerogeneratore è dotato anche di un sistema di orientamento, di un sistema di arresto e di un sistema di controllo.

La società proponente, per il raggiungimento della potenza complessiva, ha ricorso al modello V162 da 5.6 MW prodotto dalla Vestas (Figura 2).

Segue la descrizione dettagliata di ciascuna componente.

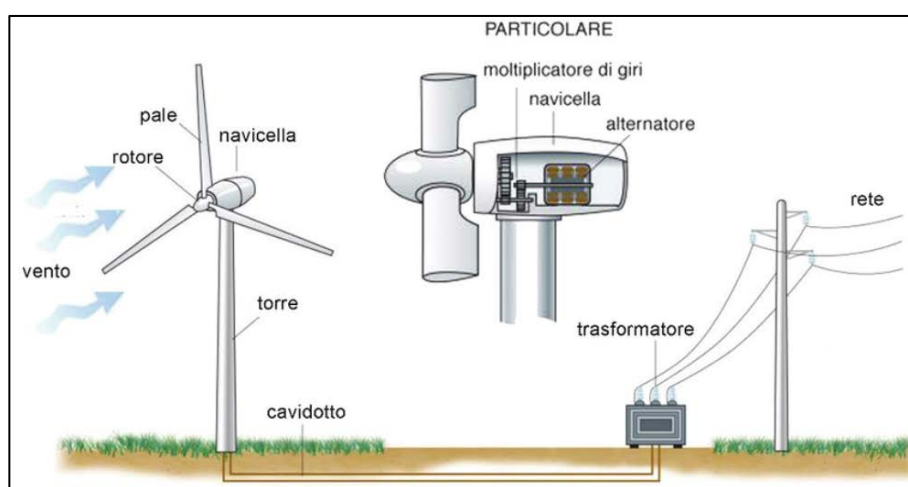


Figura 2: illustrazione delle componenti principali di un aerogeneratore

3.3.1.1. Torre

La torre è costituita in acciaio ed è di forma tubolare troncoconica, zincata e verniciata. La scelta del colore della vernice è vincolata all'impatto paesaggistico, si scelgono tonalità tali da aver un inserimento "morbido" della turbina nel paesaggio. In tal caso per il modello V162 della Vestas le colorazioni utilizzate sono illustrate in Tabella 3.

Colour of Vestas Tower Section		
	External:	Internal:
Standard Tower Colour	RAL 7035 (light grey)	RAL 9001 (cream white)

Tabella 3: colorazioni esterna ed interna rispettivamente per la turbina V162 della Vestas.

La torre, alta 119 m, funge da accesso alla turbina tramite apposita porta allocata nella parte inferiore; alla base della torre vi sono dei sistemi di illuminazione ausiliari, elementi

per il passaggio dei cavi elettrici e una scala con sistemi di sicurezza anticaduta funzionale all'accesso alla navicella; talvolta è presente anche un ascensore montacarichi.

Oltre alla funzione di accesso, la torre funge da sostegno per la navicella (posta sulla sua sommità) nella quale sono allocati tutti gli elementi che consentono la trasformazione dell'energia cinetica del vento in energia meccanica e poi in energia elettrica.

3.3.1.2. Navicella

Alla navicella si ha accesso grazie ad un foro che funge da collegamento con la torre. Nella navicella sono allocati tutti gli elementi elettromeccanici per la produzione di energia elettrica, in primis qui vi è allocato il trasformatore che possiede una potenza in ingresso di 800 V e restituisce in uscita una tensione variabile tra 19 e 36 kV.

La navicella è totalmente chiusa al fine di proteggere gli elementi ivi presenti dalle intemperie delle condizioni metereologiche che potrebbero accelerarne l'usura; il telaio di copertura è costituito in fibra di vetro e poggia su una banda in gomma a sua volta allocata sul sistema di imbardata funzionale all'orientamento della navicella.

Sulla parte superiore è presente una botola che agevola l'accesso al di sopra della navicella ai manutentori.

L'accesso alla navicella è dotato anche di un paranco di servizio della portata di 800 kg che può essere integrata fino a 6400 kg per il sollevamento delle componenti principali.

Per quanto concerne l'impatto percettivo che si ha della navicella essa viene realizzata in colorazioni tali da rendere morbido il suo inserimento paesaggistico; per il colore scelto per il modello V162 Vestas consultare la Tabella 4.



Figura 3: navicella della V162

Colour of Vestas Nacelles	
Standard Nacelle Colour	RAL 7035 (light grey)
Standard Logo	Vestas

Tabella 4: colorazione scelta per la navicella della turbina V162

3.3.1.3. Rotore e pale

Il rotore è l'elemento collegato all'albero motore principale che a sua volta è collegato al generatore tramite un sistema di trasmissione; il sistema di trasmissione collegato al generatore svolge il compito di moltiplicare il numero di giri in quanto l'aerogeneratore funziona con un basso numero di giri oscillante tra 4.3 e 12.1 rpm.

In commercio sono disponibili diverse tipologie di turbine, tra cui quelle ad asse orizzontale o verticale con monopala, bipala, tripala, multipala. L'adozione più comune, nella realizzazione di parchi eolici, è quella della tripala poiché, anche se a efficienza minore (in accezione di captazione del vento), risulta visivamente più piacevole (favorendo un inserimento armonico della turbina nel paesaggio) senza contare il fatto che, maggiore è il numero di pale, maggiore sarà il rumore da esse apportato.

Le pale affinché possano captare il vento devono disporsi in direzione dello stesso e opporre maggiore superficie possibile; non a caso vengono realizzate:

- Con materiali resistenti *quali fibra di vetro rinforzata con resina epossidica o fibra di carbonio*: le pale devono essere infatti resistenti ma, al tempo stesso, il più leggere possibile per minimizzare gli stress strutturali;

- Con *profilo aerodinamico*: il profilo delle pale viene realizzato in maniera del tutto simile alle ali di un aereo e grazie ad un sistema di controllo del passo a microprocessore *OptiTip* si ha l'ottimizzazione dell'angolo di pitch in base alle condizioni di vento prevalente. L'angolo di pitch può oscillare tra 0° e 90°. L'angolazione a 0° viene assunta in corrispondenza della *cut-in wind speed* (2-4 m/sec) di modo che, nell'innesco della rotazione delle pale, si opponga maggiore resistenza possibile al passaggio del vento.

Man mano che il valore della velocità procede verso quello della *cut-out wind speed* (24.5 m/sec) l'angolazione va a raggiungere i 90°, valore che corrisponde ad una posizione di taglio e che pertanto va a costituire un sistema di frenata aerodinamica (vedi paragrafo "*Sistema di arresto*") riducendo il rischio di rottura di elementi elettromeccanici e/o strutturali della turbina.

Le pale sono direttamente calettate al mozzo (hub) il quale serve a trasferire i carichi di reazione e la coppia all'asse principale. La struttura del mozzo supporta anche i cuscinetti delle pale e i cilindri costituenti il pitch system.

Segue schema riassuntivo delle caratteristiche specifiche del rotore installato sulla V162 (Tabella 5).

Rotore	
Diametro	162 m
Area spazzata	20611 mq
Velocità, intervallo di funzionamento dinamico	4.3 - 12.1 rpm
Senso di rotazione (vista frontale)	In senso orario
Orientamento rotore	sopravento
Numero di pale	3
Freno aerodinamico	Pale in bandiera
Pale	
Lunghezza	79.35 m
Corda max	4.3 m
Tipologia	Guscio strutturale alare
Materiale	Resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, fibre di carbonio e Punta in metallo solido (SMT)
Connessione delle pale	Con punte di acciaio
Profili alari	Con elevato sollevamento

Tabella 5: caratteristiche specifiche del rotore e delle pale ad esso connesse del modello Vestas V162

Esattamente come avviene per la torre anche le pale, per minimizzare la percezione visiva dell'aerogeneratore, vengono verniciate con determinati colori; per il modello V162 fare riferimento alla Tabella 6.

Blade Colour	
Standard Blade Colour	RAL 7035 (light grey). All lightning receptor surfaces on the blades are unpainted, excluding the Solid Metal Tips (SMT).
Tip-End Colour Variants	RAL 2009 (traffic orange), RAL 3020 (traffic red)
Gloss	< 30% ISO 2813

Tabella 6: colorazione scelta per le pale della turbina V162

3.3.1.4. Pitch system

Il pitch system è costituito da un cilindro idraulico montato sul mozzo e da un'asta del pistone montata ai cuscinetti delle pale.

La turbina è equipaggiata con sistema idraulico individuale per ciascuna lama; ciascun pitch system è collegato all'unità di trasferimento idraulico rotante.

3.3.1.5. Sistema di imbardata

Il sistema di imbardata è un sistema attivo che serve ad orientare la navicella (su di esso appoggiata), e di conseguenza il rotore, in direzione del vento; sistema attivo poiché dipende dal funzionamento di motori di orientamento attivati da una banderuola situata sulla copertura della navicella stessa.

3.3.1.6. Sistema di arresto

I sistemi di frenata di cui è dotato l'aerogeneratore sono due e sono indipendenti ma interconnessi fra loro; essi sono attivati idraulicamente e, nel dettaglio, sono:

- un sistema di frenata *aerodinamico*: è il sistema di regolazione delle pale che può essere utilizzato per frenare la turbina semplicemente variando l'angolazione delle pale (da 0° a 90°) rispetto al loro asse longitudinale facendo sì che il rotore esponga meno superficie al vento (già accennato nel paragrafo "Rotore e pale");
- un sistema di frenata *meccanico*: il quale incorpora un freno a disco idraulico fissato all'asse ad alta velocità ed integrato con un disco di frenata e 3 ganasce idrauliche con pastiglie. La frenata avviene in maniera controllata, al fine di tutelare il sistema (carichi ridotti al minimo) prolungandone la vita, e consiste nella regolazione del passo delle pale a bassa pressione idraulica. Al contrario, in casi di

emergenza, la frenata può avvenire a pressione elevata attivando le ganasce idrauliche.

Il sistema idraulico connesso al sistema di frenatura è in grado di fornire sempre il fluido in pressione, a prescindere dalla fornitura elettrica, grazie ad una riserva di energia permanente di cui è dotato.

3.3.1.7. Generatore

Il sistema costituito dalle tre pale si innesta direttamente sull'albero principale il quale trasmette la potenza al moltiplicatore di giri.

Il moltiplicatore di giri a sua volta trasferisce la potenza al generatore elettrico.

Il generatore è un generatore a magneti permanenti trifase collegato alla rete attraverso un convertitore in scala reale. L'alloggiamento del generatore consente la circolazione di aria di raffreddamento all'interno dello statore e del rotore.

Il calore generato dalle perdite viene rimosso da uno scambiatore di calore aria-acqua.

Segue tabella riassuntiva delle caratteristiche del generatore (Tabella 7).

Generatore	
Tipologia	Generatore sincrono a magneti permanenti
Potenza nominale	Fino a 5850 kW (in funzione del tipo di turbina)
Range di frequenza	0-138 Hz
Voltaggio	3 x 800 V (a velocità nominale)
N° poli	36
Tipo di avvolgimento	Forma con impregnazione pressurizzata sotto vuoto
Velocità operativa	0- 460 rpm
Sensori temperatura	sensori PT100 posti nei punti caldi dello statore

Tabella 7: caratteristiche specifiche del generatore del modello Vestas V162

3.3.1.8. Convertitore

Il convertitore è un sistema di conversione in scala reale che controlla sia il generatore che la potenza consegnata alla rete. Il convertitore è composto da 4 unità di conversione lato macchina e 4 unità di conversione lato linea che funzionano in parallelo con un controller comune.

Il convertitore controlla la conversione della corrente alternata a frequenza variabile del generatore in corrente alternata a frequenza fissa con i livelli di potenza attiva e reattiva desiderati (e altri parametri di connessione alla rete) e adatti alla rete.

Il convertitore si trova nella navicella ed ha una tensione nominale di rete di 720 V.

La tensione nominale del generatore è nominalmente 800 V ma dipende dalla velocità del generatore.

Segue tabella riassuntiva delle caratteristiche del convertitore (Tabella 8).

Convertitore	
Potenza apparente nominale	6850 kVA
Tensione di rete nominale	3 x 720 V
Tensione nominale del generatore	3 x 800 V
Corrente nominale di griglia	5500 A

Tabella 8: caratteristiche specifiche del convertitore del modello Vestas V162

3.3.1.9. Trasformatore

Il trasformatore è un tre fasi, tre arti, due avvolgimenti e a liquido immerso. Il trasformatore è a respiro aperto e dotato di un circuito esterno di raffreddamento ad acqua. Il liquido isolante utilizzato è rispettoso dell'ambiente e a bassa infiammabilità.

Il trasformatore di alta tensione si trova in una stanza chiusa a chiave nella parte posteriore della navicella; esso è progettato secondo gli standard IEC ed è disponibile nella versione Ecodesign conforme al Tier 2 del regolamento europeo sulla progettazione ecocompatibile n° 548/2014 stabilito dalla Commissione Europea.

Segue tabella riassuntiva delle caratteristiche del trasformatore (Tabella 9).

Trasformatore		
Tipologia	Trasformatore ad immersione con design ecocompatibile.	
Standards	IEC 60076-1, IEC 60076-16, IEC 61936-1	
Potenza nominale	7000 kVA	
Voltaggio nominale (Lato turbina)	U_m 1.1kV	0.720 kV
Voltaggio nominale (lato	U_m 24.0kV	19.1-22.0 kV

griglia)	U _m 36.0kV	22.1-33.0 kV
	U _m 40.5kV	33.1-36.0 kV
Frequenza	50 Hz / 60 Hz	
Sistema isolamento	Sistema di isolamento ibrido. Isolamento di avvolgimento: 120 (E), carta per aggiornamento termico 130 (B), isolamento ad alta temperatura Altri materiali possono avere classi diverse.	
Livello di potenza sonora	≤ 80 dB(A)	
Aumento della temperatura media degli avvolgimenti	Class 120 (E) ≤75 K 1 Class 130 (B) ≤85 K	
Liquido di isolamento, Tipologia/Punto di fuoco	Etere sintetico, biodegradabile / classe K (> 300°C)	
Liquido isolamento (quantitativo)	≤ 3000 kg	
Peso	≤11000 kg	

Tabella 9: caratteristiche specifiche del trasformatore del modello Vestas V162

3.3.1.10. Cavi ad alto voltaggio

Il cavo ad alta tensione scorre dal trasformatore, nella navicella, lungo la torre, verso il quadro HV situato nella parte inferiore della torre. Il cavo dell'alta tensione può essere di due diverse tipologie:

- a tre fili, isolato con isolamento in gomma, senza alogeni e con un conduttore di terra diviso in tre parti;
- a quattro fili, privo di alogeni e isolato in gomma.

Segue tabella riassuntiva delle caratteristiche dei Cavi ad alto voltaggio (Tabella 10).

Cavi ad alto voltaggio	
Composto di isolamento dei cavi ad alta tensione	Materiale EPR migliorato a base di etilene-propilene (EP) o gomma Etilene-propilene ad alto modulo o grado duro - HEPR
Pre-terminati	Connettore T di Tipo C a fine trasformatore. Connettore T di Tipo C a fine quadro.
Voltaggio Massimo	24 kV (per voltaggio nominale 19.1-22.0 kV) 42 kV (per voltaggio nominale 22.1-36.0 kV)
Sezioni trasversali del conduttore	3x70 + 70 mm ² (anima PE singola) 3x70 + 3x70/3 mm ² (nucleo in PE spezzato)

Tabella 10: caratteristiche specifiche dei cavi ad alto voltaggio del modello Vestas V162

3.3.1.11. Quadri di controllo

Un quadro di comando isolato in gas è installato sul fondo della torre come parte integrante della turbina. I suoi comandi sono integrati con il sistema di sicurezza della turbina che monitora le condizioni dei dispositivi di comando e di sicurezza oltreché i quadri ad alta tensione della turbina.

Questo sistema è denominato "Ready to Protect" e garantisce che tutti i dispositivi di protezione siano operativi ogni volta che i componenti ad alta tensione nella turbina vengono energizzati.

Per garantire che il quadro sia sempre pronto ad operare esso è dotato di circuiti di intervento ridondanti costituiti da una bobina di sgancio attiva e da una bobina di sgancio sotto tensione.

In caso di interruzione della rete, l'interruttore automatico disconnetterà la turbina dalla rete dopo un tempo regolabile. Al ritorno della connessione alla rete tutti i dispositivi di protezione pertinenti verranno automaticamente accesi tramite UPS¹; quando questi saranno tutti operativi, l'interruttore si richiuderà dopo un tempo regolabile. Inoltre è possibile utilizzare la funzionalità di richiusura implementando un'energizzazione sequenziale delle turbine del parco eolico di modo da evitare che la corrente fluisca simultaneamente in tutte le turbine al ritorno della rete a seguito dell'interruzione.

Nel caso in cui l'interruttore di circuito sia scattato a causa di un rilevamento di guasto, esso verrà bloccato e riconnesso solo tramite ripristino manuale.

Al fine di evitare l'accesso non autorizzato nella stanza del trasformatore il sezionatore di terra dell'interruttore automatico contiene un sistema di interblocco sottochiave con la sua controparte installata sulla porta di accesso alla stanza del trasformatore.

Il quadro può essere configurato in base al numero di cavi di rete previsti da far entrare nella singola turbina. Il design viene ottimizzato in modo che i cavi della griglia possano essere collegati al quadro ancor prima che la torre sia installata e mantenga così la sua protezione dalle condizioni meteorologiche e dalla condensa interna dovute a un imballaggio a tenuta di gas.

Il quadro è disponibile in una versione IEC e in una versione IEEE; le caratteristiche dipendono dalla tipologia di cabina quadro scelta.

¹ Uninterruptible Power Supply (UPS): garantisce l'alimentazione elettrica per il riavvio dopo la disconnessione dalla rete

3.3.1.12. Sistema di controllo - Vestas Multi Processor (VMP) Controller

La turbina è controllata e monitorata dal sistema di controllo VMP8000.

VMP8000 è un sistema di controllo multiprocessore composto da controller principale, nodi di controllo distribuiti, nodi IO distribuiti, switch ethernet e altre apparecchiature di rete. Il controller principale è posizionato nella parte inferiore della torre della turbina.

Tale sistema gestisce gli algoritmi di controllo della turbina e tutte le comunicazioni IO.

La rete di comunicazione è una rete Ethernet attivata in tempo (TTEthernet).

Il sistema di controllo VMP8000 offre le seguenti funzioni principali:

- Monitoraggio e supervisione dell'intera operazione;
- Sincronizzazione del generatore sulla rete durante la sequenza di connessione;
- Funzionamento della turbina eolica durante varie situazioni di guasto;
- Imbracatura automatica della navicella;
- OptiTip® - controllo del passo della lama delle pale;
- Controllo della potenza reattiva e funzionamento a velocità variabile;
- Controllo delle emissioni sonore;
- Monitoraggio delle condizioni ambientali;
- Monitoraggio della rete;
- Monitoraggio del sistema di rilevazione fumi.

3.3.1.13. Sistemi di protezione

La turbina è dotata di alcuni sistemi di protezione che fungono da *dispositivi di sicurezza* e vanno ad arrestare la turbina in caso di malfunzionamento; tra questi il:

- Sistema di protezione *overspeed*: per evitare che la velocità eccessiva possa inficiare sull'incolumità strutturale della turbina; per tale motivo l'albero di trasmissione e il generatore rpm sono direttamente connessi a sensori induttivi per il successivo innesco del freno aerodinamico;
- *Freno aerodinamico*: come già accennato in "*Sistema di arresto*" tale tipologia di freno interviene specie nei casi di alta velocità del vento ossia quando si è prossimi al valore di cut out wind-speed;
- Sistema di illuminazione - *Lightning Protection System (LPS)*: per la protezione della turbina da danni fisici arrecati da un eventuale fulminazione; il sistema si compone di:

- ▲ parafulmini i quali, ad eccezione dei Solid Metal Tips (SMT), non sono mai verniciati;
- ▲ un sistema per condurre verso il basso la corrente;
- ▲ protezione da sovratensione o sovracorrente;
- ▲ protezione contro campi magnetici ed elettrici;
- ▲ sistema di messa a terra.

Oltre che al controllo globale della turbina il sistema di controllo consente il monitoraggio da remoto della stessa e l'analisi dei dati operativi tramite l'utilizzo del sistema SCADA.

3.3.1.14. Ausiliari

Oltre alle componenti principali vi sono quelle ausiliari altrettanto essenziali per il corretto funzionamento dell'aerogeneratore come ad esempio:

- ▲ *Dispositivo idraulico per la lubrificazione* delle parti meccaniche tra cui il moltiplicatore di giri;
- ▲ *scambiatori di calore* per il raffreddamento dell'olio e del generatore, ivi compresi pompe e ventilatori;
- ▲ *anemometri e banderuole* per il controllo della turbina (sulla sommità della navicella);
- ▲ *luci di segnalazione* per gli aerei;
- ▲ *diversi sensori* per monitorare lo stato dei vari componenti e segnalare eventuali malfunzionamenti che necessitano di operazioni di manutenzione.

3.3.2. Descrizione Opere civili

3.3.2.1. Opere di fondazione

A valle delle indagini geologiche e geotecniche eseguite sul terreno è possibile scegliere per quale tipologia di fondazione optare di modo da poter impiantare le turbine nel terreno e fare in modo che le stesse possano resistere agli sforzi di ribaltamento e di slittamento cui sono sottoposte oltreché peso proprio, spinta del vento ed azioni sismiche.

Si opta generalmente per fondazioni a pianta circolare su pala (per la tipologia si rinvia ad indagini geologiche che verranno effettuate in seguito): vengono realizzati dei plinti in calcestruzzo armato di idonee dimensioni poggiati sopra una serie di pali; la profondità a cui installare tali pali è funzione delle caratteristiche geotecniche del sito.

Ai plinti, dotati di piastre di ancoraggio, sarà possibile ancorare direttamente il concio della fondazione in acciaio delle torri mediante l'utilizzo di bulloni.

Ma vediamo nel dettaglio *l'iter di realizzazione* dei plinti di fondazione:

- Scotico e livellamento dell'area interessata per la rimozione della copertura vegetale (spessore di 50-80 cm).
Il terreno rimosso può essere utilizzato nella fase di cantiere per ripristini e rinterri;
- Scavi fino alla quota di imposta delle fondazioni (2.40 - 2.60 m al di sotto del piano campagna rispetto all'asse verticale della torre);
- Posa della base circolare ed armatura in ferro, completamente interrata sotto il terreno di riporto, lasciando sporgenti in superficie solo i "dadi" tondi di appoggio nei quali sarà inghisata la virola di fondazione;
- Posa di una serie di conduit in plastica, opportunamente sagomati e posizionati (fuoriusciranno all'interno del palo metallico successivamente posato);
- Inserimento, nei conduit plastici, dei cavi elettrici di comando e controllo di interconnessione delle apparecchiature (tra aerogeneratori e quadri elettrici di controllo/trasformatori elevatori) e per i collegamenti di messa a terra.
- Installazione di una maglia di terra in rame, o materiale equivalente buon conduttore, opportunamente dimensionata. Tale maglia sarà idonea a disperdere nel terreno e a mantenere le tensioni di "passo" e di "contatto" entro i valori prescritti dalle normative, nonché a scaricare a terra eventuali scariche elettriche dovute ad eventi meteorici (fulmini);
- Interconnessione di tutte le masse metalliche costituenti l'impianto (apparecchiature esterne e tutte le masse metalliche che costituiranno le armature metalliche delle fondazioni) alla maglia;
- Collegamento della rete di terra al sistema di dispersione delle scariche atmosferiche;
- Livellamento del terreno intorno alle fondazioni con materiali idonei compattati (tessuto non tessuto e misto granulometrico di idoneo spessore).

3.3.2.2. *Piazzole*

Le piazzole che vengono realizzate sono:

- Di montaggio;
- Di stoccaggio;
- Temporanee.

Le piazzole di *stoccaggio* e *temporanee* sono funzionali alla sola fase di cantiere: quelle di stoccaggio servono alla posa degli elementi costituenti la turbina, mentre quelle

temporanee sono adibite al montaggio della gru o alla posa delle pale in attesa che queste vengano montate. Una volta dunque terminata la fase di cantiere saranno eliminate con il ripristino dello stato dei luoghi e sarà svolta la rinaturalizzazione del terreno di modo che sia riportato quanto più possibile alla situazione antecedente alla fase di cantiere.

La piazzola di *montaggio* avrà dimensioni stabilite in base a quelle della turbina; in tal caso le dimensioni previste sono di 50 m x 55 m per una superficie totale pari a 2750 mq.

Nella piazzola di montaggio viene posizionata la gru per il montaggio della turbina la quale verrà assemblata pezzo per pezzo (vedasi paragrafo "*Montaggio degli elementi costituenti l'aerogeneratore*").

A prescindere dalla tipologia di piazzola però vengono tutte create con lo stesso iter:

- Asportazione della copertura vegetale (spessore del terreno di 50 cm);
- Raggiungimento della quota del piano di posa della massicciata stradale (eventuale aggiunta di materiale da scavo se la quota del terreno scoticato risulta essere inferiore a quella del piano di posa);
- Geotessuto e/o geogriglia (solo per la piazzola di montaggio);
- Realizzazione massicciata stradale con terreno dalla pezzatura grossolana (spessore da realizzare di 40 cm);
- Strato di finitura con terreno a pezzatura fine (spessore da realizzare 10 cm).

Da notare che la piazzola di montaggio persisterà durante la fase di esercizio perché funzionale all'accesso della turbina, specie in caso di manutenzione; chiaramente verrà opportunamente ridimensionata (riduzione della superficie da 2750 mq a 2000 mq).

3.3.2.3. Viabilità

La viabilità utile al raggiungimento dell'impianto è costituita principalmente da strade provinciali che si connettono poi a tracciati interni all'area, i punti principali di accesso sono dati dalla *SP 40* e dalla *SP 62*. La *SP 40* conduce all'arteria maggiore costituita dalla *SS 188* che a sua volta si connette con la *E 90*.

Per consentire il transito di mezzi speciali funzionali al trasporto degli aerogeneratori si esegue una verifica della viabilità mediante sopralluogo e mediante delle prove di portanza di modo da stabilirne l'idoneità; se necessario un adeguamento (limitatamente alla fase di cantiere) si eseguiranno interventi di consolidamento e adeguamento del fondo stradale, allargamento delle curve, abbattimento temporaneo e ripristino di qualche

palizzata e/o recinzione in filo spinato (laddove e se esistenti), modifica di qualche argine stradale esistente ecc....

Gli interventi temporanei di adeguamento appena elencati saranno ripristinati, al termine della fase di cantiere, come "ante-operam".

Complessivamente, quindi, si prevede di realizzare l'adeguamento di alcuni tratti assieme alla realizzazione di tratti ex-novo.

La realizzazione di nuovi tratti della viabilità prevede le seguenti fasi:

- ▲ *tracciamento stradale*: consistente nello scorticamento superficiale per uno spessore complessivo di 50 cm;
- ▲ *formazione sezione stradale*: con opere di scavo, consolidamento scarpate e rilevati a maggior pendenza;
- ▲ *formazione sottofondo stradale*: posizionamento di terreno naturale o di riporto su cui viene posta la soprastruttura costituita da:
 - struttura fondazione: primo livello della soprastruttura costituito da terreno a grana grossolana (con diametro medio 15 cm) fino ad arrivare ad uno spessore di 40-50 cm;
 - struttura di finitura: secondo livello della soprastruttura posto più in superficie ed a contatto con le ruote degli automezzi; costituito da terreno a pezzatura fine (con diametro medio di circa 3 cm) fino a raggiungere uno spessore di 10 cm.

I nuovi tratti di viabilità, al contrario di quelli già esistenti, non prevedono una finitura con pavimentazione stradale bituminosa ma saranno realizzati con materiali drenanti.

Per assicurare il passaggio agevole dei mezzi di trasporto speciale le strade devono rispettare alcune accortezze, quali:

- *larghezza* delle sezioni lineari non inferiore a 4.5 m; in realtà andrebbe utilizzato un software di simulazione del passaggio mezzi per conoscere l'esatto valore di ampiezza richiesto;
- *Inclinazione o pendenza*, diversa in base al tipo di tratto interessato; per
 - ▲ Tratti lineari, il valore della pendenza tollerato è pari max al 10 %;
 - ▲ Tratti in curva (stretto raggio, elevato angolo), il valore non dovrebbe superare il 7%.

Da tener conto che nelle zone di montagna caratterizzate da elevate pendenze è facile incorrere in tratti in cui la pendenza sia maggiore del 15%, motivo per cui si

ricorre a cementazione, limitatamente alla fase di cantiere, per evitare di ricorrere poi ad eccessive alterazioni morfologiche nel momento in cui debba esser ristabilito il tratto.

- Pendenza laterale mai maggiore del 2% (Figura 4).

(a)



(b)



Figura 4: illustrazioni prese dal "*Wind farm Roads Requirements*" della Vestas, relative alla pendenza longitudinale (a) e alla pendenza laterale della carreggiata (b).

Per agevolare lo scorrimento superficiale delle acque meteoriche è prevista la predisposizione di una tubazione dal diametro di 1200 mm laddove la strada dovesse intercettare le linee di impluvio.

Chiaramente al termine della fase di cantiere, con il ripristino dello stato dei luoghi, si prevede l'adeguamento della stessa viabilità con rimozione di eventuale materiale in eccesso, sistemazione delle cunette lateralmente a ciascun tratto (in quanto utile in fase di esercizio) e lavori di ripristino dei tratti originariamente asfaltati qualora si fossero deteriorati durante le fasi di trasporto delle apparecchiature e dei materiali da costruzione e realizzazione delle opere.

La viabilità così realizzata, in quanto permanente (nella fase di esercizio), potrà esser utilizzata anche dagli imprenditori agro-pastorali per adempiere alle loro attività.

3.3.2.4. *Stazione di trasformazione MT/AT*

Per la realizzazione della stazione di trasformazione elettrica MT/AT sono previste una serie di attività che vanno dalla preparazione e predisposizione dell'area alla realizzazione della recinzione e dell'illuminazione.

Vediamole di seguito in dettaglio.

3.3.2.4.1. Preparazione del terreno della stazione e recinzioni

L'area su cui verrà realizzata la stazione dovrà essere sostanzialmente pianeggiante. Sarà perciò necessario soltanto un minimo intervento di regolarizzazione con movimenti di terra molto contenuti per preparare l'area.

L'area verrà sottoposta ad una serie di attività quali:

- scotico e livellamento con asportazione di un idoneo spessore di materiale vegetale (variabile dai 50 agli 80 cm);
- scavi e riporti fino alla quota di imposta delle fondazioni;
- regolarizzazione e messa in piano del terreno;
- realizzazione di opportune opere di contenimento (definite solo a valle dei rilievi piano-altimetrici definitivi e della campagna di indagini sui terreni, atta a stabilirne le caratteristiche fisiche e di portanza);
- realizzazione di muri esterni di recinzione realizzati "a gradini" seguendo l'attuale andamento naturale del terreno (lo stesso terreno pre-escavato) minimizzare le opere di contenimento e le movimentazioni dei terreni fino alle quote stabilite;
- realizzazione di sistemi drenanti (con l'utilizzo di materiali idonei, pietrame di varie dimensioni e densità) per convogliare le acque meteoriche in profondità sui fianchi della sottostazione.

3.3.2.5. *Strade e piazzole*

Le strade interne all'area della stazione avranno larghezza non inferiore a 4 m e saranno asfaltate; le piazzole per l'installazione delle apparecchiature saranno ricoperte con adeguato strato di ghiaione stabilizzato (le finiture superficiali contribuiranno a ridurre i valori di tensione di contatto e di passo effettive in caso di guasto a terra sul sistema AT).

L'ingresso alla stazione avrà una larghezza non inferiore ai 7 m.

3.3.2.6. *Smaltimento acque meteoriche e fognarie*

Per la raccolta delle acque meteoriche sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale

che convoglierà la totalità delle acque raccolte dalle strade e dai piazzali in appositi collettori (tubi, vasche di prima pioggia, pozzi perdenti, ecc.). Lo smaltimento delle acque meteoriche è regolamentato dagli enti locali; pertanto, a seconda delle norme vigenti, si dovrà realizzare il sistema di smaltimento più idoneo, che potrà essere in semplice tubo, da collegare alla rete fognaria mediante sifone o pozzetti ispezionabili, da un pozzo perdente, da un sistema di subirrigazione o altro.

3.3.2.7. Ingressi e recinzioni

Il collegamento dell'impianto alla viabilità ordinaria sarà garantito dalla adiacente strada di accesso alla stazione elettrica esistente, avente caratteristiche idonee per qualsiasi tipo di mezzo di trasporto su strada. Per l'ingresso alla stazione, è previsto un cancello carrabile largo 7 m di tipo scorrevole ed un cancello pedonale, ambedue inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato. La recinzione perimetrale deve essere conforme alla norma *CEI 11-1*.

3.3.2.8. Illuminazione

L'illuminazione della stazione sarà realizzata con torri faro a corona mobile, alte 35 m, con proiettori orientabili.

3.3.3. Descrizione Opere elettriche

Le opere elettriche vedono un insieme di elementi che vanno dalla connessione in turbina stessa sino al cavidotto aereo in AT.

Vediamoli di seguito in dettaglio.

3.3.3.1. Cavidotto in MT

Il cavidotto in MT ha origine alla base dell'aerogeneratore dove vi sono:

- Arrivo del cavo BT proveniente dal generatore;
- Trasformatore elevatore BT/MT 0.720/300 kV;
- Cella MT, punto di innesto del cavidotto MT.

Il cavidotto in MT, collocato nei comuni di Mazara del Vallo e Marsala (TP), è funzionale a:

- ▲ interconnessione dei vari aerogeneratori grazie al sistema "entra-esce";
- ▲ collegamento aerogeneratori - stazione elettrica di trasformazione MT/AT.

Il cavidotto MT viene generalmente posto parallelamente alla rete viaria già esistente (di modo da non intervenire con modifiche eccessive della morfologia del terreno) e interrato

annullando l'impatto percettivo che potrebbe generare. In casi particolari come l'intersezione con linee di impluvio o rete di tratturi o della stessa rete viaria, onde evitare di andare a modificarne la morfologia, si esegue l'interramento del cavidotto con la TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata).

A seconda del numero di cavi da posare all'interno dello stesso scavo vi sono 4 diverse tipologie di posa come illustrato nella Figura 5.

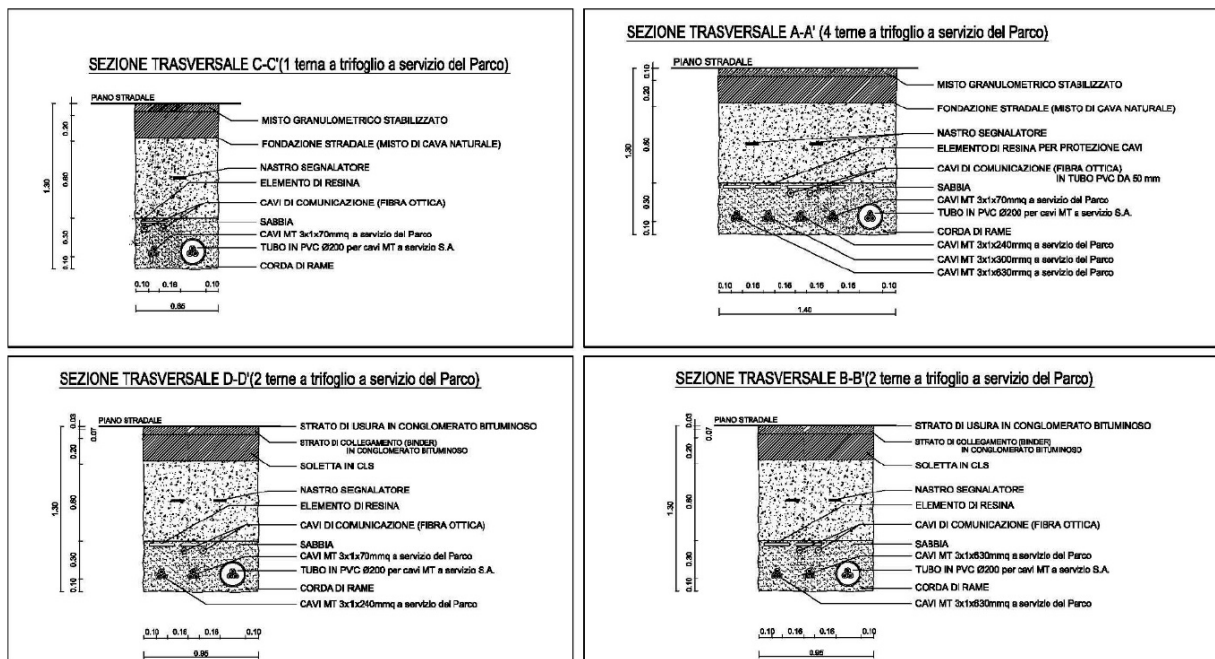


Figura 5: sezioni per la posa del cavidotto

Il cavidotto generalmente viene interrato assieme alla *fibra ottica* e al *dispersore di terra a corda* di rame di sezione 35 mm²; mentre la fibra ottica serve per il monitoraggio e il telecontrollo degli aerogeneratori, il dispersore di terra a corda (che collega gli impianti di terra dei singoli aerogeneratori) serve a diminuire le tensioni di passo e di contatto e a disperdere le correnti dovute a fulminazioni.

L'iter per lo scavo e la posa del cavidotto, insieme alla fibra ottica e al dispersore di terra a corda di rame, in una sezione obbligata di profondità pari ad 1.20 m, prevede le seguenti fasi:

- posa di un sottile strato di sabbia;
- posa dei cavi a trifoglio;
- lastra di protezione;

- rinterro parziale con terriccio di scavo;
- posa di un tubo in PEAD/ PVC per allocazione del cavo in fibra ottica;
- rinterro parziale con terriccio di scavo;
- posa del nastro segnalatore;
- ripristino del manto stradale;
- apposizione dei paletti di segnalazione della presenza del cavo.

La posa del cavo deve essere preceduta dall'ispezione visiva delle tubazioni e dall'eventuale pulizia interna.

Da notare che le manovre di messa in posa del cavidotto devono essere eseguite con cautela perché, affinché si conservino le caratteristiche della fibra, essa non deve essere soggetta a lesione/deformazione alcuna motivo per cui:

- L'imbocco delle tubazioni deve essere munito di idoneo dispositivo atto ad evitare lesioni del cavo;
- Nelle tratte di canalizzazioni comprensive di curve in tubo posato in sabbia, la tesatura del cavo deve essere realizzata con modalità di tiro che non produca lesioni al condotto di posa;
- Per limitare gli sforzi di trazione si può attuare la lubrificazione della guaina esterna del cavo con materiale non reagente con la stessa.

Stessa accortezza deve essere fatta durante la posa della fibra ottica, il rispetto dei limiti di piegatura e tiro è garanzia di inalterabilità delle caratteristiche meccaniche della fibra:

- lo sforzo di tiro che può essere applicato a lungo termine sarà al massimo di 3000 N;
- Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 20 cm.

Se inavvertitamente il cavo subisce deformazioni o schiacciamenti visibili, la posa deve essere interrotta e dovrà essere effettuata una misurazione con OTDR per verificare eventuali rotture o attenuazioni eccessive provocate dallo stress meccanico. Nel caso che il cavo subisca degli sforzi di taglio pronunciati, con conseguente rottura della guaina esterna, deve essere segnalato il punto danneggiato e si potrà procedere alla posa del cavo dopo aver preventivamente isolato la parte di guaina lacerata con nastro gommatto vulcanizzante tipo 3M.

L'isolamento del cavidotto è garantito mediante guaina termo-restringente.

3.3.3.1.1. Caratteristiche tecniche cavidotto e fibra ottica

Vengono riportate di seguito le caratteristiche tecniche del cavidotto MT (Tabella 11), della fibra ottica (Tabella 12).

N.B.: da tener presente che in fase esecutiva, in base alle disponibilità di approvvigionamenti, potrebbero essere selezionati materiali differenti.

Designazione	ARG7H1RNR o ARG7H1RNRX
Conduttori	a corda rotonda compatta di alluminio
Grado di isolamento	18/30 kV
Sezione nominale	≥ 70 mm ²
Tensione nominale	30 kV
Corrente massima di esercizio	866 A
Frequenza Nominale	50 Hz

Tabella 11: caratteristiche tecniche cavidotto MT

Numero delle fibre	12
Tipo di fibra multimodale	62.5/125
Diametro cavo	11,7 mm
Peso del cavo	130 kg/km circa
Massima trazione a lungo termine	3000 N
Massima trazione a breve termine	4000 N
Minimo raggio di curvatura in installazione	20 cm
Minimo raggio di curvatura in servizio	10 cm

Tabella 12: caratteristiche tecniche del cavo in fibra ottica

3.3.3.1.2. Descrizione del tracciato

Il tracciato del cavidotto viene studiato secondo quanto previsto *dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n°1775*, comparando le esigenze della pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.

Il tracciato dipenderà dal punto di connessione che verrà selezionato per il progetto, ma in ogni caso saranno adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare dei predefiniti limiti di convenienza tecnico economica;
- evitare di interessare nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le eventuali zone di pregio naturalistico, paesaggistico ed archeologico;
- transitare su aree di minore pregio interessando prevalentemente aree agricole e sfruttando la viabilità di progetto dell'impianto eolico.

3.3.3.1.3. Giunzioni

Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo MT disponibile (lunghezza minima della pezzatura 600 m), si dovrà provvedere alla giunzione di due spezzoni. Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi utilizzati. Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo con la norma *CEI 20-24* seconda edizione ed alle indicazioni riportate dal Costruttore dei giunti.

L'esecuzione delle giunzioni sarà effettuata secondo le seguenti indicazioni:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale;
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.

Ad operazione conclusa devono essere applicate sul giunto delle targhe identificatrici per ciascun giunto in modo da poter individuare: l'esecutore, la data e le modalità di esecuzione.

3.3.3.1.4. Terminazione ed attestazione cavi MT

Tutti i cavi MT posati dovranno essere terminati da entrambe le estremità.

Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno delle celle dei quadri, si deve realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capocorda a compressione per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto da entrambe le estremità.

Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta ad identificare: esecutore, data e modalità di esecuzione nonché l'indicazione della fase (R, S o T).

I cavi per l'impianto di media tensione a 30 kV saranno in rame di tipo unipolare schermati armati quindi oltre alla messa a terra dello schermo sopra detta, si dovrà prevedere anche la messa a terra dell'armatura del cavo. Tale armatura, che rimane esterna rispetto al terminale, sarà collegata a terra nel seguente modo:

- tramite la saldatura delle due bande di alluminio della codetta del cavo di rame;
- tramite una fascetta (di acciaio inossidabile o di rame) che stringa all'armatura la codetta di un cavo di rame;
- tramite morsetti a compressione in rame (previo attorcigliamento delle bande di alluminio componenti l'armatura ed unione alla codetta del cavo di rame).

La messa a terra dovrà essere effettuata da entrambe le parti del cavo. Tale messa a terra sarà connessa insieme alla messa a terra dello schermo. Il cavo di rame per la messa a terra sia dell'armatura che dello schermo deve avere una sezione di 35 mm².

3.3.3.1.5. Giunti di isolamento cavi MT

Sui cavi MT in uscita dall'impianto dovranno essere realizzati i giunti di isolamento tra gli schermi dei due diversi impianti di terra (dispersore di terra della stazione elettrica e dispersore di terra dell'impianto eolico).

I giunti di isolamento dovranno garantire la tenuta alla tensione che si può stabilire tra i due schermi dei cavi MT e dovranno essere realizzati in modo tale da ottenere una ottimale distribuzione del campo elettrico (campo tipo radiale) evitando pericolose

concentrazioni di campo elettrico per spigolosità. Sui giunti realizzati dovranno essere incluse targhe identificative di esecuzione giunti su cui devono essere riportati (mediante incisione) il nominativo dell'esecutore e la data di esecuzione dei giunti stessi.

3.3.3.1.6. Terminazione ed attestazione cavi in fibra ottica

I cavi in fibra ottica dovranno essere terminati su appositi "cassetti ottici".

L'attestazione avverrà secondo il seguente schema di massima:

- posa del cavo, da terra al relativo cassetto ottico, previa eliminazione della parte eccedente, con fissaggio del cavo o a parete o ad elementi verticali con apposite fascette, ogni 0.50 m circa;
- sbucciatura progressiva del cavo, da eseguire "a regola d'arte";
- fornitura ed applicazione, su ciascuna fibra ottica, di connettore;
- esecuzione della "lappatura" finale del terminale;
- fissaggio di ciascuna fibra ottica.

3.3.3.1.7. Coesistenza tra cavi elettrici e altre condutture interrate

3.3.3.1.7.1. Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici

I cavi aventi la stessa tensione possono essere posati alla stessa profondità, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro nel caso di posa diretta.

3.3.3.1.7.2. Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Negli incroci il cavo elettrico, di regola, deve essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione. La distanza fra i due cavi non deve essere inferiore 0,30 m ed inoltre il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi.

Tali dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato il distanziamento minimo di cui sopra, anche sul cavo sottostante deve essere applicata una protezione analoga a quella prescritta per il cavo situato superiormente. Non è necessario osservare le prescrizioni sopraindicate quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza necessità di effettuare scavi.

3.3.3.1.7.3. Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione i cavi elettrici devono di regola, essere posati alla maggiore distanza possibile fra loro e quando vengono posati lungo la stessa strada si devono posare possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra è ammesso posare i cavi in vicinanza purché sia mantenuta tra i due cavi una distanza minima, in proiezione sul piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m. Qualora detta distanza non possa essere rispettata è necessario applicare sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:

- Cassetta metallica zincata a caldo;
- Tubazione in acciaio zincato a caldo;
- Tubazione in PVC o fibrocemento, rivestite esternamente con uno spessore di calcestruzzo non inferiore a 10 cm.

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posato alla maggiore profondità quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m.

Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata in appositi manufatti (tubazione, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la possibilità di effettuare scavi.

3.3.3.1.7.4. Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrate

La distanza in proiezione orizzontale tra cavi elettrici e tubazioni metalliche interrate parallelamente ad esse non deve essere inferiore a 0,30 m.

Si può tuttavia derogare dalla prescrizione suddetta previo accordo tra gli esercenti quando:

- la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m;
- tale differenza è compresa tra 0,30 m e 0,50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubi convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro tipo di posa è invece consentito, previo accordo tra gli Enti interessati, purché il cavo elettrico e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro. Le superfici esterne di cavi d'energia e tubazioni metalliche interrate non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non

saldati delle tubazioni stesse. Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio. Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi elettrici e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione, è superiore a 0,50 m. Tale distanza può essere ridotta fino ad un minimo di 0,30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano si venga interposto un elemento separatore non metallico (ad esempio lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 m di larghezza ad essa periferica.

Le distanze suddette possono ulteriormente essere ridotte, previo accordo fra gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in un manufatto di protezione non metallico. Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento.

3.3.3.2. Stazione elettrica di trasformazione MT/AT e Cavidotto AT

Gli elementi chiave nella consegna di energia prodotta, in questo ultimo step, sono:

- Stazione elettrica di utenza di trasformazione a 150/30 kV;
- Cavidotto AT interrato di circa 100 m che funge da collegamento tra la sottostazione di trasformazione e la stazione di smistamento;
- Stallo AT condiviso con altri produttori.

L'ubicazione della stazione viene determinata a valle dell'individuazione del punto di connessione e realizzata in prossimità della strada esistente; inoltre verrà dotata di un accesso di larghezza adeguata per consentire il transito agli automezzi (necessari per la costruzione e la manutenzione periodica) e di un ingresso pedonale indipendente al locale di misura.

La sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT in tal caso sarà realizzata e allocata nel comune di Marsala (TP) nei pressi della futura stazione di trasformazione e consegna RTN 380/150 kV da inserire in "entra-esce" sulla "Fulgatore-Partanna".

L'impianto è principalmente costituito da:

- n°1 montante 150kV di collegamento all'elettrodotto in barra rigida costituito da sezionatore, trasformatori di misura e scaricatori di sovratensione;
- n°2 montanti 150kV di collegamento al trasformatore 30/150kV costituito da interruttore sezionatore, trasformatore di misura e scaricatore di sovratensione;
- n°2 trasformatore elevatore 30/150 kV;
- n°2 quadro elettrico 30kV, le apparecchiature di controllo e protezione della stazione e i servizi ausiliari, ubicati all'interno di un edificio in muratura.

Per dettagli vedasi paragrafo "*STAZIONE ELETTRICA RETE-UTENTE*" elaborato "*Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici*".

All'interno della stazione saranno previste, a distanza di sicurezza dalle apparecchiature elettriche, aree di transito e di sosta asfaltate, mentre l'area destinata alle apparecchiature elettriche all'aperto sarà ricoperta in ghiaia.

La recinzione della stazione sarà di tipo aperto, costituita da un muretto di base d'altezza circa 50 cm su cui saranno annegati dei manufatti distanziati tra loro come a formare i denti di un pettine. L'altezza complessiva della recinzione sarà pari a circa 3m.

I fabbricati, posti all'interno della recinzione, sono costituiti da un edificio promiscuo a pianta rettangolare e composto da:

- un locale comando - controllo - telecomunicazioni: il sistema di controllo permette, tra le tante cose, l'acquisizione/inoltro dati oltreché l'esecuzione di manovre di riduzione di potenza o disconnessione imposti da TERNA gestibili da una o più postazioni da remoto;
- un locale controllo aerogeneratori;
- un vano misure all'interno del quale sono allocati i contatori adibiti alla misura commerciale e fiscale dell'energia elettrica.

I fabbricati saranno in muratura oppure in lamiera coibentata, a seconda delle scelte progettuali in fase esecutiva.

Per finire la sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT si collega direttamente, tramite cavidotto AT di lunghezza 100-150 cm, alla stazione di smistamento della RTN.

Il cavidotto AT viene interrato e allocato in uno scavo adeguatamente riempito di modo che sia posto ad una quota di circa 1.70 m inferiore al piano campagna.

3.4. Analisi di Micrositing e Stima di producibilità

Nel seguente paragrafo sono riportate, in maniera sintetica, le *caratteristiche anemologiche* dell'area in cui è previsto l'impianto. Per una trattazione esaustiva dell'argomento si faccia riferimento alla relazione allegata "*Studio anemologico*".

Al fine di definire le principali caratteristiche anemologiche del sito di progetto, la scrivente si è avvalsa di dati anemometrici in proprio possesso dell'area in questione. La disponibilità temporale di suddetti dati è di circa 25 anni; il periodo di osservazione va dal 10/08/2017 al 23/07/2019 per l'ammontare di circa 24 mesi consecutivi.

3.4.1. Layout impianto

L'analisi svolta come indicato nei paragrafi precedenti dà indicazioni su come è possibile posizionare gli aerogeneratori in base al parametro "vento" in modo che l'impianto risulti il più produttivo possibile.

Un generale criterio di progettazione stabilisce che, allo scopo di minimizzare le mutue interazioni che s'ingenerano fra gli aerogeneratori, dovute ad effetto scia, distacco di vortici, ecc., le macchine debbano essere distanziate come minimo di 3 diametri dell'elica dell'aerogeneratore in direzione perpendicolare al vento dominante e minimo 5 diametri in direzione parallela al vento dominante. Ad onor del vero bisogna dire che i moderni software di progettazione utilizzano sistemi più complessi per la determinazione delle distanze da tenersi tra aerogeneratori contigui in modo da non comprometterne la produttività e da limitare al minimo le interferenze.

Nel caso in esame i rotori degli aerogeneratori di progetto hanno diametro pari a 162 metri, per cui si devono rispettare mutue distanze tra le torri di almeno 2'430 metri nella direzione di vento più produttiva e di almeno 486 metri nella direzione ad essa ortogonale.

Nel suo insieme, tuttavia, la disposizione delle macchine sul terreno (elaborato grafico "*Planimetria Impianto*") dipende, oltre che da considerazioni basate su criteri di massimo rendimento dei singoli aerogeneratori, da fattori legati alla natura del sito, all'orografia, all'esistenza o meno delle strade, piste, sentieri, alla presenza di fabbricati e, non meno importante, da considerazioni relative all'impatto paesaggistico

dell'impianto nel suo insieme. Tenere "un passo" regolare nel distanziamento tra le strutture di impianto giova certamente sotto l'aspetto visivo.

Modeste variazioni e spostamenti, dalla suddetta configurazione planimetrica regolare, sono stati introdotti, sia per garantire il rispetto dei requisiti di distanza, sia per contenere, nella definizione dei percorsi viari interni all'impianto, gli interventi di modificazione del suolo, quali sterri, riporti, opere di sostegno, ecc., cercando di sfruttare, nel posizionamento delle macchine, ove possibile, la viabilità esistente.

A seguito di simulazioni effettuate con il software specifico WindPRO, il layout definitivo dell'impianto eolico così come scaturito (elaborato grafico "*Planimetria Impianto*") è risultato il più adeguato sia sotto l'aspetto produttivo (si veda paragrafo seguente), sia sotto gli aspetti di natura vincolistica e orografica, sia sotto l'aspetto visivo. In merito all'ultimo aspetto menzionato, si sottolinea che si è riusciti a mantenere una distanza tra gli aerogeneratori regolare: l'interdistanza minima tra le torri degli aerogeneratori di progetto è pari a 4 volte il diametro ossia 648 metri (pari a più di 162 m).

3.4.2. Stima di producibilità

Con i dati anemometrici a disposizione è possibile eseguire una stima di producibilità utilizzando il programma WindPRO che è uno dei principali e più completi strumenti di analisi del vento attualmente disponibile sul mercato.

L'area destinata al progetto di realizzazione di un impianto eolico si trova in località "Borgo Iudeo" ed è composta da 13 aerogeneratori con potenza nominale pari a 5,6 MW. Nelle simulazioni che seguono è stata utilizzata la turbina Vestas V162 inserita all'interno del software in quanto non ancora disponibile tra i dati del fornitore.

Nella simulazione sono considerate le perdite di scia dovute alla mutua interferenza delle turbine e il deficit produttivo dovuto alla densità dell'aria leggermente inferiore a quella standard; vengono inoltre portate in conto le perdite elettriche e quelle imputabili alla affidabilità della macchina.

I dati relativi alle produzioni delle singole turbine evidenziano una buona scelta della disposizione delle macchine con perdite dovute all'effetto scia mediamente pari al 3.3 %. La media di ore equivalenti di funzionamento annue alla potenza nominale è pari a 3'942 h/anno. Questi valori, associati ai parametri di turbolenza specifici dei siti di installazione garantiscono sia una buona produzione dell'impianto sia ottime caratteristiche strutturali attinenti al fenomeno di sollecitazione a fatica su lungo periodo.

Nella Tabella 14 vengono riportati i valori di producibilità media annua delle 13 turbine del layout dell'impianto di progetto.

Turbina	Potenza [KW]	Net AEP [MWh/y]	Ore Anno
WTG01	5'600	18703	3340
WTG02		17828	3184
WTG03		17884	3194
WTG04		17302	3090
WTG05		17017	3039
WTG06		16831	3006
WTG07		16830	3005
WTG08		18134	3238
WTG09		18432	3291
WTG10		16358	2921
WTG11		16154	2885
WTG12		16638	2971
WTG13		18112	3234

Tabella 13: Valori di producibilità annua del parco eolico di progetto con le turbine Vestas V162 da 5,6 MW.

3.5. Attività di cantiere

Per l'esecuzione della fase di cantiere le attività previste sono così riassumibili:

- Predisposizione aree di ausilio al montaggio degli aerogeneratori quali:
 - ▲ Piazzola di montaggio (50 m x 55 m);
 - ▲ Piazzola di stoccaggio delle pale (20 m x 75 m).

Entrambe le piazzole verranno poi dismesse al termine delle attività di cantiere e la superficie verrà ripristinata alla condizione ante-operam con riporto della copertura vegetale e semina delle specie floristiche della zona.
- Scavi/sbancamenti, funzionali a:
 - ▲ Adeguamento viabilità/ nuova realizzazione per il raggiungimento delle turbine: per il passaggio degli automezzi adibiti al trasporto speciale vi è la necessità di realizzare delle strade con:
 - larghezza pari a 5 m;

- raggi di curvatura all'imbocco delle strade di accesso al cantiere tali da favorire le manovre (risulta difficoltoso specie per i camion effettuare le manovre di 180° in curva);
 - lunghezza di almeno 50 m dei tratti lineari;
 - sottofondo stradale resistente alle sollecitazioni inferte dai carichi verticali al passaggio degli automezzi: per tale motivo viene fatto uno sbancamento della profondità di 55 cm che verrà riempito con inerti di dimensioni differenti e verrà adeguatamente costipato e rullato.
- ▲ Predisposizione terreno per stazionamento autogrù;
 - ▲ Realizzazione fondazioni di sostegno delle turbine;
 - ▲ Posa cavidotti.

Il materiale di risulta sarà utilizzato nello stesso cantiere per eseguire i ricoprimenti ma qualora dovesse essere in quantità superiore verrà destinato a smaltimento in discarica autorizzata.

- Trasporti pezzi aerogeneratori: verranno trasportate, ad una ad una, tutte le componenti costituenti l'aerogeneratore ossia il concio di fondazione, la navicella, le singole pale, i tronchi di torre e il mozzo (hub);
- Montaggio elementi meccanici ed elettrici.

Da non dimenticare la regimentazione e canalizzazione delle acque superficiali che prevede la realizzazione della viabilità con pendenze laterali pari almeno al 2% (Figura 6).

3.5.1. Montaggio degli elementi costituenti l'aerogeneratore

Una volta costruito il plinto in c.a. della fondazione ed una volta che tutti gli elementi costituenti l'aerogeneratore siano stati trasportati, è possibile procedere con il montaggio.

Gli elementi essenziali costituenti l'aerogeneratore sono i seguenti:

- sezioni costituenti la torre;
- navicella completa (già munita di generatore, trasformatore, moltiplicatore di giri...);
- Set cavi di potenza;
- Mozzo pale (hub) e ogiva;
- Unità di controllo;
- Accessori (cavi di sicurezza, bulloni di assemblaggio, anemometri...).

Elemento chiave nella fase di montaggio è rappresentato dall'uso delle gru:

- Una gru tralicciata da 500 - 600 t con altezza sotto gancio pari a 100 m che verrà posizionata in prossimità della base della turbina sulla piazzola principale;
- Una gru di appoggio da 160 t;
- Un'altra gru di appoggio da 60 t.

Le gru di appoggio saranno poste in prossimità della piazzola principale.

Le fasi di montaggio sono così articolate:

- Una volta disposta l'unità di controllo sugli appoggi allocati sulla fondazione, il primo concio di torre viene sollevato e collegato al concio di fondazione annegato nel calcestruzzo;
- Sollevamento ed unione del secondo concio al primo e così via fino all'ultimo concio costituente la torre;
- Elevazione e collegamento della navicella in cima alla torre;
- Sollevamento e ancoraggio del rotore alla navicella;
- Calettamento delle pale al mozzo;
- Connessione del sistema di regolazione del passo delle pale;
- Posizionamento dei cavi della navicella all'interno della torre;
- Connessione dei cavi di potenza e di controllo ai cavi della navicella di modo che la turbina sia connessa in rete.

Le attività di montaggio di un singolo aerogeneratore prevede un tempo di circa 2-3 giorni; elemento essenziale da valutare durante il montaggio è accertarsi che il valore del vento a 60 m sia inferiore a 8 m/sec affinché l'operazione di montaggio non risulti difficoltoso e avvenga a vantaggio di sicurezza.

Da tener conto che le operazioni legate alla fase di cantiere verranno programmate di modo da arrecare meno impatto possibile:

- ▲ al di fuori del periodo riproduttivo delle specie faunistiche prioritarie presenti nell'area;
- ▲ lontano o comunque con riguardo a beni architettonici presenti;
- ▲ prevedendo un opportuno smaltimento:
 - degli inerti quali pietrisco, ghiaia, ciottoli, etc., nelle cave autorizzate;
 - dei terreni non utilizzati (per eventuali ricoprimenti o compattazioni) nelle discariche autorizzate;
- prevedendo adeguati servizi igienico- sanitari onde evitare di inquinare il suolo.

La matrice atmosfera sarà interessata da impatti negativi legati all'emissione di polveri, di sostanze inquinanti e di emissioni acustiche dovuti all'impiego dei mezzi di trasporto; impatto temporaneo e del tutto reversibile (vedasi paragrafo "*Misure di compensazione e mitigazione impatti - componente aria e clima*" - Quadro di riferimento ambientale).

3.5.2. Ripristino aree per la fase di esercizio

Alla fine della fase di cantiere sono previste una serie di attività funzionali al ripristino dello stato dei luoghi in modo da preparare quella che è l'area di cantiere alla fase di esercizio; nel dettaglio si prevede:

- *Sistemazione delle strade* con adeguamento della carreggiata (restringimento nel caso in cui fossero state allargate a 5 m per consentire il passaggio dei mezzi speciali di trasporto); è previsto anche l'adeguamento laterale con rimozione di eventuale materiale inerte e sistemazione delle cunette;
- *Rimozione delle piazzole di stoccaggio e di montaggio*;
- *Adeguamento della piazzola* alle dimensioni necessarie ad adempiere all'attività di manutenzione ordinaria e straordinaria durante la fase di esercizio: restringimento dell'area a 2000 mq;
- *Sistema di drenaggio superficiale* per consentire il deflusso delle acque meteoriche.

Durante la fase di esercizio si deve tener conto dello smaltimento dell'olio (utilizzato come lubrificante per tutti gli organi meccanici) da conferire al "**Consorzio Obbligatorio degli oli esausti**"² costituitosi ai sensi del *D.lgs. 22/97 art. 47* il 1° ottobre 1998 e regolato secondo *D.lgs. 152/06 art. 233 e ss.mm.ii.*

Nel dettaglio gli organi che richiedono l'olio come lubrificante sono:

- *Cuscinetti pala*: lubrificazione automatica da un'unità elettrica. Ricarica ogni 12 mesi;
- *Cuscinetti generatore*: lubrificazione automatica mediante sistema idraulico del moltiplicatore di giri;
- *Moltiplicatore di giri*: l'olio viene raccolto in un apposito serbatoio da cui poi viene pompato verso uno scambiatore di calore, quindi di nuovo al moltiplicatore di giri. Le pompe distribuiscono l'olio alle ruote e ai cuscinetti del moltiplicatore. Il

² Il CONOE è stato istituito con la funzione di organizzare, controllare e monitorare la filiera degli oli e dei grassi vegetali ed animali esausti a fini ambientali, a tutela della salute pubblica e, allo scopo di ridurre la dispersione del rifiuto trasformando un costo ambientale ed economico in una risorsa rinnovabile. ha iniziato la sua attività nel 2001.

sistema di lubrificazione del moltiplicatore di giri è un sistema ad alimentazione forzata che non prevede l'impiego di una coppa dell'olio integrata.

- *Riduttori di imbardata*: lubrificazione in bagno d'olio a tenuta stagna, con controllo ogni 12 mesi;
- *Impianto idraulico*: controllo del livello dell'olio ogni 12 mesi.

In caso di blackout o perdite di alimentazione di rete, un sistema di accumulatori di riserva fornisce la pressione sufficiente all'attuazione del passo delle pale e all'arresto dell'aerogeneratore.

Un apposito sistema di raccolta evita la dispersione di eventuali perdite d'olio all'esterno del mozzo.

Le macchine sono generalmente provviste di un sistema che evita dispersioni al suolo di oli lubrificanti.

3.6. Dismissione impianto

La dismissione dell'impianto si rende necessaria al termine della vita utile dello stesso (stimata attorno ai 20-25 anni) di modo da riqualificare il sito ospitante.

Lo smantellamento consiste nel:

- *smontare le torri*, separando tra loro tutte le macro-componenti (generatore, mozzo...) e cercando di identificare quali tra esse sia possibile eventualmente riutilizzare oppure sia necessario rottamare;
 - *rimuovere il cavidotto MT interrato* con le opportune attività di scavo: si eseguirà uno scavo a sezione ristretta con rimozione di tutti i materiali presenti (nastro segnalatore, tubo in PVC contenente la fibra ottica, sabbia riempitiva...).
- N.B.: Qualora si voglia salvaguardare la morfologia dell'area è possibile lasciare i cavi esattamente lì dove si trovano perché in realtà essendo interrati non danno alcun tipo di problema;
- *ripristino del manto stradale*.

Ovviamente non sarà in alcun modo possibile la dismissione della sottostazione e del cavidotto AT, opere che potrebbero servire per una futura altra connessione.