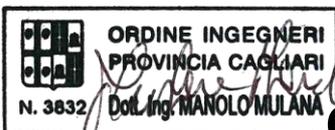


**Valutazione d'impatto ambientale D.Lgs. 152/2006 e
ss.mm.ii.**

BOREAS

**Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai e
Perdasdefogu nel territorio
del Comune di Jerzu (NU)**



STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

0	15/12/2020	Emissione per procedura di VIA	Sartec	Sartec	Sartec
---	------------	--------------------------------	--------	--------	--------



**Valutazione d'impatto ambientale D.Lgs. 152/2006 e
ss.mm.ii.**

BOREAS

**Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai e
Perdasdefogu nel territorio
del Comune di Jerzu (NU)**

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

COORDINAMENTO GENERALE:

Ing. Manolo Mulana – SARTEC – Saras Ricerche e Tecnologie

Ing. Giuseppe Frongia – I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.

PROGETTAZIONE:

Ing. Giuseppe Frongia (Direttore tecnico) - I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.

Gruppo di lavoro:

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Mariano Agus

Ing. Marianna Barbarino

Dott. Andrea Cappai

Ing. Enrica Batzella

Ing. Virginia Loddo

Ing. Gianluca Melis

Ing. Emanuela Pazzola

Dott.ssa Elisa Roych

Ing. Giuseppe Serpi

Ing. Emanuela Spiga

Ing. Francesco Schirru

Collaborazioni specialistiche:

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

Aspetti archeologici: Dott. Matteo Tatti

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Alessandro Miele

Aspetti floristico-vegetazionali: Dott. Mauro Casti

Aspetti pedologici ed uso del suolo: Dott. Marco Cocco

Rumore: Dott. Francesco Perria – Ing. Manuela Melis

Studio Previsionale per la valutazione delle interferenze con le telecomunicazioni - Prof. Ing. Giuseppe
Mazzarella – Ing. Emilio Ghiani

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	6
2	NORME TECNICHE CHE REGOLANO LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA	7
3	DESCRIZIONE GENERALE DEL PROCESSO PRODUTTIVO.....	10
4	ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI.....	12
4.1	PREMESSA	12
4.2	EVOLUZIONE DELLE SOLUZIONI TECNICHE PER LA CONFIGURAZIONE DI LAYOUT DI IMPIANTO	12
4.3	LA SCELTA LOCALIZZATIVA.....	18
4.4	LE SCELTE ORIENTATE AL CONTENIMENTO DEGLI IMPATTI VISIVI	21
4.5	PREVEDIBILE EVOLUZIONE DEL SISTEMA AMBIENTALE IN ASSENZA DELL'INTERVENTO....	26
5	CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA E MOTIVAZIONI DELLE SCELTE PROGETTUALI.....	28
5.1	ANALISI DELLE POTENZIALITÀ ANEMOLOGICHE.....	28
5.2	INTERVENTI IN PROGETTO.....	28
5.3	INFRASTRUTTURE ELETTRICHE.....	30
5.3.1	<i>L'impianto eolico di Ulassai – Stato di fatto</i>	30
5.3.2	<i>Aerogeneratori</i>	30
5.3.2.1	Aspetti generali.....	30
5.3.2.2	Torre di sostegno	33
5.3.2.3	Sistema elettrico dell'aerogeneratore.....	33
5.3.2.4	Convertitore	34
5.3.2.5	Generatore	34
5.3.2.6	Trasformatore elevatore di macchina.....	35
5.3.2.7	Quadro elettrico MT connessione rete	36
5.3.2.8	Trasformatore BT/BT per servizi ausiliari di torre.....	37
5.3.2.9	Quadro elettrico BT per servizi ausiliari di torre	37
5.3.2.10	Criteri di definizione dei tracciati	38
5.3.2.11	Tipologie di posa	38
5.3.2.12	Giunzioni cavi MT	39
5.3.2.13	Terminazione ed attestazione dei cavi	39
5.3.2.14	Attraversamenti / interferenze	39
5.3.2.15	Caratteristiche dei cavi MT	40
5.3.2.16	Cavi BT per energia e segnale.....	40
5.3.3	<i>Interventi previsti presso la SSE Utente</i>	41
5.3.3.1	Trasformatori elevatori d'impianto MT/AT	42
5.3.4	<i>Cavo AT connessione SSE Utente – SSE RTN 150 kV "Ulassai"</i>	45
5.3.5	<i>Interventi lato SSE 150kV RTN "Ulassai"</i>	47
5.3.6	<i>Impianto di terra e protezione dalle scariche atmosferiche</i>	48
5.4	OPERE STRADALI	50
5.4.1	<i>Viabilità di accesso al sito</i>	50
5.4.2	<i>Viabilità di servizio</i>	51
5.4.3	<i>Piazzole di macchina: principali caratteristiche costruttive e funzionali</i>	55
5.5	FONDAZIONE AEROGENERATORE	56
5.6	OPERE CIVILI AMPLIAMENTO STAZIONE ELETTRICA.....	59
5.7	APPONTAMENTO DI NUOVI SPAZI DA DESTINARE A FUTURO ACCUMULO ENERGETICO ..	61
5.8	OPERE DI REGOLAZIONE DEI DEFLUSSI	63
5.9	INTERVENTI DI RIPRISTINO, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE AMBIENTALE	64
5.9.1	<i>Interventi di mitigazione generali di buona conduzione del cantiere</i>	65

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

5.9.2	<i>Interventi di ripristino ambientale: criteri esecutivi</i>	66
5.10	SUPERFICI OCCUPATE	67
5.11	AREE DI CANTIERE DI BASE	68
5.12	MOVIMENTI DI TERRA	68
5.12.1	<i>Premessa</i>	68
5.12.2	<i>Viabilità, piazzole e fondazioni</i>	69
5.12.3	<i>Cavidotti per la distribuzione elettrica di impianto</i>	70
6	CRITERI DI GESTIONE DELL'IMPIANTO	72
7	RISCHIO DI INCIDENTI	73
7.1.1	<i>Rischio di distacco della pala di un aerogeneratore</i>	73
7.1.2	<i>Geometria del problema</i>	73
7.1.3	<i>Dati di base per il calcolo</i>	75
7.1.4	<i>Calcolo della gittata</i>	75
7.1.5	<i>Considerazioni aggiuntive e valutazione conclusiva</i>	76
8	DISMISSIONE E RIPRISTINO DEI LUOGHI	77
9	CANTIERIZZAZIONE E MESSA A REGIME	78
9.1	PREMESSA	78
9.2	CARATTERISTICHE DELLE LAVORAZIONI	78
9.2.1	<i>Opere civili dell'impianto eolico</i>	78
9.2.2	<i>Fornitura e montaggio dell'aerogeneratore</i>	79
9.2.3	<i>Opere per la realizzazione delle linee elettriche MT</i>	79
9.2.4	<i>Opere civili per l'allestimento stazione di utenza MT/AT</i>	80
9.2.5	<i>Montaggi elettromeccanici della sezione 30/150 kV della stazione di utenza</i>	80
9.2.6	<i>Gestione delle terre e delle rocce da scavo</i>	81
9.3	LOGISTICA DI CANTIERE	81
9.3.1	<i>Area logistica di cantiere</i>	82
9.3.2	<i>Aree di deposito materiali e mezzi</i>	84
9.3.3	<i>Segnaletica e informazioni per la sicurezza</i>	85
9.3.4	<i>Impianto elettrico di cantiere</i>	86
9.3.5	<i>Opere provvisorie nelle aree dove si svolgono lavorazioni</i>	86
9.3.6	<i>Rischi derivanti dall'ambiente esterno sul cantiere</i>	87
9.3.7	<i>Rischi che le attività del cantiere possono produrre sull'esterno</i>	87
10	CRONOPROGRAMMA PRELIMINARE DEI LAVORI	88

ELENCO DIDASCALIE TABELLE

Tabella 1. Coordinate e caratteristiche delle postazioni in progetto.	13
Tabella 2 – Viabilità di progetto	52
Tabella 3– Tratti di viabilità di servizio con pendenza superiore al 14%.....	53
Tabella 4 – Tipologia di materiale scavato.....	69
Tabella 5 – Riepilogo movimenti terra in fase di cantiere.....	69
Tabella 6- Volumi di scavo stimati per la realizzazione dei cavidotti di impianto	70

ELENCO DIDASCALIE FIGURE

Figura 1 - Localizzazione definitiva dei nuovi aerogeneratori in progetto (in blu).	17
Figura 2- Scelta delle caratteristiche dimensionali degli aerogeneratori da inserire in ampliamento di un impianto esistente (fonte RAS, Linee Guida per i Paesaggi industriali in Sardegna allegato alla Delib. G.R. n. 24/1 2 del 19.5.2015).	22
Figura 3 - Effetti prospettici di omogeneizzazione percettiva delle diverse taglie dimensionali (è evidenziata la posizione dei nuovi aerogeneratori in progetto)	23
Figura 4 - Incremento percentuale dell'IIPP nell'area di studio (25 km dagli aerogeneratori)	24
Figura 5- Incremento percentuale dell'IIPP nell'areale di massima attenzione (10 km dagli aerogeneratori)	25
Figura 6 – Aerogeneratore Vestas tipo V162 - 6 MW	31
Figura 7 – Aerogeneratore tipo V162 - 6 MW altezza al mozzo (1) 125 m, e diametro rotore (2) di 162m.....	32
Figura 8 – Curva di potenza generatore tipo V162-6 MW	33
Figura 9 – Schema unifilare semplificato con due UP e due regimi commerciali differenti (Fonte GSE).....	44
Figura 10 - Cavo AT 150 kV tipo ARE4H1H5E	46
Figura 11– Schema di connessione – Situazione Attuale	47
Figura 12 – Schema di connessione – Situazione futura	48
Figura 13 - Schema tipo impianto di messa a terra di un aerogeneratore	50
Figura 14– Pianta e vista della fondazione tipo dell'aerogeneratore	57
Figura 15 – Spazi da destinare alla nuova sezione di trasformazione 30/150 kV in aderenza alla SSE esistente	61
Figura 16 – Area individuata per la realizzazione di un terrapieno da destinare a futuro sistema di accumulo di energia di tipo elettrochimico e dei relativi sistemi di controllo della batteria... 63	
Figura 17 – Schema geometrico del fenomeno di distacco della pala di un aerogeneratore	74

1 INTRODUZIONE

La presente sezione dello Studio descrive il progetto e le soluzioni adottate nel rispetto dei vincoli imposti dalla normativa tecnica, da quella ambientale e dalla pianificazione territoriale.

Verranno di seguito richiamate le motivazioni all'origine della decisione di procedere alla realizzazione dell'intervento proposto e saranno illustrate le ragioni tecniche delle scelte progettuali operate. Particolare attenzione è stata rivolta, inoltre, alla descrizione delle misure ed accorgimenti che si è ritenuto opportuno adottare al fine di assicurare un accettabile inserimento dell'opera nell'ambiente.

Per ogni maggiore dettaglio circa le caratteristiche costruttive e gestionali del proposto ampliamento del Parco eolico di Ulassai e Perdasdefogu si rimanda all'esame delle relazioni componenti il progetto definitivo delle opere civili e delle infrastrutture elettriche.

2 NORME TECNICHE CHE REGOLANO LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

Di seguito è riportato un elenco, certamente non esaustivo, dei principali riferimenti di legge e delle norme tecniche applicabili per la progettazione e la realizzazione dell'intervento in esame. In particolare, gli impianti elettrici saranno progettati e realizzati nel pieno rispetto delle norme CEI applicabili.

Impianti elettrici - Norme CEI/UNI

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.
- CEI 99-3 (CEI EN 50522): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 20-89 - Guida all'uso e all'installazione dei cavi elettrici e degli accessori di MT.
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

Opere in cemento armato

- Legge n. 1086 del 5/11/1971. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Legge n. 64 del 2/2/1974. "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- Circ. M. LL.PP. 14 febbraio 1974, n. 11951, "Applicazione delle norme sul cemento armato".
- Circ. M. LL.PP. 9 gennaio 1980, n. 20049. "Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato".
- D. M. 11/3/1988. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare Ministero LL.PP. 24/9/1988 n. 30483: "Legge n.64/1974 art. 1 - D.M. 11/3/1988. Norme tecniche su terreni e rocce, stabilità di pendii e scarpate, progettazione, esecuzione, collaudo di opere di sostegno e fondazione".

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

- D.M. del 14/2/1992. “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- D.M. del 9/1/1996. “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- D.M. del 16/1/1996. “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.
- D.M. 16/1/1996. “Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi””.
- Circolare M.LL.PP. 04/07/1996 n. 156 AA.GG./STC. “Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi” di cui al D.M. 16/1/1996”.
- Circolare M. LL.PP. 15/10/1996, n. 252. “Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato ordinario e precompresso e per strutture metalliche” di cui al D.M. 9/1/1996”.
- Circolare 10/4/1997 n. 65 AA.GG. “Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. del 16/1/1996.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274 del 20/03/2003. “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Norma Italiana CEI ENV 61400-1. “Sistemi di generazione a turbina eolica. Parte 1: Prescrizioni di sicurezza”. Data di pubblicazione 06-1996.
- Norma internazionale IEC 61400-1 “*Wind Turbine Safety and Design*” del 1999.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3431 del 03/05/2005 – Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.
- UNI-EN 1992-1-1 2005: Progettazione delle strutture in calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI-ENV 1994-1-1 1995: Progettazione delle strutture composte acciaio calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”.

Sicurezza e salute sui luoghi di lavoro

- Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 (81/08) Titolo IV D.Lgs 81/08 (cantieri temporanei o mobili)
- Decreto - 22 gennaio 2008, n. 37 - Regolamento installazione degli impianti all'interno degli

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

edifici.

- L. 3 agosto 2007 n. 123 - Salute e sicurezza sul lavoro
- Circ. 3 novembre 2006 n. 1733 - Lavoro nero
- Determinazione 26 luglio 2006 n. 4/2006 - Sicurezza nei cantieri temporanei o mobili
- Art. 36 bis Decr. Legge 4 luglio 2006 n. 223
- Art. 131 D. Lgs 12 aprile 2006 n. 163
- D. Lgs. 19 agosto 2005 n. 192 - Attuazione della direttiva 2002/91/CE
- Circ. ISPESL 28 dicembre 2004, n. 13 - Impianti di terra e scariche atmosferiche
- D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 - Emissione acustica macchine all'aperto
- Circ. ISPESL 2 aprile 2002, n. 17 - Scariche atmosferiche e impianti elettrici
- D.P.R. 22 ottobre 2001, n. 462 - Scariche atmosferiche e impianti elettrici
- D.Lgs. 2 gennaio 1997, n. 10 - Dispositivi protezione individuale
- Circ. 6 marzo 1995, n. 3476 - Impianti da terra e scariche atmosferiche
- Circ. ISPESL 2 novembre 1993, n. 16089 - Reti di sicurezza
- D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 - Prodotti da costruzione
- D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475 - Dispositivi protezione individuale
- D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303 - Igiene del lavoro

Come accennato in precedenza, l'elenco normativo è riportato soltanto a titolo di promemoria informativo; esso non è esaustivo per cui eventuali leggi o norme applicabili, anche se non citate, andranno comunque applicate.

Infine, qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si dovranno applicare le norme più recenti.

3 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROCESSO PRODUTTIVO

L'impianto eolico in progetto sarà composto da n. 10 aerogeneratori, in grado di funzionare autonomamente e di produrre energia elettrica da immettere in rete dopo le necessarie fasi di trasformazione della tensione.

L'aerogeneratore si presenta come una torre d'acciaio alla cui sommità è fissata una "navicella", che supporta un "rotore" di tipo tripala.

All'interno della navicella della turbina eolica è alloggiato un generatore elettrico asincrono che è collegato al rotore mediante opportuni sistemi meccanici di riduzione/moltiplicazione dei giri, di frenatura e di regolazione della velocità.

La macchina eolica, per azione del vento sulle pale, converte l'energia cinetica del flusso d'aria (vento) in energia meccanica all'asse mettendo in movimento il rotore del generatore asincrono e determinando, in tal modo, la produzione di energia elettrica.

La navicella è posizionata su un supporto-cuscinetto e si orienta, attraverso un sistema di controllo automatico, in funzione della direzione del vento in modo da assicurare costantemente la massima esposizione al vento del rotore.

Il sistema di controllo automatizzato, oltre a vigilare sull'integrità della macchina, impedendo il raggiungimento di situazioni di esercizio pericolose, esegue anche il controllo della potenza, effettuato mediante rotazione delle pale intorno al loro asse principale (regolazione del passo - *pitch regulation*), in maniera da aumentare o ridurre la superficie esposta al vento della singola pala.

Concettualmente, assunta la curva tipica di indisponibilità di un generatore, l'energia elettrica annua producibile dalla macchina eolica [We] è esprimibile come sommatoria dei prodotti della potenza [P(v)] erogata in corrispondenza di una generica velocità del vento [v], per il numero di ore annue alle quali il vento spira a quella data velocità [T(v)]:

$$We = \sum [P(v) \cdot T(v)]$$

I nuovi aerogeneratori previsti, tutti in territorio di Jerzu, saranno elettricamente interconnessi e raggruppati in 4 sottocampi con cavi in Media Tensione (30 kV) per il successivo collegamento diretto alla stazione di utenza, ubicata in prossimità della S.P. 13 Perdasdefogu-Jerzu, nella zona nord del parco. Detta stazione elettrica (30/150 kV), opportunamente adeguata in accordo alle nuove esigenze derivanti dall'aumento della potenzialità energetica dell'impianto, convoglierà poi l'energia prodotta dagli aerogeneratori, tramite 1 nuovo trasformatore da 50/63 MVA, alla limitrofa stazione di rete AT (150 kV) di titolarità di Terna.

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

Il futuro Parco eolico Boreas verrà collegato in antenna a 150 kV su un nuovo stallo a 150 kV della stazione elettrica di smistamento della RTN esistente "Ulassai", previo:

- 1). Futura SE RTN 150kV da inserire in entra-esce alla linea 150kV RTN "Goni-Eaf Armungia";
- 2). Futura SE RTN 150kV da inserire in entra-esce alla linea 150kV RTN "Muravera- Selargius";
- 3). Nuovo elettrodotto a 150kV tra le due Stazioni suddette.
- 4). Potenziamento/rifacimento e rimozione delle limitazioni sulle RTN a 150kV, "Isili-Flumendosa2", "Arbatax -Lanusei" e "Arbatax-Flumendosa";
- 5). Futura SE RTN 150kV denominata "Selegas", in corrispondenza dell'incrocio delle direttrici "Goni-S. Miali" e "Villasor-Nurri" (di cui al Piano di sviluppo Terna).
- 6). Futura SE RTN 150kV da realizzare presso l'attuale Cabina primaria di Goni (di cui al Piano di Sviluppo terna);
- 7). Nuovo elettrodotto a 150kV "Selargius-Goni" (di cui al Piano di Sviluppo Terna);
- 8). Rimozione delle limitazioni sulle attuali linee a 150kV "Santu Miali-Goni" e "Santu Miali-Villasor" (di cui al Piano di Sviluppo Terna).

Le opere di rete previste nel Piano di Sviluppo di Terna non saranno inserite nell'iter autorizzativo del presente progetto.

Il collegamento in antenna a 150 kV alla SE RTN costituisce impianto di utenza, mentre il nuovo stallo arrivo produttore a 150 kV costituisce impianto di rete per la connessione e potrà essere condiviso con altri impianti di produzione.

Il progetto delle infrastrutture elettriche e lo Studio di impatto ambientale relativi al Parco eolico Boreas si riferiscono ai soli interventi relativi all'impianto di utenza.

Non appena le opere di rete saranno definite, progettate e validate da Terna, Sardeolica integrerà la documentazione presentata ai fini autorizzativi.

Sulla base dei dati anemologici disponibili e delle caratteristiche di funzionamento dell'aerogeneratore prescelto è stimabile una produzione energetica pari a 186.000 MWh/anno, corrispondente a circa 3100 ore equivalenti.

4 ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

4.1 Premessa

Come evidenziato in sede introduttiva, il proposto progetto di ampliamento del Parco eolico si configura come soluzione tecnica che scaturisce dal delinearsi di favorevoli presupposti di carattere normativo nonché da un percorso di ottimizzazione delle scelte progettuali sotto il profilo tecnico-ambientale, tenuto conto anche del rapido evolversi della tecnologia e del progressivo miglioramento delle *performance* energetiche degli aerogeneratori attualmente in commercio.

Nel percorso di sviluppo del progetto sono state attentamente esaminate le possibili soluzioni alternative relativamente ai seguenti aspetti:

- alternative di localizzazione delle nuove turbine;
- alternative sulle caratteristiche tecnico-dimensionali dei nuovi aerogeneratori (tipologia e altezza al mozzo dell'aerogeneratore);
- alternative di configurazione del lay-out di impianto.

Nel seguito saranno illustrati i criteri che hanno orientato le principali scelte progettuali e, per completezza di informazione, sarà ricostruito un ipotetico scenario atto a delineare sommariamente la prevedibile evoluzione del sistema ambientale in assenza dell'intervento.

4.2 Evoluzione delle soluzioni tecniche per la configurazione di layout di impianto

In considerazione del rapido evolversi della tecnologia nel settore eolico, che oggi mette a disposizione aerogeneratori di provata efficienza, con potenze più che doppie rispetto a quelle in uso nel 2010, la Sardeolica ha in programma l'ampliamento dell'impianto, da conseguirsi attraverso la realizzazione del progetto denominato *ABBILA*, consistente nell'installazione di n. 8 nuove turbine della potenza di picco indicativa di 5.6 MW ciascuna nei territori di Ulassai e Perdasdefogu, con procedimento di VIA nazionale avviato nell'aprile 2019, e del proposto progetto, denominato *BOREAS*, da svilupparsi in contiguità all'esistente impianto nel limitrofo territorio comunale di Jerzu (NU).

Nello specifico il progetto proposto prevede il potenziamento dell'impianto attraverso l'installazione di ulteriori n. 10 aerogeneratori di ultima generazione V162 (altezza al mozzo di 125 m), aventi potenza nominale indicativa di 6 MW ciascuna, per una potenza da installare di ulteriori 60 MW, che sarà operativamente limitata a 50 MW in ragione dell'attuale capacità disponibile sulla rete elettrica, in accordo con le indicazioni del Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN - Terna).

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

I nuovi aerogeneratori in progetto saranno dislocati nella porzione sudoccidentale del territorio di Jerzu - n. 4 in corrispondenza dei limiti settentrionali dell'esistente impianto eolico ed i restanti 6 secondo un allineamento indicativo nord-sud ai margini della SP 13 Jerzu-Perdasdefogu - tra quote altimetriche comprese indicativamente nell'intervallo 780÷860 m s.l.m (Tabella 1).

Per l'analisi delle alternative progettuali si rimanda all'elaborato AM-RTS10018.

Di seguito si riporta sinteticamente quanto valutato al fine di ottenere la soluzione progettuale più vantaggiosa dal punto di vista economico-ambientale.

Tabella 1. Coordinate e caratteristiche delle postazioni in progetto.

WTG	Coordinate Geografiche WGS84		Quota s.l.m [m]	Tipologia WTG	Altezza WTG mozzo [m]	Potenza [MW]
	Lat	Lon				
J01	39°45'02,34"	9°29'52,49"	814,45	V162	125	6
J02	39°44'57,80"	9°29'29,34"	835	V162	125	6
J03	39°44'49,35"	9°29'11,05"	804	V162	125	6
J04	39°44'36,04"	9°29'37,13"	799	V162	125	6
J05	39°44'05,72"	9°30'19,26"	670	V162	125	6
J06	39°43'58,44"	9°28'17,23"	740	V162	125	6
J07	39°43'34,15"	9°30'40,69"	806	V162	125	6
J08	39°43'20,07"	9°30'00,74"	820	V162	125	6
J09	39°43'11,08"	9°30'16,72"	652	V162	125	6
J10	39°43'05,28"	9°30'47,66"	631	V162	125	6

Per la definizione del layout si è tenuto conto dello Studio di interferenza con le telecomunicazioni dal quale è emerso che nessuna tra le 10 posizioni esaminate interferisce con i servizi suddetti, essendo tutte all'interno del parco esistente o nelle immediate vicinanze.

Le scelte tecniche sono state orientate ad eliminare, o affievolire sensibilmente, le potenziali interferenze, dirette e indirette, dell'intervento con ambiti sottoposti a tutela paesaggistica o di valenza naturalistica, nonché improntate all'osservanza, per quanto tecnicamente possibile, degli accorgimenti suggeriti dai criteri di buona progettazione individuati dai documenti settoriali di

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

indirizzo regionali e dalle Linee Guida nazionali per lo sviluppo di impianti da FER di cui al D.M. 10/09/2010. Una particolare attenzione, infine, è stata rivolta al contenimento delle condizioni di visibilità delle opere, avuto riguardo della presenza, nell'area vasta, di ambiti particolarmente vulnerabili rispetto a sensibili modificazioni del quadro percettivo.

In considerazione del rapido evolversi della tecnologia nel settore eolico, che oggi mette a disposizione aerogeneratori di provata efficienza con potenze più che doppie rispetto a quelle in uso solo pochi anni or sono, il progetto proposto ha considerato quattro distinte tipologie di turbine che variano tra loro per modello e taglia:

- V117 da 4,2 MW, altezza al mozzo di 91.5 m e diametro rotore 117 m;
- V162 da 5,6 MW, altezza al mozzo 125 m e diametro rotore 162 m;
- V162 da 6 MW, altezza al mozzo 125 m e diametro rotore 162 m;
- V162 da 6 MW, altezza al mozzo 149 m e diametro rotore 162 m;.

Le soluzioni alternative previste, differiscono sia per potenza dell'aerogeneratore: 4,2 MW, 5,6 MW o 6 MW, per modello (V117 o V162) e per altezza al mozzo (91,5 m / 125 m / 149 m). Le soluzioni non comportano comunque variazioni in termini di cavidotti, sottostazione elettrica o viabilità di accesso alle piazzole.

Sono stati pertanto esaminati come principali impatti i seguenti:

- impatto visivo;
- impatto da tremolio dell'ombra;
- impatto acustico;
- impatti ambientali positivi (emissioni evitate).

Tutte le analisi sono state condotte considerando l'impatto cumulativo del progetto Boreas con il parco eolico esistente e con il progetto Abbila (istanza di VIA presentata al MATTM) costituiti da:

- (esistente)
 - 48 V90-2MW HH 67 m site nel territorio di Ulassai (dato il Reblading in corso si è assunto che tutte le 48 V80 siano già in configurazione V90)
 - 9 V117-3,6MW HH 91,5/116,5 m site nei territori di Ulassai (4 turbine, 3 HH 116,5 m e 1 HH 91.5 m) e Perdasdefogu (5 turbine HH 91,5 m)
- (Progetto Abbila)
 - 8 WTG V162-5,6MW HH125 m site nei territori di Ulassai (5 turbine) e Perdasdefogu (3 turbine)

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

Sulla base di tali impatti valutati nell'elaborato AM-RTS10018, il layout scelto prevede l'installazione di n. 10 turbine della potenza di picco indicativa di 6 MW ciascuna con caratteristiche assimilabili alla tipologia delle V162, posizionate su torri di sostegno metalliche la cui altezza è stata scelta al fine di contenere le condizioni di visibilità delle opere, pari a 125 m. Nonostante le differenti dimensioni degli aerogeneratori (gli aerogeneratori Vestas V117 e V162, hanno una variazione dell'altezza complessiva da 150 a 206 a 230 m), la localizzazione delle turbine e l'orografia del terreno sono tali da far percepire l'impianto in modo omogeneo. Anche il recente progetto di Ampliamento Maistu è stata la dimostrazione di quanto asserito nello studio in cui la scelta della localizzazione delle nuove macchine V117 con altezze al mozzo fino a 116,5 m ha consentito di rendere omogeneo l'ampliamento del parco rispetto all'esistente (macchine V80 HH 67 m).

Per quanto riguarda invece il tremolio dell'ombra gli impatti derivanti dalle diverse alternative sono sostanzialmente gli stessi.

L'approntamento delle opere accessorie indispensabili per un ottimale funzionamento e gestione dei nuovi aerogeneratori (viabilità e piazzole di servizio e distribuzione elettrica di impianto per il collegamento elettrico delle turbine all'esistente stazione di trasformazione MT/AT e connessione RTN) è stato fatto considerando per la quasi totalità delle postazioni percorsi già esistenti.

Gli interventi più direttamente funzionali alla messa in servizio dei nuovi aerogeneratori ricadono nei territori dei seguenti comuni (Elaborati AM-IAC10001 e AM-IAC10002):

- Comune di Jerzu: n. 10 aerogeneratori e relative piazzole, viabilità di accesso alle postazioni J01, J02, J03, J04, J05, J07, J09 e parte di quella relativa agli aerogeneratori J06, J08 e J10, parte del tracciato degli elettrodotti di collegamento all'esistente stazione MT/AT in loc. *Corte Porcus*, per la quale è prevista la realizzazione di due stalli di trasformazione 30/150 kV (Valida per i progetti Abbila e Boreas);
- Comune di Ulassai: parte della viabilità di accesso alle postazioni eoliche J06, J08 e J10 e J08 nonché degli elettrodotti MT di distribuzione elettrica di impianto, esistente stazione elettrica di utenza MT/AT.

La posizione sul terreno dei nuovi aerogeneratori (c.d. *lay-out* di impianto) è stata condizionata da numerosi fattori di carattere tecnico-realizzativo e ambientale con particolare riferimento ai seguenti:

- conseguire la più ampia aderenza del progetto, per quanto tecnicamente fattibile e laddove motivato da effettive esigenze di tutela ambientale e paesaggistica, ai criteri di localizzazione e buona progettazione degli impianti eolici individuati nelle Deliberazioni G.R. 3/17 del 2009

e 40/11 del 2015. Ciò con particolare riferimento:

- alla sostanziale osservanza delle mutue distanze tecnicamente consigliate tra le nuove turbine, nonché tra le prime e quelle esistenti, al fine di conseguire un più gradevole effetto visivo e minimizzare le perdite energetiche per effetto scia nonché gli effetti di turbolenza;
- alle distanze di rispetto delle nuove turbine:
 - dal ciglio della viabilità principale (S.P. 13);
 - dalle aree urbane, edifici residenziali e fabbricati a servizio delle attività agro-zootecniche con presenza stabile di persone, sempre abbondantemente superiore ai 500 metri;
- alla pendenza dei versanti in corrispondenza delle aree di installazione delle macchine, sempre inferiori al 15%;
- assicurare una opportuna salvaguardia dei siti di interesse storico-culturale censiti nel territorio, riferibili in particolar modo alla presenza di resti archeologici di periodo nuragico (*Nuraghe Sterzu e N.ghe Cea Arcis* in comune di Ulassai, *Nuraghe Gessitu e Nuraghe de Accu* in comune di Jerzu), nonché alla Chiesa di Sant'Antonio;
- preservare il più possibile gli ambiti caratterizzati da maggiore integrità e naturalità, rappresentati da superfici con copertura vegetale evoluta (vedasi SIA Elaborato AM-RTS10010 - Relazione floristico vegetazionale);
- ottimizzare lo studio della viabilità di impianto minimizzando, per quanto tecnicamente possibile, la lunghezza dei percorsi ed impostando i tracciati in prevalenza su strade esistenti, tratturi o sentieri;
- privilegiare l'installazione dei nuovi aerogeneratori e lo sviluppo della viabilità di impianto entro aree stabili dal punto di vista geomorfologico e geologico-tecnico nonché su superfici a conformazione piana o comunque regolare per contenere opportunamente le operazioni di movimento terra;
- contenere gli effetti di alterazione del campo visivo calibrando il posizionamento delle nuove turbine entro ambiti occultati rispetto ai più prossimi sistemi di prioritario valore paesaggistico, con particolare riferimento al tratto costiero da Cardedu a Tortolì, individuato come area di notevole interesse pubblico ai sensi della L. 1497/39, ed al litorale di Tertenia.

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

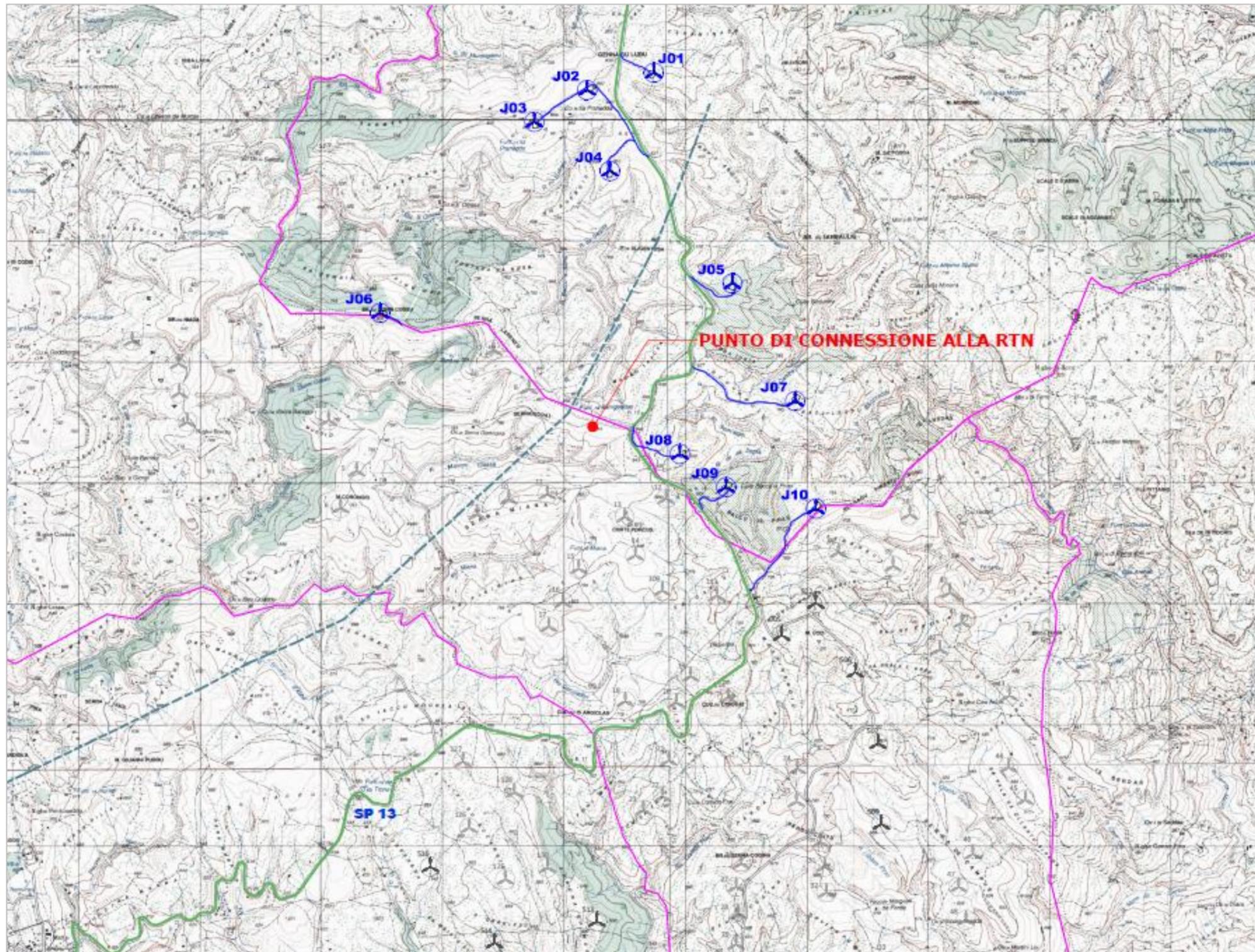


Figura 1 - Localizzazione definitiva dei nuovi aerogeneratori in progetto (in blu).

Come più oltre esplicitato, il progetto proposto, oltre a rappresentare una ottimizzazione tecnico-ambientale delle soluzioni tecniche individuate, si propone di ricercare la massima integrazione percettiva con la configurazione del *layout* attuale e con le dotazioni infrastrutturali dell'impianto esistente.

4.3 La scelta localizzativa

Come ampiamente evidenziato negli elaborati del Progetto e in questo Studio, la scelta del sito di Jerzu per la realizzazione di una centrale eolica presenta innegabili vantaggi, di seguito sinteticamente riassunti, che investono questioni di carattere economico-gestionale nonché aspetti di rilevanza paesaggistico-ambientale in quanto il progetto di ampliamento andrebbe ad integrarsi con l'esistente parco eolico. La concomitanza di tali favorevoli fattori rendono il sito in esame certamente peculiare nel panorama regionale delle aree potenzialmente destinabili allo sfruttamento dell'energia eolica.

Come noto, l'esercizio degli impianti eolici, al pari di tutte le centrali a fonte rinnovabile, oltre a contribuire alla riduzione delle emissioni responsabili del progressivo acuirsi dell'effetto serra su scala planetaria, concorre apprezzabilmente al miglioramento generale della qualità dell'aria su scala territoriale.

A livello locale, il funzionamento degli impianti eolici non origina alcuna emissione in atmosfera. La fase di esercizio non prevede, inoltre, significative movimentazioni di materiali né apprezzabili incrementi della circolazione di automezzi che possano determinare l'insorgenza di impatti negativi a carico della qualità dell'aria.

In linea generale, l'analisi e quantificazione dei costi esterni non è certamente un obiettivo semplice ed investe questioni di carattere scientifico (per capire la reale portata dell'impatto) ed economico (per monetizzare tale impatto).

In primo luogo, come attestato dai dati di produzione energetica acquisiti nell'ambito dell'operatività dell'esistente impianto, la localizzazione prescelta assicura favorevoli condizioni anemologiche per la produzione di energia elettrica dal vento, delineando prospettive di producibilità energetica di sicuro interesse a livello regionale e nazionale.

La prossimità delle nuove installazioni eoliche all'esistente stazione elettrica utente 20kV/150kV a servizio dell'esistente parco eolico di Ulassai e della limitrofa stazione di rete 150 kV di Terna, inoltre, prefigura ideali condizioni di allaccio degli aerogeneratori alla RTN. La disponibilità di spazi attigui alla stazione esistente consente infatti l'installazione di due nuovi stalli di trasformazione 30/150 kV per la successiva immissione dell'energia prodotta alla rete di trasmissione Nazionale

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

e di preservare uno spazio per una futura sezione di accumulo energetico, atta ad accrescere l'integrazione dell'impianto nel sistema elettrico.

Sotto il profilo dell'accessibilità, le ottimali condizioni derivanti dalla presenza (entro 50 km di distanza stradale dal sito) di uno scalo portuale di caratteristiche idonee a consentire lo sbarco della componentistica degli aerogeneratori, è tale da assicurare una conveniente riduzione della lunghezza dei trasporti su terra rispetto ad altri possibili scenari di intervento, con conseguente attenuazione degli annessi disturbi alla viabilità associati al transito di mezzi speciali lungo rete viaria pubblica. Le favorevoli condizioni di accessibilità, riscontrabili nell'intera area vasta interessata dal progetto, inoltre, sono assicurate dalla preesistenza di un'efficiente rete viaria di livello statale (S.S. 125) e provinciale (S.P.13 ed S.P. 11).

L'ormai decennale operatività del parco eolico di Ulassai delinea, inoltre, generali presupposti di coerenza dell'intervento proposto con il quadro ambientale e socio-economico di sfondo. Tale coerenza è leggibile, in particolar modo, alla luce delle importanti ricadute economiche che lo sviluppo del parco eolico è stato capace di generare nel territorio, misurabili in termini di occupazione diretta e indiretta e contributo al consolidamento di operatori economici locali. Oltre 50 occupati, tra occupazione diretta e indotta, ai quali con il recente progetto di ampliamento del parco nei comuni di Ulassai e Perdasdefogu (progetto Maistu) si sono aggiunte ulteriori unità.

Da febbraio a luglio 2019 Sardeolica ha organizzato un corso di formazione per Tecnico Manutentore che ha previsto l'erogazione di 9.000 ore e che ha coinvolto 12 persone provenienti, per lo più, dalla scuola professionale di Perdasdefogu. Dei 12 partecipanti 6 sono stati assunti in Sardeolica, 2 in altre società del Gruppo Saras e due in Enel.

In continuità con tali importanti risultati, l'iniziativa proposta si inquadra in una strategia di rafforzamento della società di gestione del parco e conseguente consolidamento ed incremento dei livelli occupazionali diretti (verranno assunte circa altre 5 unità) e indiretti, nonché di una crescente affermazione e miglioramento dell'accettabilità sociale dell'impianto su scala territoriale. In tal senso, il progetto Boreas presuppone una più estesa condivisione territoriale dei benefici economici generati dall'operatività dell'impianto che si estenderà anche al confinante comune di Jerzu.

In questi termini, si stima che, con la realizzazione dell'ampliamento, potranno essere ottenuti i seguenti risultati:

- compenso una tantum ai privati per diritti di superficie, servitù, confine di tanca, sorvolo: sarà riconosciuto un compenso complessivo pari a circa 100 k€ da suddividere tra i privati in base ai diritti coinvolti;

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

- in fase di esercizio, sarà riconosciuto un compenso annuale ai privati per diritti di superficie, servitù, confine di tanca, sorvolo: sarà riconosciuto un compenso complessivo pari a circa 120 k€/anno da suddividere tra i privati in base ai diritti coinvolti;
- l'assunzione temporanea media, nella fase di costruzione dell'impianto, di 35 risorse per circa 10 mesi;
- l'impiego di 5 unità per le attività legate alla gestione del Parco in fase di esercizio;
- formazione tecnica per le risorse da impiegare per soddisfare i fabbisogni occupazionali del parco eolico, destinati ad un numero di risorse più elevato rispetto a quelle richieste e da indirizzare ad altri sbocchi occupazionali;
- il miglioramento della rete viaria grazie alla sistemazione di strade esistenti.

Inoltre, durante l'iter autorizzativo del progetto, di concerto con l'amministrazione locale di Jerzu, verranno stabilite adeguate misure di compensazione ambientale che saranno a vantaggio della collettività, quali, miglioramento dei servizi ai cittadini, progetti di valorizzazione territoriale e ambientale, potenziamento delle capacità attrattive del territorio, ecc.

A titolo meramente esemplificativo, potranno riguardare i seguenti aspetti:

- iniziative nel campo delle rinnovabili da realizzare nel territorio come, ad esempio, l'installazione di impianti fotovoltaici in edifici comunali, la creazione di punti di ricarica per la mobilità sostenibile;
- progetti di educazione ambientale da attuarsi nelle scuole al fine di promuovere l'assunzione di valori ambientali, ritenuti indispensabili affinché, sin da piccoli, gli alunni e le rispettive famiglie imparino a conoscere e ad affrontare i principali problemi connessi all'utilizzo del territorio e ad un uso non sostenibile e siano consapevoli del proprio ruolo attivo per salvaguardare l'ambiente naturale per le generazioni future;
- sostegno economico volto a valorizzare le tradizioni culturali locali o a preservare luoghi di interesse archeologico;
- sostegno allo studio tramite acquisto di strumenti/materiali didattici;
- promozione di una mobilità sostenibile tramite l'acquisto di veicoli ecocompatibili;
- sostegno per la creazione di zone ricreative.

Vanno, infine, evidenziate le favorevoli condizioni ambientali generali per lo sviluppo dell'iniziativa, documentate da una consistente mole di studi ed indagini condotte nell'ambito delle fasi di sviluppo e gestione operativa dell'esistente impianto, che hanno sostanzialmente escluso apprezzabili ripercussioni negative a carico delle principali componenti ambientali potenzialmente interessate dal funzionamento del parco eolico (vegetazione, flora e fauna in particolare).

4.4 Le scelte orientate al contenimento degli impatti visivi

Come evidenziato nell'allegata Relazione paesaggistica (Elaborato AM-RTS10008), il proposto ampliamento dell'esistente parco eolico di Ulassai e Perdasdefogu ha seguito un iter di sviluppo progettuale ispirato ai criteri paesaggistici di qualità, come desumibili dai molteplici riferimenti teorici e metodologici. Tale impostazione ha tenuto conto, tra gli altri, dei criteri sintetizzati nelle più recenti Linee Guida RAS per i paesaggi industriali che, pubblicate nel 2015, esplicitano sia criteri progettuali generali sia specifici per la fattispecie degli ampliamenti.

In tale percorso di confronto con i requisiti di qualità paesaggistica individuati dal documento RAS, il primo importante nodo progettuale ha riguardato la scelta delle turbine da installare, rispondente "in primo luogo ad esigenze di tipo produttivo e alla convenienza economica dell'operazione nel suo complesso". Tale impostazione non dovrebbe, peraltro, ignorare la ricerca di un equilibrio anche nei rapporti dimensionali con il contesto di inserimento e gli elementi di raffronto visivo in esso collocati (RAS, 2015). Fatte salve le necessità di tipo produttivo, infatti, è consigliato scegliere le soluzioni "che meglio consentano l'inserimento nel contesto paesaggistico dell'impianto nel suo insieme". Con tale affermazione ci si riferisce in primo luogo alla scelta delle caratteristiche dimensionali degli aerogeneratori che, al fine di evitare effetti di disordine visivo, dovrebbe essere orientata all'utilizzo di aerogeneratori della medesima tipologia costruttiva (a rotazione verticale o orizzontale) e della stessa taglia dimensionale (altezza delle torri, diametro del rotore, disegno delle pale).

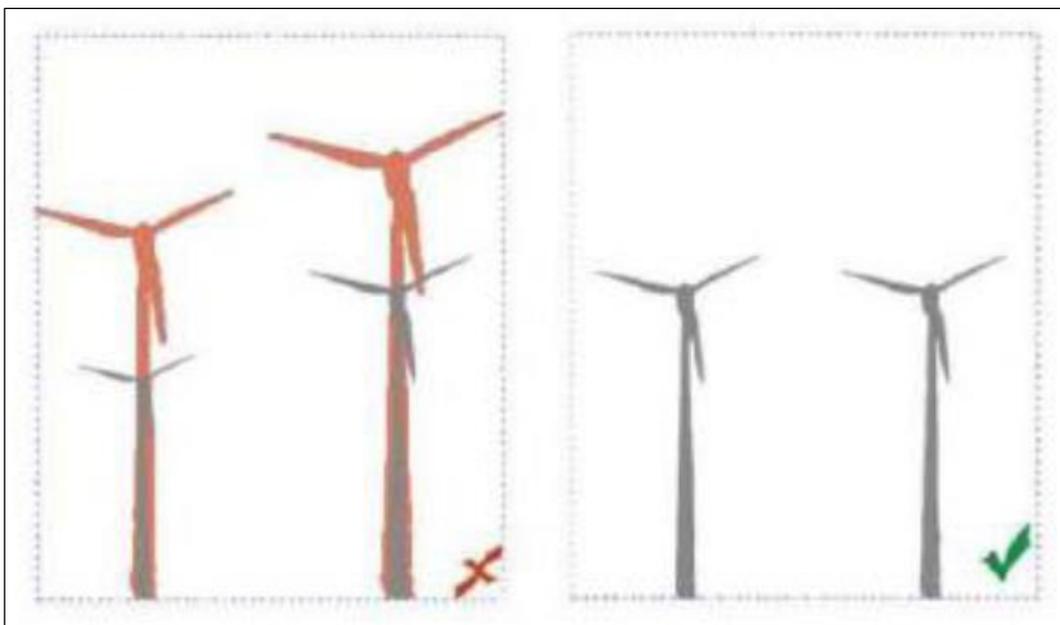


Figura 2- Scelta delle caratteristiche dimensionali degli aerogeneratori da inserire in ampliamento di un impianto esistente (fonte RAS, Linee Guida per i Paesaggi industriali in Sardegna allegato alla Delib. G.R. n. 24/1 2 del 19.5.2015).

Tale indirizzo progettuale appare peraltro particolarmente efficace allorché riferito a contesti territoriali non particolarmente articolati dal punto di vista morfologico e orografico o subpianeggianti. Al contrario, dove si verificano condizioni di variabilità altimetrica e morfologica importanti, anche a parità di macchina installata, basterebbero gli effetti prospettici legati alla posizione dell'osservatore (l'altezza percepita dipende fortemente dalla sua quota relativa mentre la "taglia visiva" dalla distanza dalle torri eoliche) per produrre l'effetto mostrato nella precedente Figura 2.

Nel caso in esame in cui la morfologia articolata è un carattere distintivo (cfr. Quadro di riferimento ambientale e Relazione paesaggistica), dopo attente valutazioni, si è scelto di optare per una soluzione in linea con lo stato dell'arte in materia e fortemente ispirata alla specificità del contesto territoriale, capace di assorbire i potenziali effetti percettivi discordanti delle tipologie di turbine nell'articolata orografia dei territori ospitanti; il che, per i motivi descritti, consente di superare l'apparente contrasto con i criteri enunciati dalle Linee Guida RAS (Figura 3).

Va inoltre sottolineato come la distanza dei punti di osservazione sia un fattore determinante ai fini del fenomeno di "omogeneizzazione visiva" dei caratteri dimensionali, tale da rendere sostanzialmente impercettibile la differente grandezza tra le turbine esistenti e quelle in progetto (Figura 3).

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020



Figura 3 - Effetti prospettici di omogeneizzazione percettiva delle diverse taglie dimensionali (è evidenziata la posizione dei nuovi aerogeneratori in progetto)

Ragionando quantitativamente sulla base dell'indicatore di visibilità individuato nelle analisi paesaggistiche (Indice di Intensità Percettiva Potenziale – IIPP), le categorie interpretative devono essere quelle che si rifanno al concetto di co-visibilità. In tal senso, si può affermare che, nella generica posizione dell'osservatore, la variazione dell'IIPP dello stato attuale (impianto esistente) e stato ex-post (impianto esistente e in progetto) è dovuta sostanzialmente a tre fattori: il primo è l'incremento del numero di aerogeneratori visibili, il secondo la variazione dell'angolo visivo azimutale (estensione delle aree occupate, intese come involuppo delle posizioni degli aerogeneratori), il terzo è invece la variazione dell'angolo visivo zenitale (maggiore altezza delle nuove turbine e minore quota minima al piede delle torri).

Con questi presupposti, il progetto proposto è stato strutturato per contenere opportunamente l'incremento dell'impatto percettivo, cercando di controllare il più possibile i fattori che possono aumentarne l'entità. In primo luogo, le scelte sulle posizioni planimetriche hanno consentito di limitare l'incremento degli angoli visivi azimutali, soprattutto lungo l'asse principale di impianto che interessa i territori più elevati e definisce la linea concettuale lungo cui l'impianto si struttura, mantenendone invariata la lunghezza. Differente discorso va fatto per l'asse secondario, che

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

passa da una lunghezza di 4,6 km nella configurazione esistente ad una di 6,3 km in quella di progetto.

Ulteriore obiettivo delle scelte di posizionamento è stato contenere dell'incremento gli angoli di visione zenitali, obiettivo perseguito attraverso l'intento di non variare significativamente, rispetto all'impianto esistente e al suo recente ampliamento, la quota minima al piede delle torri e la quota massima assoluta raggiunta dalle pale in movimento. La prima resta infatti invariata mentre la seconda cresce di 27m passando da 1039 m a 1066 m sul livello del mare.

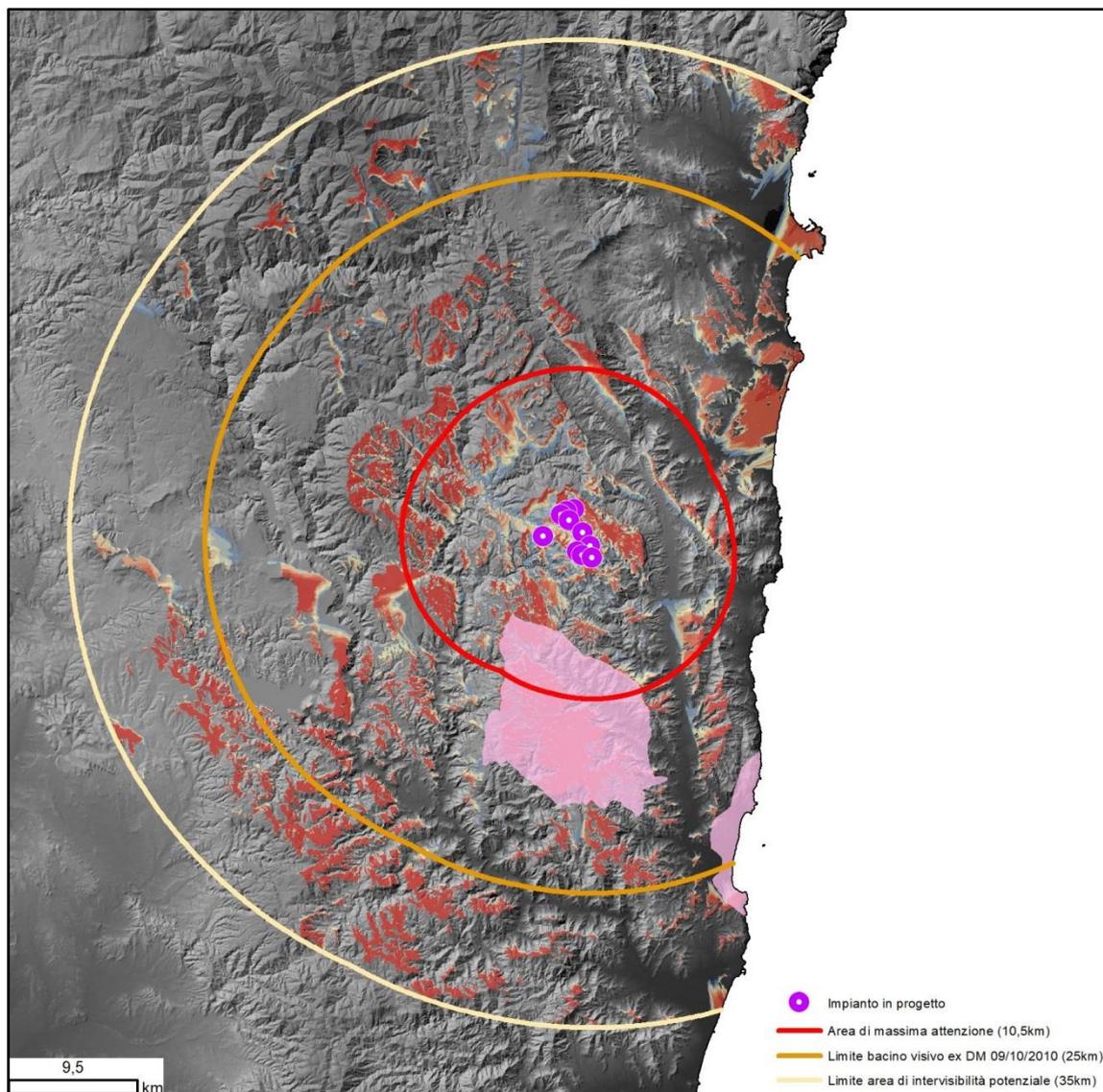


Figura 4 - Incremento percentuale dell'IIPP nell'area di studio (25 km dagli aerogeneratori)

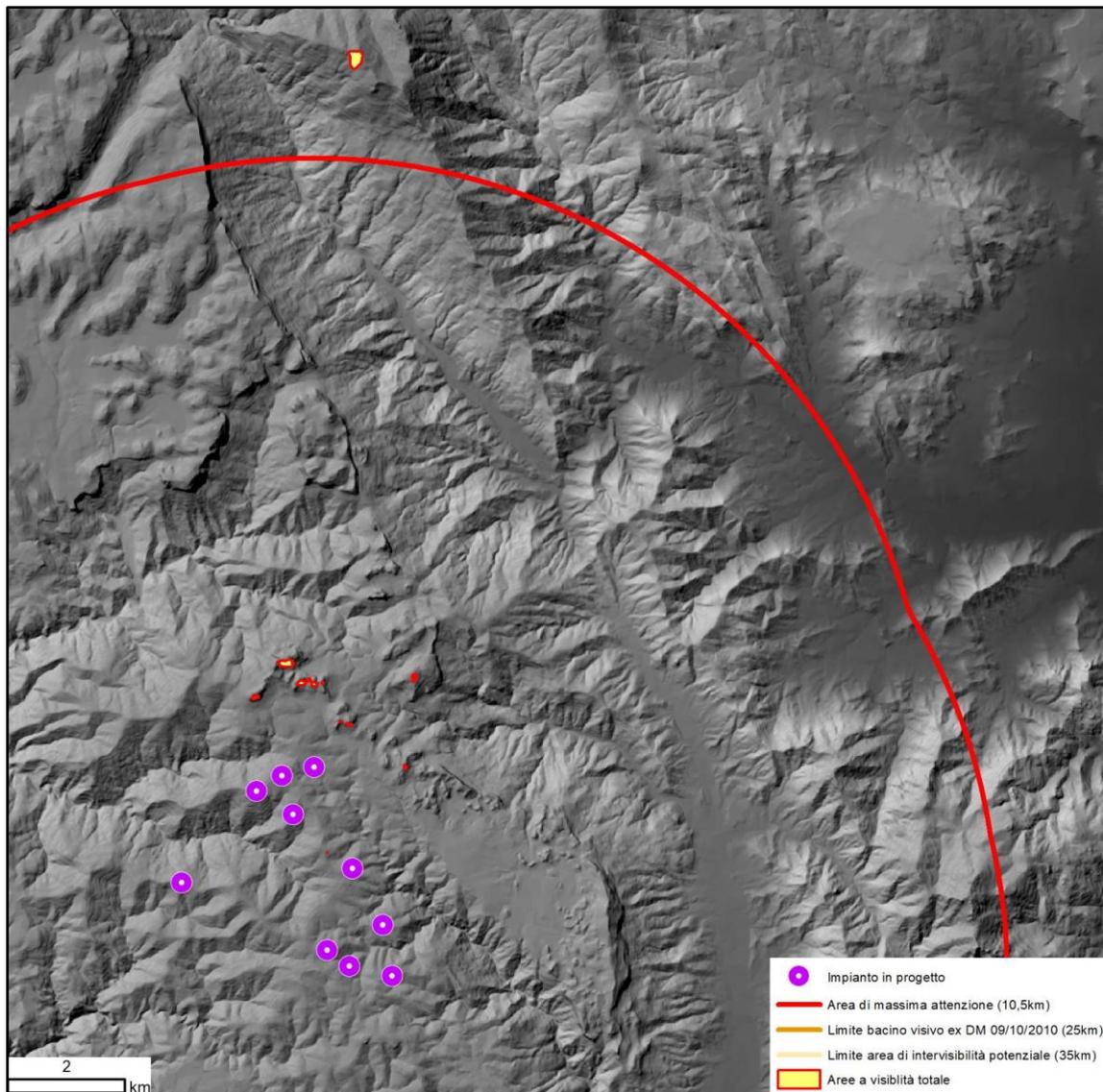


Figura 5- Incremento percentuale dell'IIPP nell'areale di massima attenzione (10 km dagli aerogeneratori)

Le variazioni percentuali dell'IIPP tra lo stato attuale (impianti esistenti e in autorizzazione) e lo stato ex post, risultano estremamente contenute e sempre al di sotto di un punto percentuale: nonostante una riduzione delle aree ad IIPP basso e alto ciò corrisponde ad un incremento sia delle aree ad IIPP molto alto ma in modo più significativo delle aree ad IIPP molto basso (Figura 4 e Figura 5).

4.5 Prevedibile evoluzione del sistema ambientale in assenza dell'intervento

Come più volte evidenziato all'interno del presente SIA, l'intervento proposto si inserisce in un quadro programmatico internazionale e nazionale di deciso impulso all'utilizzo delle fonti rinnovabili. Sotto questo profilo lo scenario di riferimento ha subito, negli ultimi anni, importanti mutamenti, in particolare nel momento in cui l'Unione Europea ha posto in capo all'Italia, ma anche agli altri paesi della comunità europea, precisi obiettivi di produzione da fonti energetiche alternative (17% del consumo energetico entro il 2020 ed il 30% entro il 2030); nel contempo è cresciuta sensibilmente la consapevolezza collettiva circa l'opportunità di perseguire, sotto il profilo della gestione delle politiche energetiche, una drastica inversione di rotta al fine di ridurre l'emissione di gas climalteranti. Tale evoluzione del pensiero comune rispetto alle tecnologie proposte, favorita anche dalla crescente diffusione degli impianti eolici nel paesaggio italiano, rappresenta certamente un aspetto significativo del progresso culturale in atto e riveste un ruolo determinante nella prospettiva di integrazione paesaggistica di queste installazioni.

In questo quadro, l'esperienza operativa dell'esistente impianto eolico di Ulassai attesta in modo tangibile e documentabile la possibilità di realizzare un equilibrio tra le istanze di modernità e sviluppo della società contemporanea, rispetto alle quali la disponibilità di energia rappresenta un fattore chiave, e la conservazione dei valori ambientali ed identitari dei territori.

Se da un lato, infatti, l'esercizio del parco eolico non ha indotto apprezzabili squilibri nelle principali componenti ambientali, inclusa quella umana che vive e opera negli areali interessati dall'impianto, dall'altro lato proprio l'operatività del parco eolico ha contribuito a rafforzare l'azione di presidio ambientale e contrasto rispetto ad annosi fattori di degrado, quali i periodici incendi, ascrivibili tra le cause principali dei progressivi processi di impoverimento della qualità dello spessore dei suoli e depauperamento della vegetazione naturale evoluta.

Il processo di profonda integrazione territoriale del parco eolico di Ulassai nei Comuni di Ulassai e Perdasdefogu è stato, inoltre, consolidato e rafforzato dai concreti benefici socio-economici che lo stesso ha innescato nel territorio di Ulassai e Perdasdefogu, configurando la nascita di numerosi posti di lavoro stabili e, più in generale, rivitalizzando un sistema sociale segnato da importanti segni di squilibrio, principalmente ascrivibili al declino dei modelli economici tradizionali basati sull'agricoltura e la pastorizia.

In virtù di quanto precede, pertanto, l'iniziativa proposta si inquadra in una strategia di rafforzamento di Sardeolica nella gestione del parco e conseguente consolidamento ed incremento dei livelli occupazionali diretti e indiretti, nonché di una crescente affermazione e miglioramento dell'accettabilità sociale dell'impianto su scala territoriale. In tal senso, il progetto

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

Boreas presuppone una più estesa condivisione territoriale dei benefici economici generati dall'operatività dell'impianto che si estenderà anche al confinante comune di Jerzu.

Per le ragioni anzidette, nell'evidenziare come l'analisi condotta nel presente SIA abbia prefigurato effetti ambientali di modesta entità o, comunque, accettabili alla scala territoriale (cfr. Quadro di riferimento ambientale e Relazione paesaggistica), l'opzione di non dar seguito alla realizzazione dell'intervento non delinea differenti prospettive di evoluzione del sistema ambientale rispetto allo scenario di progetto, se non alla scala micro-locale del territorio. Di contro, un'eventuale mancata realizzazione dell'intervento, oltre che misurabile in termini di mancata produzione da FER in un sito che presenta numerosi elementi di idoneità tecnica ed ambientale, rappresenterebbe una battuta di arresto nelle prospettive di crescita e consolidamento dell'esistente realtà produttiva, riverberando effetti economici negativi alla scala locale e sovralocale.

5 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA E MOTIVAZIONI DELLE SCELTE PROGETTUALI

Saranno di seguito sinteticamente descritti gli interventi che formano oggetto del presente Studio di Impatto Ambientale. Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni tecniche ed agli elaborati grafici componenti il progetto delle infrastrutture civili e quello delle infrastrutture elettriche, allegati all'istanza di VIA.

5.1 Analisi delle potenzialità anemologiche

La valutazione del potenziale anemologico del proposto progetto di Ampliamento del Parco Eolico esistente si basa su misurazioni effettuate in sito per un periodo compreso tra marzo 2002 e settembre 2015, mediante otto sistemi di rilevamento localizzati all'interno o nelle vicinanze dell'area-parco e correlate e certificate al lungo termine da impresa abilitata per estenderne la validità climatologica. Due di questi sistemi sono tuttora operativi e continuano a misurare le condizioni anemologiche del sito.

Lo studio è stato curato dalla società Lahmeyer International GmbH (Germania), leader europeo e operante da oltre dieci anni in Italia, che in occasione della progettazione del recente ampliamento del parco (Progetto Maistu) ha eseguito uno studio approfondito sul potenziale anemologico del parco eolico di Ulassai e Perdasdefogu, che si allega alla presente per pronto riferimento.

Sulla base dei dati raccolti ed elaborati e della curva di potenza caratteristica degli aerogeneratori, è possibile stimare che le turbine del progetto di Ampliamento del parco eolico produrranno i 186 GWh attesi su circa il 87% dell'anno tipo (316 giorni su 365); l'impianto lavorerà alla massima capacità per circa il 12% dell'anno (44 giorni), lavorerà a potenza ridotta per circa il 4% dell'anno (15 giorni), non lavorerà per regimi ventosi esigui (calma di vento) per il 12% dell'anno (44 giorni) mentre i fermi dovuti a velocità troppo elevate saranno trascurabili (cfr. Elaborato AM-RTC10012).

5.2 Interventi in progetto

Al fine di garantire l'installazione e la piena operatività delle nuove macchine eoliche saranno da prevedersi le seguenti opere, descritte in dettaglio nei paragrafi che seguono e, per quanto, attiene alle infrastrutture elettriche, negli specifici elaborati del Progetto elettrico:

- puntuali interventi di adeguamento della viabilità di accesso ai siti di installazione degli aerogeneratori, consistenti nella temporanea eliminazione di ostacoli e barriere o in limitati spianamenti, al fine di renderla transitabile dai mezzi di trasporto della componentistica delle turbine (Elaborato AM-RTC10015 – Report dei trasporti speciali);

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

- allestimento di nuova viabilità per assicurare adeguate condizioni di accesso alle postazioni degli aerogeneratori, in accordo con le specifiche indicate dalla casa costruttrice delle turbine eoliche (Elaborati AM-IAC10005, AM-IAC10006, AM-IAC10007, AM-IAC10009, AM-IAC10010, AM-IAC10011);
- approntamento delle piazzole di cantiere funzionali all'assemblaggio ed all'installazione degli aerogeneratori (Elaborati AM-IAC10005, AM-IAC10006, AM-IAC10007, AM-IAC10008, AM-IAC10009);
- realizzazione delle opere di fondazione delle torri di sostegno (Elaborato AM-IAC10014);
- realizzazione delle opere di regimazione delle acque superficiali, attraverso l'approntamento di canali di scolo e tombinamenti stradali funzionali al convogliamento delle acque di ruscellamento diffuso e incanalato verso i compluvi naturali (Elaborato AM-IAC10013);
- installazione degli aerogeneratori;
- eventuale approntamento di recinzioni e cancelli laddove specificamente richiesto dai proprietari o fruitori delle aree;
- al termine dei lavori di installazione e collaudo funzionale degli aerogeneratori:
 - esecuzione di interventi di sistemazione morfologico-ambientale in corrispondenza delle piazzole di cantiere e dei tracciati stradali al fine di contenere opportunamente il verificarsi di fenomeni erosivi e dissesti e favorire un più equilibrato inserimento delle opere nel contesto paesaggistico (Elaborato AM-IAC10015);
 - esecuzione di mirati interventi di mitigazione e compensazione e recupero ambientale, come più oltre descritto (Elaborato AM-IAC10015).

Ai predetti interventi, propedeutici all'installazione delle macchine eoliche, si affiancheranno tutte le opere riferibili all'infrastrutturazione elettrica oggetto di trattazione nello specifico progetto allegato all'istanza di VIA:

- sistema di distribuzione e trasporto dell'energia (in cavidotto interrato in MT 30 kV) tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione MT/AT;
- sistema di distribuzione dell'energia in BT mediante cavidotto interrato per l'alimentazione degli impianti ausiliari;
- sistema di cablaggio mediante cavidotto interrato per sistema trasmissione dati e segnali di monitoraggio e controllo aerogeneratori.
- Impianto di rete per la connessione secondo quanto previsto dagli standard applicabili e dalle prescrizioni Terna.

- installazione dei sistemi di monitoraggio, controllo e misura delle turbine (MCM).

5.3 Infrastrutture elettriche

5.3.1 L'impianto eolico di Ulassai – Stato di fatto

L'esistente parco eolico di Ulassai è attualmente contraddistinto dalla presenza di 57 turbine ubicate tra i territori comunali di Ulassai (n. 52 WTG) e Perdasdefogu (n. 5 WTG).

L'impianto, avente potenza complessiva autorizzata pari a 126 MW, si sviluppa tra quote altimetriche indicativamente variabili nell'intervallo 650÷850 m s.l.m.m.

Nello specifico, gli aerogeneratori installati sono riferibili ai seguenti modelli:

- n. 48 WTG Vestas V80 con altezza al mozzo di 67 m e diametro del rotore di 80 m, attualmente in corso di reblading V90;
- n. 9 WTG Vestas V117 con altezza al mozzo variabile nell'intervallo 91.5÷116.50 m e diametro del rotore di 117 m.

Gli aerogeneratori installati sono raggruppati in sottocampi di produzione o collegati direttamente all'esistente stazione utente attraverso linee dedicate o tramite interconnessione a mezzo di cabine elettriche collettore, dalle quali diramano le linee di collegamento MT alla stazione utente.

Il parco eolico BOREAS prevederà l'installazione di n. 10 nuovi aerogeneratori da 6,0 MW, riferibili in via indicativa al modello tipo V162-6 MW, la cui potenza potrà essere convogliata alla nuova sezione a 30/150 kV della stazione elettrica utente, mediante n°4 sottocampi alla tensione di 30 kV.

5.3.2 Aerogeneratori

5.3.2.1 Aspetti generali

Si illustrano nel prosieguo le caratteristiche delle nuove macchine eoliche che verranno installate nel sito di Jerzu, riferibili in via preliminare al modello tipo V162-6.0 MW illustrato in Figura 6.



Figura 6 – Aerogeneratore Vestas tipo V162 - 6 MW

Ferme restando le caratteristiche dimensionali dell'aerogeneratore, infatti, non può escludersi, che la scelta definitiva possa ricadere su un modello simile con migliori prestazioni di esercizio, qualora disponibile sul mercato prima dell'ottenimento della Autorizzazione Unica di cui all'art. 12 del D.Lgs. 387/2003.

I componenti principali dell'aerogeneratore sono i seguenti:

- il rotore;
- il generatore elettrico;
- il sistema di orientamento che consente la rotazione orizzontale del sistema motore;
- la gondola o navicella (carenatura che racchiude il sistema motore e gli ausiliari);
- la torre di sostegno;
- il trasformatore di macchina che modifica la tensione generata in quella di rete;

Le caratteristiche geometriche principali delle macchine sono illustrate in Figura 7 e nell'allegato elaborato *AM-IAC10009-3 – Aerogeneratore tipo con segnalazioni per la navigazione aerea*.

Le turbine avranno altezza al mozzo di 125 m ed altezza complessiva 206 m dal suolo.

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

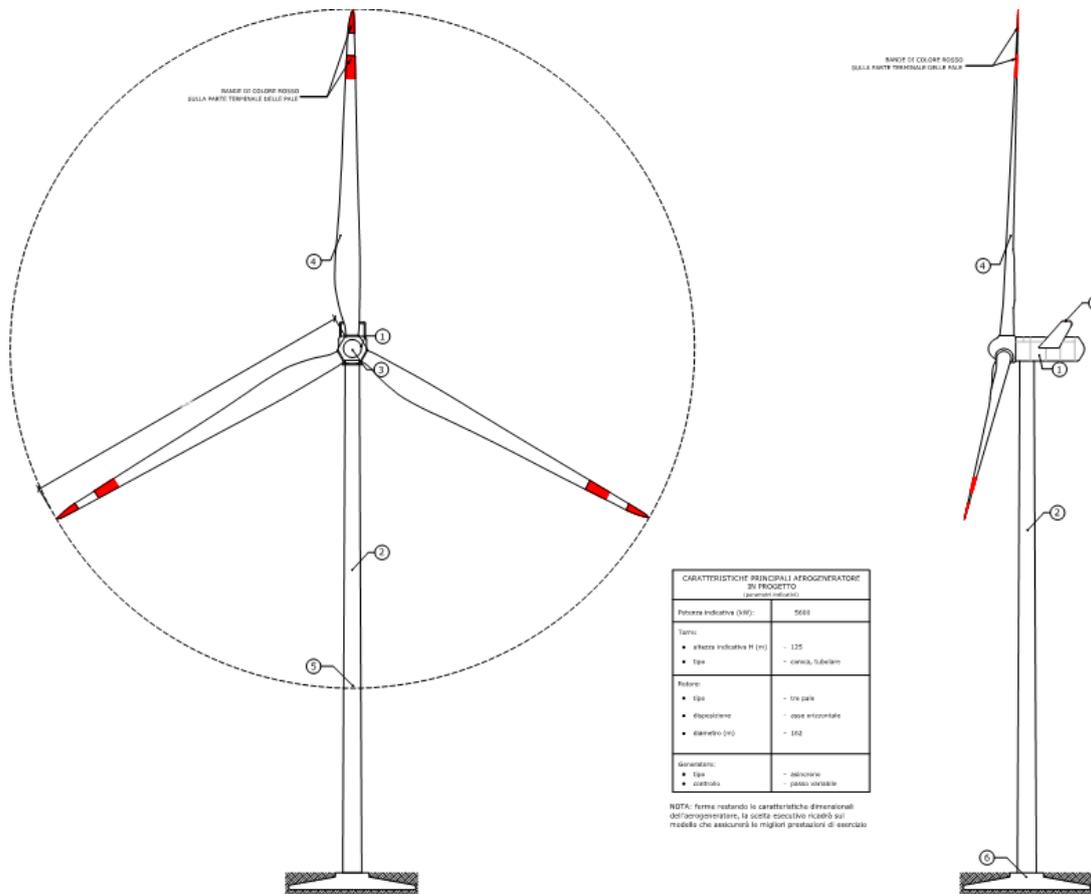


Figura 7 – Aerogeneratore tipo V162 - 6 MW altezza al mozzo (1) 125 m, e diametro rotore (2) di 162m.

Le caratteristiche principali della macchina eolica che sarà installata sono di seguito riportate:

- rotore tri-pala a passo variabile, posto sopravvento al sostegno, in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- controllo della potenza attraverso la regolazione automatica dell'angolo di calettamento delle pale (*pitch control*);
- potenza nominale di 6 MW;
- velocità del vento di stacco (*cut-in wind speed*) di circa 3 m/s;
- velocità del vento di stallo (*cut-out wind speed*) 24 m/s;
- vita media prevista di 25 anni.

La curva di potenza della macchina tipo è illustrata in Figura 8.

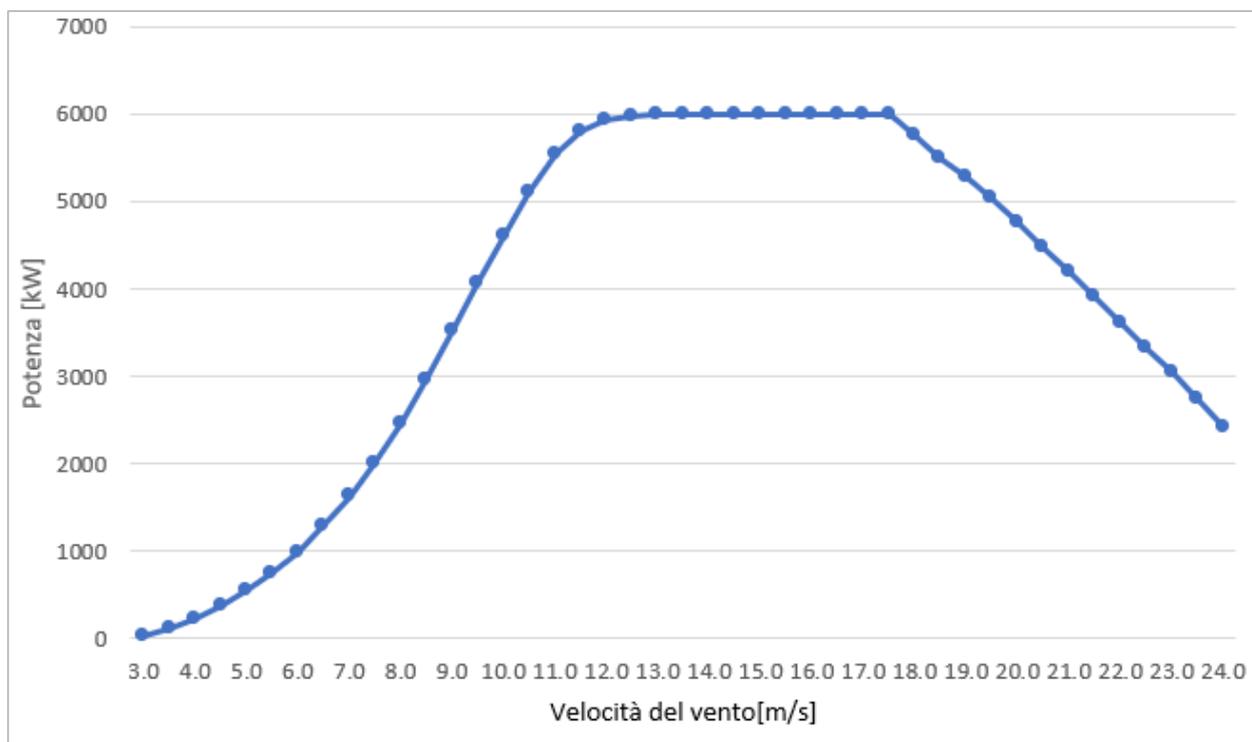


Figura 8 – Curva di potenza generatore tipo V162-6 MW

5.3.2.2 Torre di sostegno

La torre deve adempiere a due funzioni fondamentali: sostenere la turbina ad un'altezza conveniente per raccogliere la massima energia eolica con la minima turbolenza del flusso ed assorbire e trasmettere al suolo le sollecitazioni.

I vantaggi della soluzione prescelta conseguono:

- all'elevata resistenza dell'acciaio in relazione all'esigenza di assicurare un'elevata resistenza alle sollecitazioni con il minimo peso;
- alla modularità degli elementi tubolari della torre che consentono migliori condizioni di trasporto e montaggio.

All'interno della torre sono alloggiati: il trasformatore BT/MT, una scala di sicurezza, eventualmente un ascensore e delle piattaforme di lavoro.

La protezione della torre tubolare contro la corrosione è assicurata da un rivestimento superficiale con resine epossidiche.

5.3.2.3 Sistema elettrico dell'aerogeneratore

Il sistema elettrico dell'aerogeneratore è costituito dai seguenti elementi:

- generatore sincrono a magneti permanenti;
- convertitore per l'alimentazione dei circuiti del generatore 720V, 6850 kVA;
- trasformatore elevatore BT/MT – 0.72/33kV, 7000kW;
- quadro elettrico a MT con dispositivi di sezionamento e protezione;
- quadro elettrico BT per servizi ausiliari di torre.

5.3.2.4 Convertitore

Il convertitore è del tipo full-scale converter e consente di controllare la potenza e la frequenza della potenza generata e immessa in rete al variare della velocità di rotazione delle pale. Il convertitore consente altresì di regolare la potenza reattiva al fine di soddisfare eventuali servizi richiesti dal gestore della rete.

Il convertitore ha le seguenti caratteristiche principali:

- Potenza nominale: 6850 kVA (A_n);
- Tensione di rete: 720V;
- Tensione lato generatore: 800V;
- Corrente nominale: 5250 A;
- classe di protezione involucro: IP54.

5.3.2.5 Generatore

Il generatore è del tipo sincrono a magneti permanenti.

I generatori possono essere predisposti a fornire "Servizi di Rete", infatti, a seguito della recente pubblicazione della Norma CEI 0-16, alle nuove installazioni sul territorio italiano potranno essere richiesti servizi che già sono richiesti in altri Paesi europei (Danimarca, Germania e Spagna per primi), come:

- Possibilità di riduzione della potenza immessa in rete;
- Insensibilità agli abbassamenti di tensione (*low voltage ride through*);
- Regolazione della potenza attiva (regolazione primaria di frequenza);
- Regolazione della potenza reattiva (regolazione primaria di tensione);
- Inserimento graduale della potenza immessa in rete.

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

Il secondo punto risulta particolarmente critico per le turbine a velocità variabile, le quali sono sempre equipaggiate con convertitori elettronici, che risultano particolarmente sensibili alle sovratensioni e sovracorrenti indotte durante i guasti e che perciò devono essere opportunamente salvaguardati attraverso l'impiego di dispositivi (barra di blocco o *crow-bar*) che garantiscano la continuità di servizio della macchina.

Il soddisfacimento di questi requisiti porta notevole giovamento alla sicurezza e alla qualità del sistema elettrico dove l'impianto sarà connesso; d'altro canto la necessità di ridurre la potenza prodotta, a causa della partecipazione alla regolazione primaria di frequenza, potrebbe ripercuotersi sulla producibilità dell'impianto.

La costruzione del generatore è specificatamente progettata per un'alta efficienza in ogni condizione di carico.

Durante il suo funzionamento il generatore è mantenuto alla temperatura ottimale di funzionamento attraverso un sistema di raffreddamento a vuoto pressurizzato. Il generatore è dotato di un sistema separato di ventilazione controllata a termostato che, garantendo un efficace raffreddamento, gli permette di funzionare a temperature ben al di sotto del normale livello previsto dalla classe di isolamento standard, favorendo in tal modo l'allungamento della vita attesa per l'isolamento degli avvolgimenti.

Di seguito se ne riassume le caratteristiche tecniche principali:

- potenza nominale: 6.250 kW;
- Tensione nominale: 800 V;
- Numero di poli: 36
- Fattore di potenza: 0,95CAP - 1 - 0,95IND ai carichi parziali e a pieno carico;
- Frequenza: 0-138 Hz;
- Velocità di rotazione: 0-460 rpm;
- classe di protezione involucro: IP54.

5.3.2.6 Trasformatore elevatore di macchina

Il trasformatore elevatore di macchina ha la funzione di modificare la tensione dal valore di 720V al valore scelto per la distribuzione dell'energia prodotta all'interno del parco (30 kV), valore successivamente elevato a 150 kV attraverso la nuova sezione 30kV/150kV nella stazione utente della Sardeolica S.r.l..

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

Il trasformatore sarà del tipo in resina a secco isolato con materiali autoestinguenti e con le seguenti caratteristiche principali:

- Potenza nominale A_n : 7000 kVA;
- Rapporto di trasformazione: $33 \pm 2,5\% \pm 5\% / 0,720$ kV;
- Gruppo Vettoriale: Dyn11;
- Frequenza: 50 Hz;
- Tensione di Cto.Cto - Vcc: 9%;
- Classe isolamento: F;
- Temperatura massima di funzionamento: 90°C;
- Classe Comportamento al fuoco: F1;
- Classe climatica e ambientale: C2, E2.

5.3.2.7 Quadro elettrico MT connessione rete

Ciascun aerogeneratore sarà connesso alla rete di distribuzione interna mediante un quadro elettrico a Media tensione 30kV.

Le caratteristiche tecniche dei quadri sono le seguenti:

- Tensione nominale/esercizio: 30 kV;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- N° fasi: 3;
- Corrente nominale delle sbarre principali: 630 A;
- Corrente nominale ammissibile di breve durata: 25 A;
- Corrente nominale di picco: 62,5 kA;
- Durata nominale del corto circuito: 1s.

Ciascun quadro MT e le apparecchiature posizionate al suo interno dovranno essere progettati, costruiti e collaudati in conformità alle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), IEC (*International Electrotechnical Commission*) in vigore.

I quadri elettrici MT, saranno formati da unità affiancabili, ognuna costituita da celle componibili e standardizzate.

I quadri MT saranno in esecuzione senza perdita di continuità d'esercizio secondo IEC 62271-200, destinati alla distribuzione d'energia a semplice sistema di sbarra.

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

Il quadro, realizzato in esecuzione protetta, sarà adatto per installazione all'interno in accordo alla normativa CEI/IEC. La struttura portante dovrà essere realizzata con lamiera d'acciaio di spessore non inferiore a 2 mm.

Ciascun quadro dovrà garantire la protezione contro l'arco interno sul fronte del quadro secondo IAC A FLR 25 kA, 1 s.

Le celle saranno destinate al contenimento delle apparecchiature di interruzione automatica con 3 poli principali indipendenti, meccanicamente legati e aventi ciascuno un involucro isolante, di tipo "sistema a pressione sigillato" (secondo definizione CEI 17.1, allegato EE), che realizza un insieme a tenuta riempito con esafluoruro di zolfo (SF₆) a bassa pressione relativa, delle parti attive contenute nell'involucro a tenuta e di un comando manuale ad accumulo di energia tipo RI per versione SF1, (tipo GMH elettrico per SF2). Gli interruttori avranno una piastra anteriore equipaggiata con gli organi di comando e di segnalazione dell'apparecchio. Ogni interruttore potrà ricevere un comando elettrico.

Le apparecchiature IMS avranno le seguenti principali caratteristiche:

- doppio sezionamento;
- saranno contenute in un involucro di resina epossidica con pressione relativa del SF₆ di primo riempimento a 20 °C uguale a 0.4 Bar;
- il sezionatore sarà a tre posizioni ed assumerà, in base alla manovra, lo stato di chiuso sulla linea, aperto, messo a terra;
- sarà possibile verificare visivamente la posizione dell'IMS o sezionatore a vuoto tramite un apposito oblò retroilluminato;
- il sezionatore dovrà ricevere sia la motorizzazione che eventuali blocchi a chiave;
- i comandi dei sezionatori saranno posizionati sul fronte dell'unità.

5.3.2.8 Trasformatore BT/BT per servizi ausiliari di torre

Entro ciascuna torre sarà installato un trasformatore BT/BT 720V/400V per servizi ausiliari.

5.3.2.9 Quadro elettrico BT per servizi ausiliari di torre

I quadri elettrici saranno realizzati con struttura in robusta lamiera di acciaio con un grado di protezione IP55 e adatti a ospitare interruttori modulari con correnti nominali fino a 125A.

I quadri elettrici di BT dovranno avere le caratteristiche seguenti

- Tensione nominale: 400V;

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

- Numero delle fasi: 3F + N;
- Livello nominale di isolamento tensione di prova a frequenza industriale per 1 min verso terra e tra le fasi: 2,5 kV;
- Frequenza nominale: 50Hz;
- Corrente nominale sbarre principali: 3200 A.

Ciascun quadro elettrico dovrà essere realizzato a regola d'arte nel pieno rispetto delle norme CEI EN 60439-1 (CEI 17-13), della direttiva BT e della direttiva sulla Compatibilità Elettromagnetica.

5.3.2.10 Criteri di definizione dei tracciati

Gli aerogeneratori verranno inseriti su elettrodotti costituiti da cavi interrati a 30 kV, che si svilupperanno per lunghezze massime di circa 4.0 km per attestarsi al quadro MT 30 kV di un fabbricato servizi secondo uno schema di tipo radiale.

Tutte le linee elettriche di collegamento dei nuovi aerogeneratori con la stazione di trasformazione MT/AT e connessione alla rete sono previste in cavo interrato e saranno sviluppati prevalentemente in fregio alla viabilità esistente o in progetto.

Il tracciato dei cavidotti MT in progetto è riportato nell'Elaborato EL-PL3507 (*Tracciato cavidotti su CTR con attraversamenti*).

5.3.2.11 Tipologie di posa

I cavi saranno direttamente interrati in trincea, ad una profondità indicativa di 1,1 m in relazione al tipo di terreno attraversato, in accordo alle norme vigenti.

Nello specifico, per quanto attiene le profondità minime di posa nel caso di attraversamento di sedi stradali ad uso pubblico valgono le prescrizioni del Nuovo Codice della Strada che fissa tale limite un metro, dall'estradosso della protezione. Per tutte le altre categorie di strade e suoli valgono i riferimenti stabiliti dalla norma CEI 11-17.

In posizione sovrastante la protezione sarà posato un nastro monitore, che segnali opportunamente della presenza del cavo.

La presenza dei cavi nel sottosuolo di strade asfaltate è opportuno che venga segnalata in superficie mediante l'apposizione di segnalatori di posizione cavi e giunti, indicativamente a interdistanze di 50 m e comunque corrispondenza di ogni deviazione di tracciato.

Nella stessa trincea saranno posati anche i cavi di segnale e controllo (fibre ottiche) e il conduttore

di terra.

5.3.2.12 Giunzioni cavi MT

La copertura della lunghezza delle tratte richieste dai collegamenti in progetto richiederà la giunzione di più spezzoni di cavo, in funzione della pezzatura delle bobine per le diverse sezioni dei conduttori previste.

Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.

Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo con la norma CEI 20-62 seconda edizione ed alle indicazioni riportate dal Costruttore dei giunti.

Ad operazione conclusa dovranno essere applicate sul giunto delle targhe identificatrici (o consegnate delle schede) per ciascun giunto in modo da poter individuare: l'Appaltatore, l'esecutore, la data e le modalità di esecuzione. Ciascun giunto sarà segnalato esternamente mediante cippo di segnalazione.

5.3.2.13 Terminazione ed attestazione dei cavi

Tutti i cavi MT dovranno essere terminati su entrambe le estremità. Nell'esecuzione delle terminazioni, all'interno delle celle dei quadri si dovrà realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato.

Lo schermo dovrà essere collegato a terra da entrambe le estremità. Ogni terminazione dovrà essere dotata di una targa di riconoscimento atta ad identificare esecutore, data e modalità di esecuzione nonché l'indicazione della fase (L1, L2, L3).

5.3.2.14 Attraversamenti / interferenze

Per eventuali incroci e parallelismi con altri servizi (cavi di telecomunicazione, tubazioni ecc.) saranno rispettate le distanze previste dalle norme, tenendo conto delle prescrizioni che saranno dettate dagli Enti proprietari delle opere interessate (Elaborato EL-PL3510 "*Risoluzioni interferenze cavidotto MT*").

Per realizzare gli attraversamenti in corrispondenza delle esistenti opere stradali di smaltimento idrico intercettate lungo il percorso da svilupparsi in fregio alla S.P. 13 Perdasdefogu – Ulassai, potrà prevedersi, laddove indispensabile, l'impiego tecnica della perforazione orizzontale teleguidata.

5.3.2.15 Caratteristiche dei cavi MT

I cavi MT saranno del tipo cordato ad elica con conduttore in alluminio della tipologia ARE4H1RX il cui utilizzo è indicato per impianti eolici, adatti per posa con interrimento diretto, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Le principali caratteristiche tecniche del cavo a 18/30 kV sono:

Caratteristiche costruttive;

Conduttore: Corda rotonda compatta di alluminio;

Semiconduttivo interno: Mescola estrusa;

Isolamento: Mescola di polietilene reticolato;

Semiconduttivo esterno: Mescola estrusa;

Schermatura: Fili di rame rosso e contospirale ($R \max 3 \Omega/\text{km}$);

Guaina esterna: PVC di qualità Rz/ST2;

Colore: Rosso;

Costruzione e requisiti: EC 60502-2;

Prova di non propagazione della fiamma: secondo normative CEI 20-35;

Tensione nominale U_0/U : 18/30 kV;

Temperatura massima di esercizio del conduttore di fase: 90°C;

Temperatura massima di corto circuito: 250°C;

Temperatura minima di posa: 0°C.

I cavi verranno posati direttamente interrati, riempiendo la trincea con il materiale di risulta dello scavo, senza usare ulteriori protezioni meccaniche, e riducendo notevolmente il materiale di risulta eccedente. Facoltativamente si potranno posare su un eventuale letto di sabbia al fine di garantire una maggior protezione agli urti e allo schiacciamento.

Le sezioni tipiche di posa dei cavidotti MT in progetto sono riportate nell'Elaborato EL-PL3509 (*Sezioni tipo vie cavo*).

5.3.2.16 Cavi BT per energia e segnale

Per la distribuzione in corrente alternata BT saranno utilizzati cavi aventi le seguenti caratteristiche: cavo multipolare del tipo FG7OR 0.6/1kV con conduttore in rame, isolamento in gomma EPR e guaina in PVC, conforme a norma CEI 20-22 e CEI 20-34, in alternativa potranno

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

essere usati cavi tipo FG16R16 0,6/1 kV adatti per installazione su murature e strutture metalliche, su passarelle, tubazioni, canalette e sistemi simili, per posa fissa all'interno, all'esterno; ammessa la posa interrata, diretta e indiretta, costruiti con riferimento al regolamento Prodotti da Costruzione 305/2011 EU e Norma EN 50575.

I circuiti di sicurezza saranno realizzati mediante cavi FTG10(O)M1 0,6/1 KV - CEI 20-45 CEI 20-22 III / 20-35 (EN50265) / 20-37 resistenti al fuoco secondo IEC 331 / CEI 20-36 EN 50200, direttiva BT 73/23 CEE e 93/68 non propaganti l'incendio senza alogeni a basso sviluppo di fumi opachi con conduttori flessibili in rame rosso con barriera antifluoco.

Tutti i cavi appartenenti ad uno stesso circuito seguiranno lo stesso percorso e saranno quindi posati nella stessa canalizzazione. Cavi di circuiti a tensioni diverse saranno inseriti in tubazioni separate e faranno capo a scatole di derivazione distinte; qualora facessero capo alle stesse scatole, queste avranno diaframmi divisorii. I cavi che seguono lo stesso percorso, ed in particolare quelli posati nelle stesse tubazioni, verranno contraddistinti mediante opportuni contrassegni applicati alle estremità.

5.3.3 *Interventi previsti presso la SSE Utente*

L'ampliamento della stazione elettrica utente di trasformazione, funzionale ai progetti ABBILA e BOREAS, ha lo scopo consentire la trasformazione 30/150 kV dell'energia elettrica prodotta dai nuovi aerogeneratori e di predisporre le necessarie opere elettromeccaniche per il collegamento del parco eolico ad un nuovo stallo a 150 kV da prevedersi nella attigua stazione RTN di Terna.

Per far fronte alle nuove esigenze è previsto che la stazione utente di Sardeolica venga ampliata di una superficie pari a circa 1000 m² con realizzazione di una sezione AT a 150kV e locali tecnici funzionali all'impianto per l'alloggiamento delle apparecchiature del Sistema di Protezione Comando e Controllo e di alimentazione dei Servizi Ausiliari e Servizi Generali.

Il potenziamento della stazione avverrà con l'allestimento di n. 2 nuovi stalli di trasformazione (n. 2 TR da 50/63 MVA), uno da installarsi nell'ambito del progetto ABBILA e l'altro invece nell'ambito del progetto di realizzazione del parco di BOREAS e n. 1 montante cavo AT per la connessione a nuovo stallo presso la limitrofa stazione RTN "Ulassai", provvisto di apparati di misura e protezione (TV e TA); è prevista, inoltre, la realizzazione di un nuovo fabbricato servizi di stazione, con uno nuovo quadro MT a 30 kV/1250A comprendente n. 4 scomparti linee, e n. 1 scomparto per il trasformatore servizi ausiliari, come riportato negli elaborati "EL-SH3512 Schema unifilare di potenza adeguamento SSE utente e opere di connessione" e "EL-SH3504 Schema elettrico unifilare".

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

Vengono di seguito elencati alcuni criteri generali circa la disposizione elettromeccanica dell'impianto, in aggiunta a quanto previsto dalla Norma EN 61936-1 (CEI 99-2).

Il nuovo stallo Utente/Produttore sarà costituito dalle seguenti apparecchiature secondo la disposizione e sarà completo di apparecchiature di protezione e controllo:

- scaricatori di protezione;
- trasformatori di tensione per misure e protezioni;
- sezionatore di linea con lame di terra;
- trasformatore di corrente;
- interruttore tripolare;
- sezionatori di sbarra e di linea.

Di seguito sono riportate le distanze minime di progetto consigliate, anche al fine di ridurre al minimo le indisponibilità per manutenzione. Ove sussistano problematiche relative allo spazio, si può prendere in esame la possibilità di ridurre alcune distanze, pur nel rispetto delle distanze di sicurezza e di quelle strettamente necessarie previste per le operazioni di manutenzione (CEI EN 50110).

Le principali distanze sono le seguenti

- Distanza tra le fasi per le sbarre, le apparecchiature e i conduttori: 2,20m
- Altezza dei conduttori di stallo (asse morsetti sezionatori di sbarra): 4,50m

Gli impianti saranno progettati, costruiti ed installati in modo da sopportare in sicurezza le sollecitazioni meccaniche e termiche derivanti da correnti di corto circuito in conformità alla Norma CEI 99-2.

5.3.3.1 Trasformatori elevatori d'impianto MT/AT

I 2 nuovi trasformatori AT/MT impiegati nella sottostazione (uno da installarsi nell'ambito del progetto ABBILA e l'altro invece nel progetto di realizzazione del parco di BOREAS) avranno le seguenti caratteristiche tecniche principali:

- Tensione nominale primaria: 150kV
- Tensione nominale secondaria: 30kV
- Frequenza nominale 50 Hz
- Potenza nominale: 50 MVA
- Vcc%: 12,6 %
- Regolazione della tensione AT ± 10 gradini da 1,5 % della tensione nominale
- Tipo di raffreddamento: ONAN/ONAF

- Gruppo: Y/ynO

Ciascun trasformatore sarà dotato di dispositivi con le seguenti funzioni di protezione (codici funzione ANSI):

- 26T: Dispositivo termico di protezione del trasformatore;
- 26V: Dispositivo termico di protezione del variatore di rapporto;
- 63: Relé a pressione;
- 87: Relé differenziale;
- 97T: Relé Buchholz del trasformatore;
- 97V: Relé Buchholz del variatore di rapporto;
- 99T: Relé di controllo livello olio trasformatore;
- 99V: Relé di controllo livello olio variatore di rapporto.

Relè termico

Il trasformatore AT/MT sarà equipaggiato con sonde termometriche per la rilevazione della temperatura degli avvolgimenti e della parte più calda del nucleo e di un relè ad immagine termica per la protezione dal sovrariscaldamento dovuto a sovracorrenti.

Il relè dovrà consentire la regolazione della soglia di allarme e della soglia di sgancio degli interruttori (almeno tra il 50% ed il 200% del riscaldamento nominale) e la selezione delle costanti di tempo di riscaldamento e di raffreddamento.

Relè a pressione

Il commutatore sotto carico sarà protetto da un relè di pressione montato sulla sezione superiore del commutatore sotto carico. In caso di sovrappressione nel serbatoio il relé dovrà comandare simultaneamente all'apertura dell'interruttore AT e l'interruttore MT a monte ed a valle del trasformatore.

Relè differenziale

Il trasformatore sarà equipaggiato di una protezione differenziale percentuale trifase.

Il relé Buchholz montato sul trasformatore sarà in grado di rilevare la generazione di gas all'interno del cassone ed il flusso d'olio dalla cassa al conservatore oltre una velocità prefissata.

Relè di controllo livello olio

Il trasformatore sarà dotato di un indicatore di livello olio con tacche di riferimento per le temperature e contatti elettrici di minimo livello. Un dispositivo di sgancio dovrà comandare, simultaneamente all'apertura l'interruttore AT e l'interruttore MT a monte ed a valle del trasformatore quando si sia raggiunto il livello minimo di olio consentito.

Misurazione energia prodotta per gli impianti potenziati

Ai sensi dell'art 24 del D.M. 6.7.12, per gli impianti oggetto di potenziamento vi è l'obbligo di installazione delle apparecchiature di misura (AdM) dell'energia elettrica prodotta lorda ed immessa in rete nel punto di scambio per ogni singola unità di produzione (UP), ai fini del rilascio delle tariffe incentivanti da parte del Gestore.

Per una corretta gestione operativa, Sardeolica fornirà tutte le informazioni relative alle codifiche dei punti di misura (PM) delle varie unità di produzione (UP) e sezioni d'impianto (SZ) costituenti il medesimo impianto. In questo caso il produttore avrà una nuova UP che avrà lo stesso perimetro dell'impianto e sarà costituita da una sola sezione (in linea generale una nuova UP potrebbe essere anche costituita da più sezioni contestualmente entrate in esercizio).

Nello specifico, verrà garantita la rilevazione distinta della misura di energia lorda prodotta dalle nuove unità di produzione rispetto a quella incentivata con precedenti schemi tariffari, secondo lo schema esemplificativo in Figura 9.

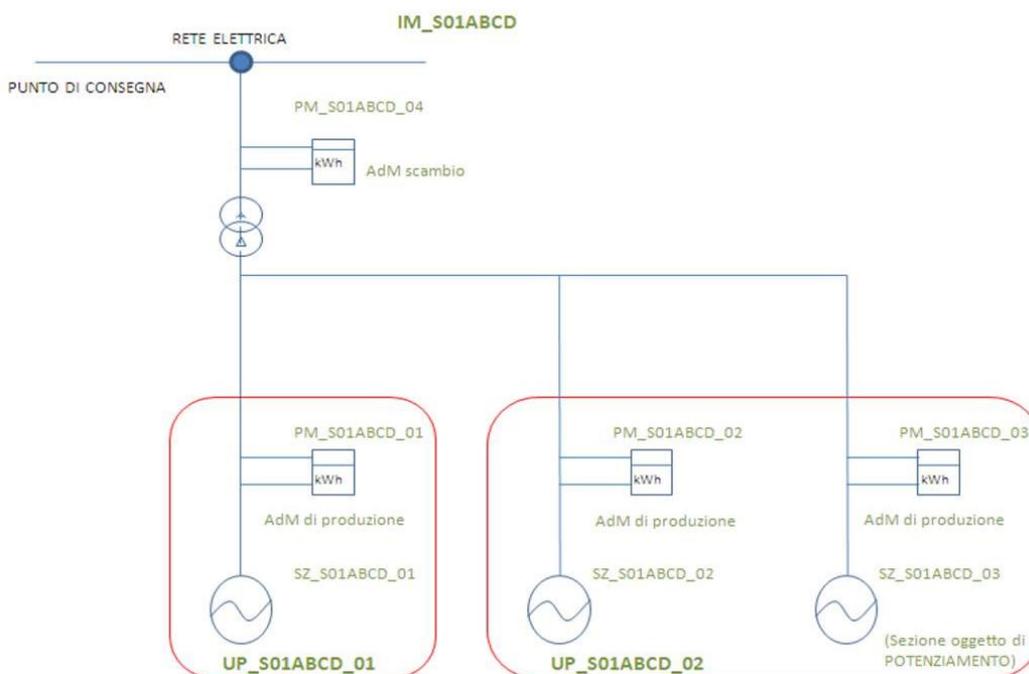


Figura 9 – Schema unifilare semplificato con due UP e due regimi commerciali differenti (Fonte GSE)

5.3.4 Cavo AT connessione SSE Utente – SSE RTN 150 kV “Ulassai”

L'impianto sarà collegato in antenna ad uno nuovo stallo a 150 kV della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150kV denominata “Ulassai” a mezzo di nuovo elettrodotto AT della lunghezza di circa 100 metri.

Per il collegamento tra la sottostazione elettrica SSE del produttore e la SSE di Terna- si utilizzerà una terna di cavi unipolari isolati in XLPE (*Cross-linked polyethylene*), tipo ARE4H1H5E per tensioni di esercizio 87/150 kV conformi al documento Cenelec HD 632 ovvero alla norma IEC 60840.

Il conduttore è in alluminio a corda rigida rotonda compatta tamponata di cui alla norma CEI 20 – 29. Tra il conduttore e l'isolante è interposto uno strato di semiconduttore estruso, con eventuale fasciatura semiconduttiva. L'isolante è in polietilene reticolato (XLPE) rispondente alle HD 632 S1. Tra l'isolante e lo schermo metallico è interposto uno strato di semiconduttore estruso che, a sua volta è coperto da un nastro igroespandente avente la funzione di tamponamento longitudinale all'acqua.

Lo schermo metallico esterno è costituito da fili di rame ricotto non stagnato disposti secondo un'elica unidirezionale con nastro equalizzatore di rame non stagnato o in tubo di alluminio di adeguata sezione; è ammessa la presenza di eventuale nastro igroespandente.

Tra lo schermo metallico esterno (ovvero tra l'eventuale nastro igroespandente) e il rivestimento protettivo esterno è presente un nastro di alluminio longitudinale avente la funzione di tamponamento radiale all'acqua.

Il rivestimento protettivo esterno è una guaina in polietilene (PE) nera debolmente conduttiva (è ammesso l'uso di grafite o guaina semiconduttiva sovraestrusa), rispondente alle norme HD 632 S1; per eventuali installazioni in aria, al fine di evitare il propagarsi della fiamma, il rivestimento è in guaina di PVC nera debolmente conduttiva (è ammesso l'uso di grafite o guaina semiconduttiva sovraestrusa).

In Figura 10 si riporta a titolo illustrativo la sezione del cavo che verrà utilizzato:

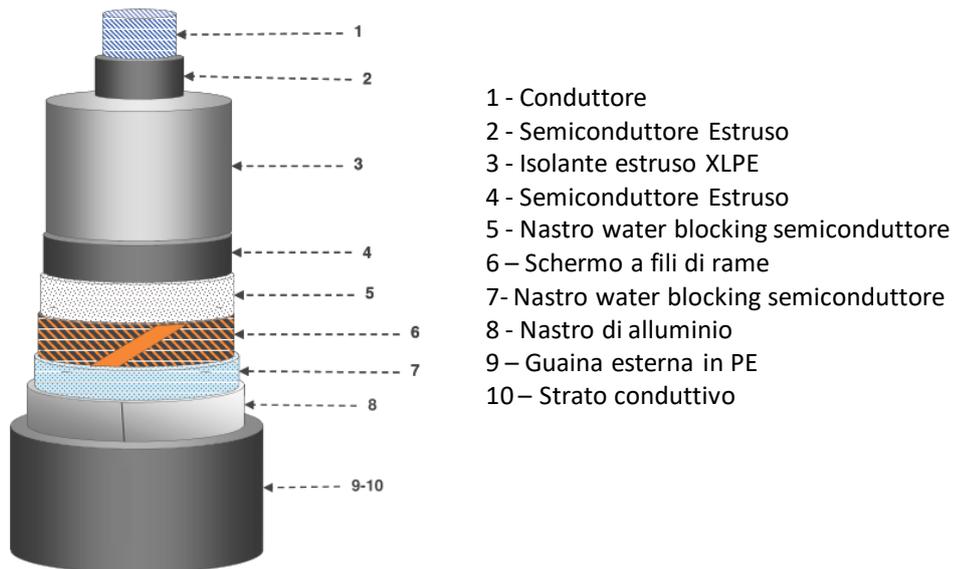


Figura 10 - Cavo AT 150 kV tipo ARE4H1H5E

Le principali caratteristiche tecniche del cavo a 150 kV sono di seguito riportate:

- Frequenza nominale: 50 Hz
- Tensione nominale (U_o/U/U_m): 87/150/170 kV
- Corrente nominale: 1000 A
- Sezione nominale del conduttore: 1600 mm²
- Diametro nominale del conduttore: 23.8 mm
- Potenza nominale (per terna): 140 MVA
- Materiale conduttore: alluminio
- Materiale isolante: XLPE (politene reticolato)
- Diametro isolante (min – max): 65 mm
- Sezione schermo a fili di rame: 70 mm²
- Spessore nastro alluminio: 0,2 mm
- Guaina esterna: PE (politene)
- Diametro guaina esterna (min – max): 80 mm
- Corrente termica di cto.cto – conduttore: 53,4kA – 0,5sec
- Corrente termica di cto.cto – schermo: 20kA – 0,5sec
- Temperatura conduttore in regime permanente: 90°C
- Temperatura conduttore in corto circuito: 250°C

Il conduttore di ogni cavo è formato quindi da una corda in alluminio con sezione 400 mm², lo schermo è costituito da fili di rame disposti radialmente intorno all'isolante per la protezione meccanica; ogni cavo è inanellato in un nastro di alluminio con copertura in PE. Il diametro esterno di ogni cavo è compreso tra 105÷109 mm. In sostituzione dei suddetti cavi, potranno essere impiegati cavi con protezione esterna in PVC, con analoghe caratteristiche.

La tipologia di posa prevista è quella a trifoglio con cavi alloggiati su cunicolo prefabbricato in cls conforme agli standard applicabili (*Elaborato EL-PL3511*).

5.3.5 Interventi lato SSE 150kV RTN "Ulassai"

La stazione 150 kV, lato Terna, è attualmente costituita da due stalli per il collegamento alla linea elettrica, con schema tipo entra-esci, da uno stallone per il collegamento alla sottostazione di trasformazione Sardeolica e da due spazi a disposizione per futuri stalli di ampliamento. La larghezza degli stalli è di 11 m ciascuno.

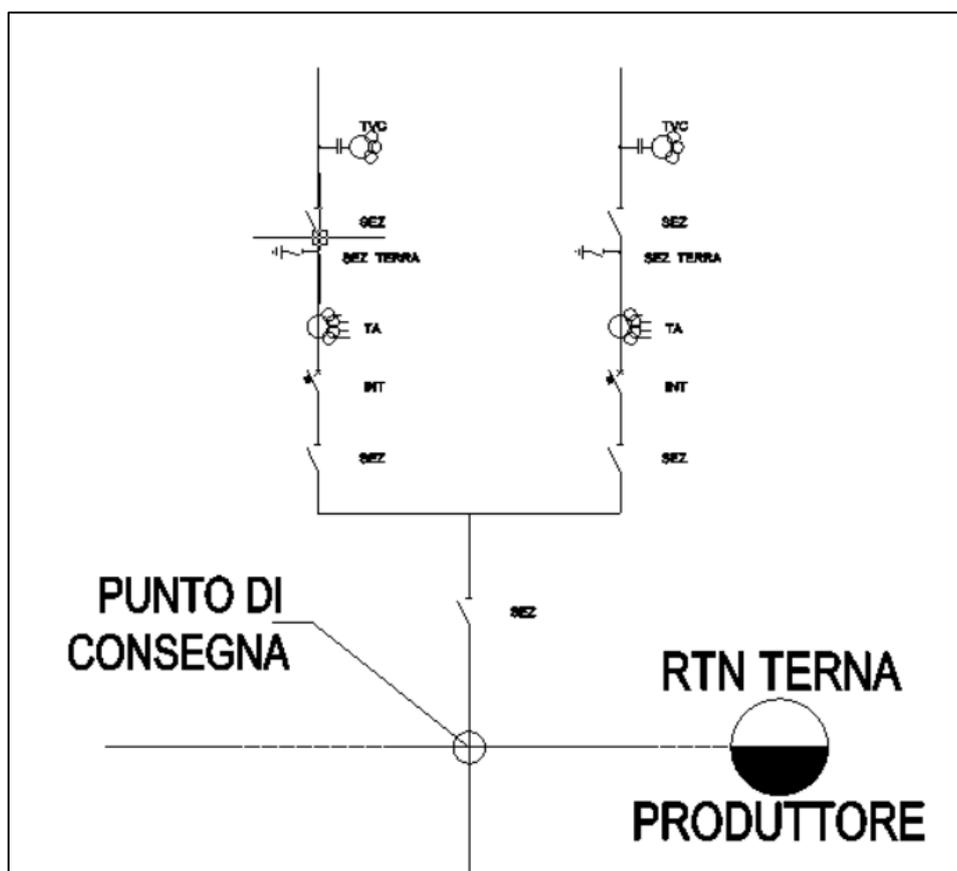


Figura 11– Schema di connessione – Situazione Attuale

Per la connessione dei nuovi impianti di produzione “ABBILA” e “BOREAS” è prevista la realizzazione di un nuovo stallo interruttore in uscita dall’esistente stazione RTN “Ulassai” che sarà realizzato all’interno di un’area disponibile per lo sviluppo all’interno della stessa stazione di Terna. Mediante il nuovo stallo si andrà a realizzare il collegamento previsto dall’Allegato A2- “Guida agli Schemi di Connessione” di Terna per l’inserimento in antenna degli impianti del proponente Sardeolica, secondo lo schema illustrato in Figura 12.

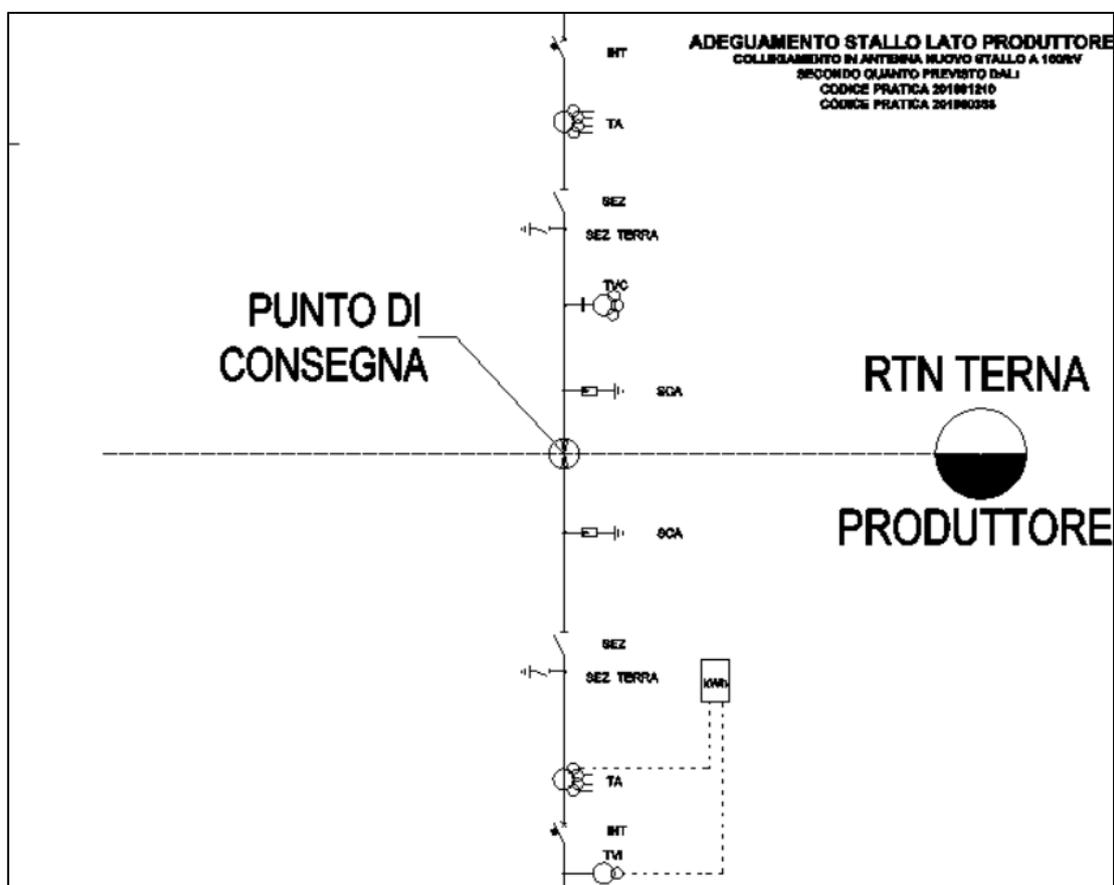


Figura 12 – Schema di connessione – Situazione futura

5.3.6 Impianto di terra e protezione dalle scariche atmosferiche

L'impianto di terra del parco eolico deve essere rispondente alle prescrizioni della Norma CEI EN 50522.

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

L'impianto di messa a terra dell'aerogeneratore sarà realizzato collocando diversi anelli concentrici intorno alla torre dell'aerogeneratore (Figura 13). L'anello interno è formato da un conduttore di rame nudo di con sezione di 70 mm^2 . Verrà inoltre posizionato un secondo anello con sezione di 70 mm^2 concentrico esterno sulla base dell'aerogeneratore posto ad almeno un metro di profondità dalla base della torre dell'aerogeneratore. Sarà infine realizzato, sempre con un conduttore di rame nudo di con sezione di 70 mm^2 , un terzo anello concentrico, esterno alla base, unito in quattro punti ai passanti in acciaio che si trovano nei punti medi dei bordi esterni della fondazione. I tre anelli concentrici devono essere quindi uniti a formare una superficie equipotenziale.

Gli impianti di messa a terra dei diversi aerogeneratori saranno tra loro interconnessi tramite un conduttore di rame nudo di con sezione di 70 mm^2 e dovranno essere collegati all'impianto di messa a terra della sottostazione di trasformazione (*Elaborato EL-PL3508 - Layout impianto di terra*).

Gli aerogeneratori saranno dotati inoltre di impianti protezione dalle scariche atmosferiche connessi all'impianto di terra.

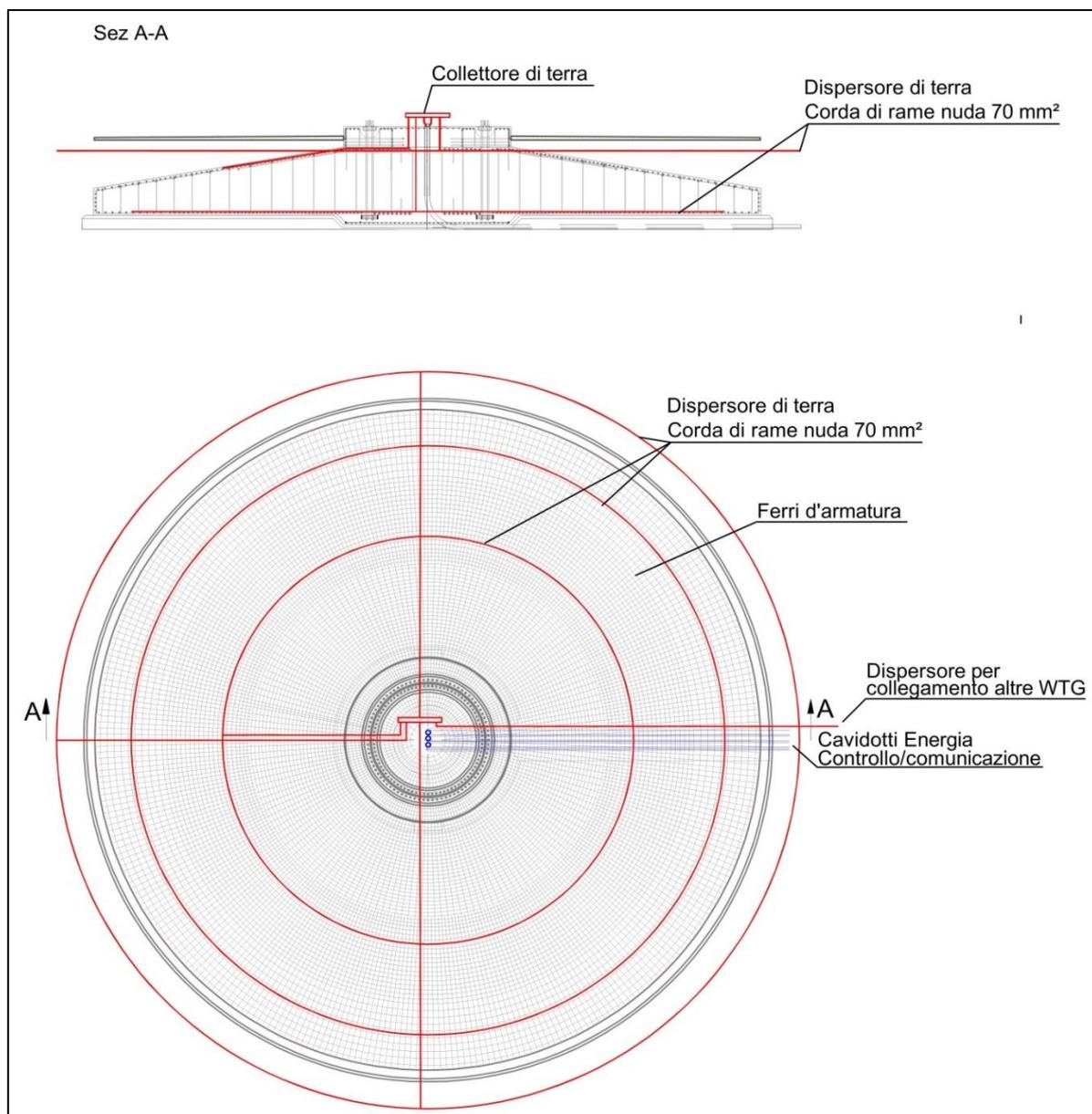


Figura 13 - Schema tipo impianto di messa a terra di un aerogeneratore

5.4 Opere stradali

5.4.1 Viabilità di accesso al sito

Sulla base delle ricognizioni operate da trasportatore specializzato, funzionali alla verifica di idoneità dei percorsi viari per il trasporto della componentistica delle nuove macchine eoliche, è emersa la necessità di procedere all'esecuzione di alcuni interventi puntuali di adeguamento della viabilità di accesso al parco eolico, rappresentata dalla viabilità urbana di accesso al Porto di Arbatax, dalla S.S. 125 e dalla strada provinciali SP "ex strada militare" S.P. 13.

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

Nello specifico l'itinerario avrà una lunghezza indicativa di circa 60 km e si svilupperà prevalentemente lungo la S.S. 125 "Orientale Sarda", per poi proseguire lungo la SP "ex Strada Militare" in direzione Perdasdefogu e giungere in area di impianto attraverso l'esistente viabilità locale di accesso al parco eolico dal versante meridionale. L'accesso alle postazioni eoliche per il montaggio degli aerogeneratori è previsto dalla S.P. 13 sulla quale si innesteranno le piste asservite alle piazzole di macchina (in prevalenza ricavate attraverso adeguamento di strade esistenti e, limitatamente alla postazione J01, di nuova realizzazione), secondo quanto previsto in progetto.

Le caratteristiche principali dei predetti interventi sono individuate nell'Elaborato AM-RTC10015 - Report dei trasporti speciali. Si tratta, principalmente, di opere minimali di rimozione di cordoli, cartellonistica stradale e *guard rail*, che saranno prontamente ripristinati una volta concluse le attività di trasporto, nonché, se indispensabile, di locali e limitati spianamenti e taglio di vegetazione presente a brodo strada.

5.4.2 Viabilità di servizio

L'installazione degli aerogeneratori in progetto presuppone l'accesso, presso i siti di intervento, di mezzi speciali per il trasporto della componentistica delle macchine eoliche, nonché l'installazione di due autogrù: una principale (indicativamente da 750 t di capacità max a 8 m di raggio di lavoro, braccio da circa 140 m) e una ausiliaria (indicativamente da 250 t), necessarie per il montaggio delle torri, delle navicelle e dei rotori.

Come rilevato in sede introduttiva, il sistema della viabilità di accesso al sito del parco eolico sarà incentrato sulle seguenti strade di importanza locale e sovralocale, che presentano caratteristiche sostanzialmente idonee alla percorrenza dei mezzi speciali di trasporto della componentistica delle turbine eoliche, a meno di modesti interventi (cfr. par. 5.4.1), e che saranno, pertanto, conservate inalterate:

- Strada statale 125 "Orientale Sarda";
- strada provinciale "ex strada militare";
- strada provinciale n. 13 Jerzu - Perdasdefogu.

Con riferimento ai peculiari caratteri morfologici ed ambientali delle aree di intervento, preso atto dei vincoli tecnico-realizzativi alla base del posizionamento delle turbine e delle opere accessorie, i nuovi tracciati di progetto hanno ricercato di ottimizzare le seguenti esigenze:

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

- minimizzare la lunghezza dei tracciati sovrapponendosi, laddove tecnicamente fattibile, a percorsi esistenti (viabilità di servizio dell'esistente impianto eolico, carrarecce, sentieri, tratturi);
- contenere i movimenti di terra, massimizzando il bilanciamento tra scavi e riporti ed assicurando l'intero recupero del materiale scavato nel sito di produzione;
- limitare l'intersezione con il reticolo idrografico superficiale al fine di minimizzare le interferenze con il naturale regime dei deflussi nonché con i sistemi di più elevato valore ecologico, evitando la realizzazione di manufatti di attraversamento idrico;
- contenere al massimo la pendenza longitudinale, in considerazione della tipologia di traffico veicolare previsto.

Le principali caratteristiche dimensionali delle opere di approntamento della viabilità interna al parco eolico sono riassunte nel seguente prospetto (Elaborati AM-IAC10007 e AM-IAC10008).

Tabella 2 – Viabilità di progetto

Strade di nuova realizzazione (m)	
Parziale	927 (~17%)
Strade in adeguamento di percorsi esistenti (m)	
Parziale	4.605 (~83%)
Totale viabilità di progetto	5.532 m

La viabilità complessiva di impianto, al netto dei percorsi sulle strade principali e secondarie esistenti, ammonta, pertanto, a circa 5,5 km, ripartiti tra percorsi di nuova realizzazione (circa 930 metri - 17% del totale) e strade in adeguamento degli esistenti percorsi rurali (circa 4.600 metri - 83%).

Ai fini della scelta dei tracciati stradali di nuova realizzazione e della valutazione dell'idoneità della viabilità esistente, uno dei parametri più importanti è il minimo raggio di curvatura stradale accettabile, variabile in relazione alla lunghezza degli elementi da trasportare e della pendenza della carreggiata. Nel caso specifico il minimo raggio di curvatura orizzontale adottato è pari a 40 m, in coerenza con quanto suggerito dalle case costruttrici degli aerogeneratori.

Con riferimento alla pendenza longitudinale, secondo gli standard comunemente suggeriti dalle case costruttrici degli aerogeneratori per tali trasporti eccezionali, la stessa non dovrebbe superare il 14% in condizioni ordinarie. Relativamente ad alcuni tratti di accesso alle postazioni

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

eoliche, nell'ottica di contenere opportunamente le operazioni di movimento terra e le modifiche morfologiche necessarie all'adeguamento del profilo longitudinale, sono state previste pendenze massime appena superiori (si veda la Tabella 3), comunque compatibili con le esigenze di transito dei mezzi speciali e superabili con l'impiego di adeguate motrici ed ottimali condizioni di aderenza del fondo stradale (Elaborato AM-IAC10010 - Profili longitudinali viabilità di impianto).

Tabella 3– Tratti di viabilità di servizio con pendenza superiore al 14%

Viabilità di accesso alle postazioni eoliche	Lunghezza tratti con pendenza > 14%	Pendenza indicativa
Accesso alla postazione J02	34 m	15%
Accesso alla postazione J06	76 m	20%
Accesso alla postazione J07	16 m	15%
Accesso alla postazione J09	150 m	16%

La definizione dell'andamento planimetrico ed altimetrico delle strade è stata attentamente verificata nell'ambito dei sopralluoghi condotti dal gruppo di progettazione e dai professionisti incaricati delle analisi ambientali specialistiche, nonché progettualmente sviluppata sulla base di un rilievo topografico di dettaglio con precisione centimetrica, consentendo di pervenire ad una stima accurata dei movimenti terra necessari.

Coerentemente con quanto richiesto dai costruttori delle turbine eoliche, i nuovi tratti viari in progetto e quelli in adeguamento della viabilità esistente saranno realizzati prevedendo una carreggiata stradale di larghezza complessiva pari a 5.0 m. Localmente, laddove l'esigenza di preservare la vegetazione arboreo/arbustiva lo richieda, la larghezza della carreggiata stradale potrà essere convenientemente calibrata, in sede esecutiva, fino a circa 4÷4.5 metri per i tratti in rettilineo.

La sovrastruttura stradale, oltre a sopportare le sollecitazioni indotte dal passaggio dei veicoli pesanti, dovrà presentare caratteristiche di uniformità e aderenza tali da garantire le condizioni di percorribilità più sicure possibili.

La sovrastruttura in materiale arido, in virtù della sottostante presenza di un substrato lapideo con elevata portanza, potrà assumere spessori ridotti (spessore indicativo di 0,10÷0,20 m) (Elaborato AM-IAC10012). Lo strato di fondazione sarà composto da un aggregato che sarà costituito da *tout venant* proveniente dagli scavi e, solo all'occorrenza, da pietrisco e detriti di cava o di frantoio oppure da una miscela di materiali di diversa provenienza, in proporzioni

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

stabilite con indagini preliminari di laboratorio e di cantiere. Ciò in modo che la curva granulometrica di queste terre rispetti le prescrizioni contenute nelle Norme CNR-UNI 10006; in particolare la dimensione massima degli inerti dovrà essere 71 mm.

La granulometria degli inerti dovrà essere continua, e la porosità del conglomerato dovrà essere compresa fra il 2 ed il 6 %. La stesa e la sagomatura dei materiali premiscelati dovrà avvenire mediante livellatrice o, meglio ancora, mediante vibrofinitrice; ed infine costipamento con macchine idonee da scegliere in relazione alla natura del terreno, in modo da ottenere una densità in sito dello strato trattato non inferiore al 90% o al 95% della densità massima accertata in laboratorio con la prova AASHTO T 180.

Gli interventi sui percorsi esistenti, trattandosi di tratturi o carrarecce, prevedono l'esecuzione dello scavo necessario per ottenere l'ampliamento della sede stradale e permettere la formazione della sovrastruttura, con le caratteristiche precedentemente descritte.

Laddove i tracciati stradali presentino localmente pendenze superiori indicativamente al 10%, al fine di assicurare adeguate condizioni di aderenza per i mezzi di trasporto eccezionale, si prevede di adottare un rivestimento con pavimentazione ecologica, di impiego sempre più diffuso nell'ambito della realizzazione di interventi in aree rurali, con particolare riferimento alla viabilità montana. Nell'ottica di assicurare un'opportuna tutela degli ambiti di intervento, la pavimentazione ecologica dovrà prevedere l'utilizzo di composti inorganici, privi di etichettatura di pericolosità, di rischio e totalmente immuni da materie plastiche in qualsiasi forma. La pavimentazione, data in opera su idoneo piano di posa precedentemente preparato, sarà costituita da una miscela di inerti, cemento e acqua con i necessari additivi rispondenti ai requisiti sopra elencati, nonché con opportuni pigmenti atti a conferire al piano stradale una colorazione il più possibile naturale. Il prodotto così confezionato verrà steso, su un fondo adeguatamente inumidito, mediante vibro finitrice opportunamente pulita da eventuali residui di bitume. Per ottenere risultati ottimali, si procederà ad una prima stesura "di base" per uno spessore pari alla metà circa di quello totale, cui seguirà la stesura di finitura per lo spessore rimanente. Eventuali imperfezioni estetiche dovranno essere immediatamente sistemate mediante "rullo a mano" o altro sistema alternativo. Si procederà quindi alla compattazione con rullo compattatore leggero, non vibrante e asciutto.

Considerata l'entità dei carichi da sostenere (massimo carico stimato per asse del rimorchio di circa 12 t), il dimensionamento della pavimentazione stradale, in relazione alla tipologia di materiali ed alle caratteristiche prestazionali, potrà essere oggetto di eventuali affinamenti solo a seguito degli opportuni accertamenti di dettaglio da condursi in fase esecutiva. La capacità

portante della sede stradale dovrà essere almeno pari a 2 kg/cm² ed andrà rigorosamente verificata in sede di collaudo attraverso specifiche prove di carico con piastra.

Le carreggiate saranno conformate trasversalmente conferendo una pendenza dell'ordine del 1,5% per garantire il drenaggio ed evitare ristagni delle acque meteoriche.

I raccordi verticali delle strade saranno realizzati in rapporto ad un valore di distanza da terra dei veicoli non superiore ai 15 cm, comunque in accordo con le specifiche prescrizioni fornite dalla casa costruttrice degli aerogeneratori.

Tutte le strade, sia quelle in adeguamento dei percorsi esistenti che quelle di nuova realizzazione, saranno provviste di apposite cunette a sezione trapezia per lo scolo delle acque di ruscellamento diffuso, di dimensioni adeguate ad assicurare il regolare deflusso delle acque e l'opportuna protezione del corpo stradale da fenomeni di dilavamento. Laddove necessario, al fine di assicurare l'accesso ai fondi agrari, saranno allestiti dei cavalcafossi in calcestruzzo con tombino vibrocompresso.

Per una più dettagliata descrizione degli interventi stradali previsti si rimanda all'esame degli elaborati grafici di progetto ed a quanto espressamente riportato nella Relazione tecnico-descrittiva del progetto civile (Elaborato AM-RTC10001).

5.4.3 Piazzole di macchina: principali caratteristiche costruttive e funzionali

La fase di montaggio degli aerogeneratori comporterà l'esigenza di poter disporre, in fase di cantiere, di aree pianeggianti con dimensioni indicative standard nell'intervallo 2.500÷ 3.000 m², al netto della superficie provvisoria di stoccaggio delle pale (1000 m² circa). In dette aree troveranno collocazione l'impronta della fondazione in cemento armato, le aree destinate al posizionamento delle gru principale e secondaria di sollevamento nonché dei conci della torre e della navicella.

La necessità di disporre di aree piane appositamente allestite discende da esigenze di carattere operativo, associate alla disponibilità di adeguati spazi di manovra e stoccaggio dei componenti dell'aerogeneratore, nonché da imprescindibili requisiti di sicurezza da conseguire nell'ambito delle delicate operazioni di assemblaggio delle turbine.

Sotto il profilo realizzativo e funzionale, in particolare, gli spazi destinati al posizionamento delle gru ed allo stoccaggio dei conci della torre in acciaio e della navicella dovranno essere opportunamente spianate ed assumere appropriati requisiti di portanza. Per quanto attiene all'area provvisoria di stoccaggio delle pale, non è di norma richiesto lo spianamento del terreno, essendo sufficiente la presenza di un'area stabile sufficientemente estesa ed a conformazione

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

regolare, priva di ostacoli e vegetazione arborea per tutta la lunghezza delle pale. In tale area dovranno, in ogni caso, essere garantiti stabili piani di appoggio su cui posizionare specifici supporti in acciaio, opportunamente sagomati, su cui le pale saranno provvisoriamente posizionate ad una conveniente altezza dal suolo. Al riguardo corre l'obbligo di segnalare come le aree di stoccaggio pale individuate negli elaborati grafici di progetto assumano inevitabilmente carattere indicativo, potendosi prevedere, in funzione delle situazioni locali, anche uno stoccaggio separato delle pale, in posizioni comunque compatibili con lo sbraccio delle gru, ai fini del successivo sollevamento.

Laddove le condizioni locali non consentano di individuare appropriati spazi per lo stoccaggio a bordo macchina delle pale e/o dei conci della torre e della navicella, potrà prevedersi l'allestimento di una piazzola di conformazione ridotta procedendo al c.d. montaggio *just in time* dell'aerogeneratore, ossia assemblando gli elementi immediatamente dopo il trasporto in piazzola (postazioni J04, J06, J07 e J10).

Le piazzole di cantiere saranno realizzate, prelieve operazioni di scavo e riporto e regolarizzazione del terreno, attraverso la posa di materiale arido, opportunamente steso e rullato per conferirgli portanza adeguata a sostenere il carico derivante dalle operazioni di sollevamento dei componenti principali della macchina eolica (circa 20 t/m² nell'area più sollecitata).

Al fine di evitare il sollevamento di polvere nella fase di montaggio, le superfici così ottenute saranno rivestite da uno strato di ghiaietto stabilizzato per mantenere la superficie della piazzola asciutta e pulita.

Al termine dei lavori le suddette aree verranno ridotte ad una superficie di circa 32 m x 32 m (~1.000 m²), estensione necessaria per consentire l'accesso all'aerogeneratore e le operazioni di manutenzione. A tal fine le superfici in esubero saranno stabilizzate e rinverdate in accordo con le tecniche previste per le operazioni di ripristino ambientale (Elaborato AM-IAC10015 - Interventi di mitigazione e recupero ambientale - particolari costruttivi).

Per una più dettagliata descrizione degli interventi a eseguirsi in corrispondenza delle piazzole di macchina si rimanda all'esame degli elaborati grafici di progetto ed a quanto espressamente riportato nella Relazione tecnico-descrittiva del progetto civile (Elaborato AM-RTC10001).

5.5 Fondazione aerogeneratore

Lo schema "tipo" della struttura principale di fondazione per la torre di sostegno prevede la realizzazione in opera di un plinto isolato in conglomerato cementizio armato a sezione circolare

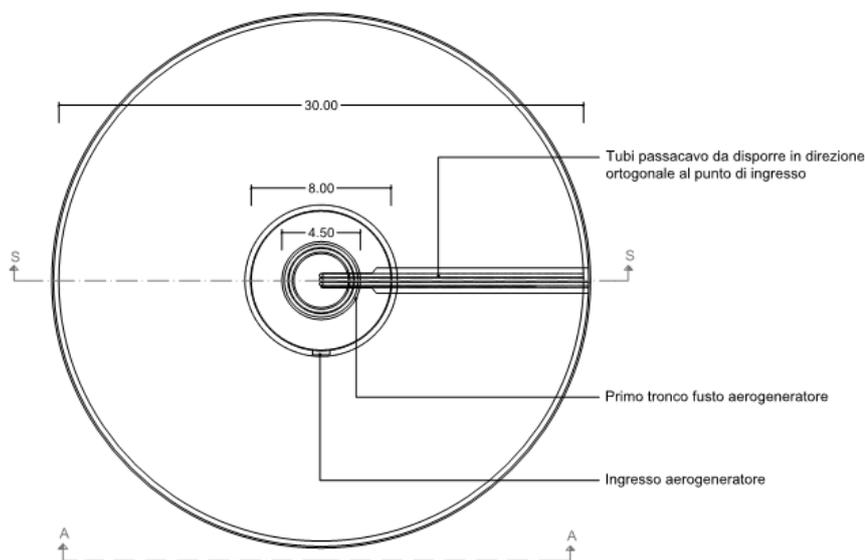
Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

delle seguenti dimensioni indicative: diametro di 30 m e profondità dell'intradosso di 4,00 m circa dal piano di progetto (Elaborato AM-IAC10014 e Figura 14).

Costruttivamente la struttura consta di una platea e di un tronco cilindrico (colletto), sovrapposto alla zona centrale della platea inferiore. La platea è impostata a quota variabile rispetto al piano della piazzola ed è concepita per garantire la stabilità della torre dell'aerogeneratore e per ripartire in modo adeguato le pressioni di contatto sul terreno di imposta.

Il plinto verrà realizzato, previo scavo del terreno, su uno strato di sottofondazione in cls magro dello spessore indicativo di 0,10÷0,15 m.

PIANTA



SEZIONE A-A

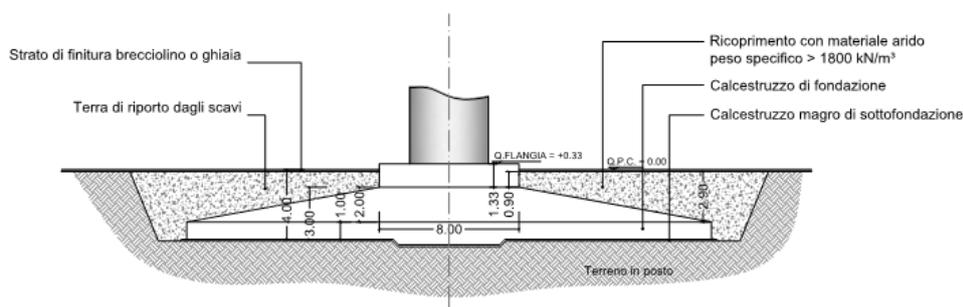


Figura 14– Pianta e vista della fondazione tipo dell'aerogeneratore

Il calcestruzzo dovrà essere composto da una miscela preparata in accordo con la norma EN 206-1 nella classe di resistenza C30/37 per la platea e C45/55 per il piedistallo (colletto), essendo questa la zona maggiormente sollecitata a taglio e torsione.

L'armatura dovrà prevedere l'impiego di barre in acciaio ad aderenza migliorata B450C in accordo con Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al D.M. 14/01/2008, con resistenza minima allo

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

snervamento pari a $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$. La gabbia delle armature metalliche sarà costituita da barre radiali, concentriche e verticali nonché anelli concentrici, in accordo con gli schemi forniti dal costruttore.

L'ancoraggio della torre eolica alla struttura di fondazione sarà assicurato dall'installazione di apposita flangia (c.d. viròla), fornita dalla casa costruttrice dell'aerogeneratore, che sarà perfettamente allineata alla verticale e opportunamente resa solidale alla struttura in cemento armato attraverso una serie di tirafondi filettati ed un anello in acciaio ancorato all'interno del colletto.

Il plinto deve essere rinterrato sino alla quota del bordo esterno del colletto con materiale di rinterro adeguatamente compattato in modo che raggiunga un peso specifico non inferiore a 18 kN/m^3 .

Nella struttura di fondazione troveranno posto specifiche tubazioni passacavo funzionali a consentire il passaggio dei collegamenti elettrici della turbina nonché le corde di rame per la messa a terra della turbina.

La geometria e le dimensioni indicate in precedenza sono da ritenersi orientative e potrebbero variare a seguito delle risultanze del dimensionamento esecutivo delle opere nonché sulla base di eventuali indicazioni specifiche fornite dal fornitore dell'aerogeneratore, in funzione della scelta definitiva del modello di turbina che sarà operata nell'ambito della fase di Autorizzazione Unica del progetto.

Sulla base dell'attuale stato di conoscenze, peraltro, la suddetta configurazione di base dell'opera di fondazione si ritiene ragionevolmente idonea ad assolvere le funzioni di statiche che le sono assegnate, considerata la presenza diffusa di un substrato lapideo rinvenibile a modeste profondità dal piano campagna, tale da escludere la necessità del ricorso a fondazioni profonde.

Dal punto di vista strutturale la fondazione viene verificata considerando:

- il peso proprio della fondazione stessa e del terreno soprastante determinato in conformità alla normativa vigente;
- l'azione di compressione generata dai tiranti che collegano l'anello superiore (solidale con la flangia di base della torre) con l'anello inferiore posato all'interno del getto del colletto.
- i carichi di progetto trasmessi dall'aerogeneratore, riferibili ad una turbina delle caratteristiche del modello Vestas V162 con altezza del mozzo da terra di 125 m e potenza nominale di 6 MW.

La verifica preliminare del dimensionamento delle fondazioni è riportata nell'allegato Elaborato AM-RTC10004 - *Calcoli preliminari di dimensionamento delle strutture*.

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

La profondità del piano di appoggio della fondazione rispetto alla quota del terreno sarà variabile in funzione della quota stabilita per il piano finito della piazzola, in relazione alle caratteristiche morfologiche dello specifico sito di installazione e delle esigenze di limitare le operazioni di movimento terra, secondo quanto rappresentato nei disegni costruttivi nell'Elaborato AM-IAC10009 - *Piazzole di macchina - Dettaglio planimetrico, sezioni rappresentative e inquadramento fotografico.*

Le attività di scavo per l'approntamento della fondazione interesseranno una superficie circolare di circa 32 m di diametro (circa 800 m²) e raggiungeranno la profondità massima di circa 4,00 m dal piano di campagna. I volumi del calcestruzzo del plinto e del terreno di rinterro sono i seguenti:

- volume del calcestruzzo magro di sottofondazione: 112 m³
- volume della platea in c.a.: ~1.350 m³
- volume del colletto in c.a.: 46 m³
- volume del terreno di rinterro: ~850÷1450m³, in funzione della quota stabilita per il piano di fondazione.

Al termine delle lavorazioni la platea di fondazione risulterà totalmente interrata mentre resterà parzialmente visibile il colletto in cls (Figura 14) che racchiude la flangia di base in acciaio al quale andrà ancorato il primo concio della torre.

5.6 Opere civili ampliamento stazione elettrica

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

La recinzione della stazione sarà realizzata con pannelli ciechi prefabbricati, in analogia con l'esistente.

L'ampliamento delle pertinenze sul lato sud, funzionale all'installazione del montante cavo AT, è previsto sulla sommità dell'esistente terrapieno e sarà sorretto da pareti in terre armate.

Fabbricato servizi

La nuova sezione 30/150 kV della SSE Sardeolica sarà provvista di un edificio quadri MT comando e controllo, composto da un locale comando e controllo, un locale per protezioni elettriche e sistemi di telecomunicazioni e un locale batterie.

Il pavimento potrà essere di tipo flottante con area sottostante adibita al passaggio cavi.

L'edificio avrà caratteristiche tipologico-costruttive simili al fabbricato di stazione esistente; sarà a pianta rettangolare (16 x 5.60 m) con altezza fuori terra, al colmo della copertura, di ca. 4.40 m. Il tetto è previsto a doppia falda di uguale pendenza, con linea di colmo secondo la direttrice di sviluppo del corpo di fabbrica e copertura con tegole di laterizio.

Gli infissi saranno in alluminio anodizzato naturale.

La superficie coperta sarà di ca. 90 m² e la cubatura totale di ca. 300 m³.

Strade e piazzali

La viabilità interna all'area della stazione, in coerenza con l'esistente, sarà asfaltata e con una larghezza non inferiore a 4 m, le piazzole per l'installazione delle apparecchiature saranno ricoperte con adeguato strato di ghiaione stabilizzato; tali finiture superficiali contribuiranno a ridurre i valori di tensione di contatto e di passo effettive in caso di guasto a terra sul sistema AT. 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.

L'ingresso alla stazione avverrà dall'esistente cancello carrabile e pedonale.

La recinzione perimetrale sarà conforme alla norma CEI 99-2.

Fondazioni e cunicoli cavi

Le fondazioni dei sostegni sbarre, delle apparecchiature e degli ingressi di linea in stazione, saranno realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera; per le sbarre e per le apparecchiature, con l'esclusione degli interruttori, potranno essere realizzate anche fondazioni di tipo prefabbricato con caratteristiche, comunque, uguali o superiori a quelle delle fondazioni gettate in opera.

Le coperture dei pozzetti e dei cunicoli facenti parte delle suddette fondazioni, saranno in PRFV con resistenza di 2000 daN.

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

I cunicoli per cavetteria saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, oppure prefabbricati; le coperture in PRFV saranno carrabili con resistenza di 5000 daN.

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 nuove superfici impermeabilizzate alla rete di raccolta esistente.

Illuminazione

L'illuminazione della nuova sezione 30/150 kV della stazione sarà realizzata implementando il sistema di illuminazione esistente con nuovi proiettori LED orientabili.



Figura 15 – Spazi da destinare alla nuova sezione di trasformazione 30/150 kV in aderenza alla SSE esistente

5.7 Approntamento di nuovi spazi da destinare a futuro accumulo energetico

In prossimità della stazione elettrica esistente, sul lato opposto della strada comunale Larenzu, il progetto ABBILA ha previsto la realizzazione di un terrapieno di superficie sfruttabile pari a circa 1.250 m² da destinare ad una sezione futura per la realizzazione di un sistema di accumulo di energia di tipo elettrochimico e dei relativi sistemi di controllo della batteria, funzionali

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

all'operatività dell'impianto eolico nella configurazione che scaturirà dalla realizzazione dei progetti ABBILA e BOREAS.

L'area di sedime del terrapieno è interessata dalla presenza di alcuni esemplari di corbezzolo di portamento arboreo e si presenta attualmente in declivio verso nord.

Il terrapieno, da realizzarsi attraverso la messa in posto di circa 1.870 m³ di materiale di scavo originato dalla realizzazione di strade e piazzole, avrà geometria rettangolare (dimensioni 90 x 14 m), con lato maggiore in affiancamento alla viabilità esistente.

Le scarpate, aventi altezza massima di circa 4 m con pendenza approssimativa di 1:1, saranno stabilizzate attraverso la messa in posto di uno strato di circa 20÷30 cm di terreno vegetale, asportato a seguito di preliminari attività di preparazione del piano di posa del rilevato, stabilizzato ricorrendo all'impiego di supporti antierosivi biodegradabili (biostuoie). Il rinverdimento sarà realizzato attraverso la messa a dimora di arbusti tipici delle macchie basse e delle garighe, secondo i criteri indicati per il ripristino delle scarpate di strade e piazzole.

La determinazione della pendenza effettiva della scarpata e l'eventuale esigenza di procedere alla gradonatura del pendio prima della formazione del rilevato, scaturiranno dall'esecuzione di mirate verifiche geotecniche in sede di progetto esecutivo.



Figura 16 – Area individuata per la realizzazione di un terrapieno da destinare a futuro sistema di accumulo di energia di tipo elettrochimico e dei relativi sistemi di controllo della batteria.

5.8 Opere di regolazione dei deflussi

La realizzazione della viabilità di servizio alle nuove postazioni eoliche in progetto comporterà necessariamente di prevedere adeguate opere di regimazione delle acque superficiali al fine di scongiurare fenomeni di ristagno ed erosione accelerata dei manufatti. L'Elaborato AM-IAC10013 del Progetto definitivo illustra i principali interventi da porre in essere per assicurare un'ottimale regimazione delle acque di ruscellamento diffuso e incanalato interferenti con le infrastrutture viarie in progetto e con le piazzole degli aerogeneratori.

Come criterio generale, il progetto ha previsto una pendenza minima trasversale della carreggiata e dei piazzali del 1.5% nonché la predisposizione di cunette stradali atte a favorire il deflusso delle acque meteoriche. Laddove necessario, soprattutto in corrispondenza delle aree in cui i terreni presentino caratteristiche di idromorfia ed avvallamenti, il progetto della viabilità è stato concepito per non ostacolare il naturale deflusso delle acque superficiali, evitando un effetto diga, attraverso la predisposizione di un capillare sistema di tombini di attraversamento del corpo stradale, in numero e dimensioni ridondanti rispetto alle portate da smaltire.

Laddove necessario, in particolare in prossimità delle opere di fondazione degli aerogeneratori, saranno realizzati fossi di guardia atti a recapitare le acque di corrivazione superficiale entro i compluvi naturali.

Sono state previste, inoltre, opportune opere di smaltimento delle acque intercettate dalle canalette (Elaborati AM-IAC10012 e AM-IAC10013).

5.9 Interventi di ripristino, mitigazione e compensazione ambientale

Nel seguito verranno descritti i criteri e le tecniche che saranno adottati per minimizzare gli impatti negativi del progetto sulla flora e sulla vegetazione nella fase di cantiere nonché per riportare i luoghi ad un livello di integrità ambientale il più possibile vicino a quello antecedente l'inizio dei lavori.

Preliminarmente alla descrizione delle misure adottate, come più diffusamente illustrato nell'ambito del Quadro di riferimento progettuale dello SIA, si sottolinea come il progetto proposto sia il risultato di scelte operative volte all'attenuazione degli impatti rispetto a possibili soluzioni alternative più vantaggiose sotto il profilo energetico-produttivo ma di maggiore incidenza sul paesaggio e sulle componenti ambientali.

Per una descrizione degli impatti sulle componenti considerate si rimanda all'esame dell'Elaborato AM-RTS10010 (Relazione floristico-vegetazionale), ricordando che le nuove piazzole ricadranno prevalentemente in aree occupate da pascoli nitrofilo, garighe e impianti artificiali di conifere esotiche. Le formazioni arbustive evolute ad *Arbutus unedo*, *Erica arborea* e altre specie mediterranee sempreverdi saranno interessate dagli interventi solo puntualmente, in settori ristretti.

Per quanto riguarda le tipologie vegetazionali di interesse conservazionistico e il patrimonio arboreo, non si prevede alcun impatto derivante dalla realizzazione del progetto. In generale le aree oggetto di intervento non ospitano né habitat di interesse comunitario o altre cenosi rare. Inoltre, lungo il tracciato delle piste e in corrispondenza delle piazzole non è stata rilevata la presenza di alberi appartenenti a specie autoctone, ma solo di pini impiantati artificialmente e attualmente in fase di espanto da parte di proprietari dei terreni.

Tale assenza di interferenze sugli aspetti floristici e vegetazionali deve essere vista anche nell'ottica degli impatti cumulativi su queste componenti. Si rileva infatti che già la realizzazione del Parco Eolico esistente aveva determinato effetti trascurabili su specie e comunità vegetali di interesse naturalistico, apportando modifiche non rilevanti sul paesaggio vegetale e sul livello di naturalità complessivo del territorio. Le modeste sottrazioni di superfici previste dall'ampliamento

nell'area di Jerzu, andando a interessare aree già soggette a un sensibile degrado, non apportano ulteriori perdite di livello qualitativo nel complesso della componente vegetale del territorio.

5.9.1 Interventi di mitigazione generali di buona conduzione del cantiere

Come criteri generali di conduzione del cantiere si provvederà a:

1. garantire ed accertare:
 - a. la periodica revisione e la perfetta funzionalità di tutte le macchine ed apparecchiature di cantiere, in modo da minimizzare i rischi per gli operatori, le emissioni anomale di gas e la produzione di vibrazioni e rumori;
 - b. il rapido intervento per il contenimento e l'assorbimento di eventuali sversamenti accidentali di rifiuti liquidi e/solidi interessanti acqua e suolo;
 - c. la gestione, in conformità alle leggi vigenti in materia, di tutti i rifiuti prodotti durante l'esecuzione delle attività e opere;
2. ridurre al minimo indispensabile per la realizzazione dei lavori gli spazi destinati allo stoccaggio temporaneo del materiale movimentato, le aree delle piazzole e i tracciati delle piste.
3. Per quanto riguarda le operazioni di escavo:
 - a) asportare, preliminarmente alla realizzazione delle opere, il terreno di scotico, che sarà prelevato avendo cura di selezionare e stoccare separatamente gli orizzonti superficiali e quelli più profondi, ai fini di un successivo riutilizzo per i ripristini ambientali. Si avrà inoltre cura di riutilizzare gli orizzonti superficiali del suolo in corrispondenza del sito dal quale sono stati rimossi o, in alternativa, in aree con caratteristiche edafiche e vegetazionali compatibili;
 - b) privilegiare il riutilizzo in situ dei materiali profondi derivanti dagli escavi, in particolare di quelli provenienti dagli scavi necessari per realizzare le fondazioni degli aerogeneratori, giacché il substrato roccioso assicura la disponibilità abbondante di materiale idoneo da impiegare per la costruzione della soprastruttura di strade e piazzole;
4. smantellare i cantieri immediatamente al termine dei lavori ed effettuare lo sgombero e l'eliminazione dei materiali utilizzati per la realizzazione dell'opera, evitando la creazione di accumuli permanenti in situ;
5. nel caso in cui, in fase esecutiva, si rilevassero interferenze sul patrimonio arboreo, non previste allo stato attuale della progettazione, si provvederà, in tutte le situazioni in cui ciò sia attuabile, a espiantare e reimpiantare, in luoghi idonei dal punto di vista pedologico, eventuali

esemplari arborei di leccio o corbezzolo, presenti sia lungo i tracciati stradali che nelle piazzole. Tali interventi saranno eseguiti secondo le appropriate tecniche colturali e pianificati con l'assistenza di un esperto, al fine di valutare correttamente la possibilità di eseguirle in funzione delle dimensioni dell'apparato radicale e delle caratteristiche di lavorabilità del terreno;

6. definire il cronoprogramma delle attività di cantiere al fine di limitare al minimo la durata delle fasi provvisorie (scavi aperti, passaggio di mezzi d'opera, stoccaggio temporaneo di materiali) nell'ottica di ridurre convenientemente gli effetti delle attività realizzative sull'ambiente circostante non interessato dagli interventi;
7. durante l'esecuzione dei lavori, operare in modo da ridurre al minimo l'emissione di polvere, privilegiando, se necessario, l'utilizzo di mezzi pesanti gommati, prevedendo la periodica bagnatura delle aree di lavorazione, minimizzando la durata temporale e le dimensioni degli stoccaggi provvisori di materiale inerte, contenendo l'altezza di caduta dei materiali movimentati nell'ambito delle attività di caricamento degli automezzi di trasporto.

5.9.2 Interventi di ripristino ambientale: criteri esecutivi

Per la realizzazione delle nuove postazioni eoliche e delle relative piste d'accesso sono state prescelte, ove possibile, aree caratterizzate da naturalità medio-bassa e uno scarso sviluppo della copertura vegetale. Le nuove piazzole ricadranno prevalentemente in aree occupate da pascoli nitrofilo, garighe e impianti artificiali di conifere esotiche. Le piste saranno in gran parte ricavate attraverso l'adeguamento di quelle esistenti, talora con ridotta eliminazione del cisteto e limitati interventi di taglio di arbusti sempreverdi al fine di ampliarne o rettificarne il tracciato.

Per tale ragione, nelle aree con morfologie pianeggianti, non si prevedono, in linea generale, interventi di ripristino della copertura vegetale, ma si riterrà sufficiente un adeguato apporto di terreno vegetale, tramite il riutilizzo del suolo accantonato in seguito alle preventive operazioni di scotico. Ciò consentirà la naturale ricolonizzazione di tali superfici al termine delle fasi di cantiere e il loro naturale recupero come terreni da pascolo. Solo l'area della piazzola definitiva, di ingombro indicativo pari all'impronta della fondazione, sarà rivestita di materiale arido e resterà di fatto inutilizzabile per le pratiche agro-zootecniche fino alla dismissione dell'impianto.

Un differente tipo di intervento sarà tuttavia necessario sulle superfici soggette a più apprezzabili modifiche della morfologia. In corrispondenza degli scavi e dei riporti di terra, dove possibile, si provvederà al rimodellamento degli stessi con terreno vegetale al fine di attenuarne le pendenze. Dove tuttavia non si raggiungesse un assetto tale da consentire la stabilità delle scarpate, dette superfici saranno rivegetate con essenze arbustive spontanee, al fine di mitigare l'impatto visivo, oltre che per conseguire un'efficace stabilizzazione delle stesse.

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

Sulle superfici con pendenze superiori ai 30° e altezze eccedenti i 2 m, saranno messe a dimora specie tipiche delle macchie basse e delle garighe, per lo più aromatiche, allo scopo di ricreare formazioni ben inserite nel paesaggio e nel contempo poco appetibili per il bestiame:

- *Cistus monspeliensis*;
- *Cistus creticus* ssp. *eriocephalus*;
- *Lavandula stoechas*;
- *Halimium halimifolium*.

Nel caso in cui le opere comportassero il danneggiamento della vegetazione arborea, si provvederà al reimpianto o alla sostituzione degli esemplari eliminati, secondo quanto esposto al precedente paragrafo.

5.10 Superfici occupate

La superficie teorica complessivamente interessata dall'impianto, valutata come involuppo delle postazioni degli aerogeneratori, ammonta a circa 900 ha; quella effettivamente occupata dalle opere in fase di cantiere è pari a circa 46.680 m² (circa 4,6 ettari), così suddivisi:

Piazzole di cantiere aerogeneratori	~32.590 m ² (comprensivi di scarpate)
Piazzole definitive a ripristino avvenuto	~ 11.200 m ²
Ingombro fisico delle torri di sostegno	~200 m ²
Viabilità di impianto in adeguamento (nuovo ingombro complessivo stimato del solido stradale rispetto all'esistente)	~11.100 m ²
Viabilità di impianto di nuova realizzazione (ingombro complessivo stimato del solido stradale)	~5.700 m ²
Superfici complessivamente occupate a ripristino avvenuto	~28.000 m²

Corre l'obbligo di evidenziare come in corrispondenza delle superfici funzionali al montaggio degli aerogeneratori, a fine lavori sarà favorita la ripresa della vegetazione naturale, assicurando la possibilità di recupero delle funzioni ecologiche delle aree nonché il loro reinserimento estetico-percettivo, in accordo con i criteri descritti nella relazione Paesaggistica. Con tali presupposti, le

superfici complessivamente sottratte alla copertura vegetale naturaliforme a seguito degli interventi in progetto ammontano ad appena 2,8 ettari.

5.11 Aree di cantiere di base

Per quanto riguarda le aree destinate alla logistica di cantiere, in considerazione della configurazione planimetrica dell'impianto in progetto e delle significative distanze che intercorrono tra le postazioni eoliche si ritiene non necessaria, da un punto di vista logistico, l'individuazione di un'unica area da adibire a cantiere di base.

A tal proposito, al fine di assicurare adeguati spazi per lo stoccaggio dei materiali da costruzione e per il ricovero dei mezzi d'opera, si ritiene che potranno essere utilmente sfruttate le superfici piane approntate per il montaggio degli aerogeneratori in progetto ed eventualmente alcuni piazzali di pertinenza del parco eolico esistente.

Al termine dei lavori tutte le aree di lavorazione saranno oggetto di interventi di ripristino ambientale finalizzati alla restituzione dei terreni al loro originario uso, in accordo con quanto descritto nella Relazione tecnica di progetto.

Per quanto riguarda il cantiere delle linee elettriche MT, in considerazione del loro sviluppo lineare, le terre e rocce da scavo saranno provvisoriamente collocate ai bordi dello scavo in attesa del loro reimpiego in cantiere o in altro sito o, in subordine, dello smaltimento in discarica.

Le recinzioni di cantiere non saranno fisse, ma verranno spostate secondo necessità con il procedere dei lavori.

5.12 Movimenti di terra

5.12.1 Premessa

Lo scenario di gestione delle terre da scavo è delineato nell'alveo delle possibili opzioni concesse dalla normativa applicabile (cfr. Elaborato AM-RTC10016 - *Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti*) ed in relazione alle informazioni tecnico-ambientali al momento disponibili. Tale scenario, essendo ricostruito sulla base di attività tecniche e ricognitive da completare (progettazione esecutiva delle opere e verifiche analitiche sulle matrici ambientali) potrebbe essere suscettibile di affinamenti alla luce di nuovi dati e/o informazioni conseguenti dallo sviluppo di tali attività. Si precisa fin d'ora, pertanto, che, preventivamente all'avvio dei lavori di realizzazione delle opere sarà cura della Sardeolica s.r.l. procedere alla trasmissione di un aggiornamento del Piano di utilizzo agli Enti interessati.

5.12.2 Viabilità, piazzole e fondazioni

Alla luce delle stime condotte nell'ambito dello sviluppo del progetto definitivo delle opere civili funzionali all'esercizio del parco eolico, si prevede che la realizzazione delle stesse determinerà l'esigenza di procedere complessivamente allo scavo di circa 65.500 m³ di materiale, misurati in posto, al netto dei volumi che scaturiscono dalla realizzazione dei cavidotti.

Considerate le caratteristiche geologiche dell'ambito di intervento, i volumi di roccia da scavare per la costruzione di strade e piazzole (61.600 m³ circa) saranno verosimilmente rappresentati da metamorfiti (filladi e metagrovacche).

La restante parte, sulla base delle informazioni al momento disponibili, sarà prevalentemente costituita da materiali di copertura di carattere sciolto (terreni vegetali).

Con riferimento agli interventi sulla viabilità di impianto, allo scavo delle fondazioni ed all'allestimento delle piazzole le stime al momento ipotizzabili hanno dunque condotto a prevedere i quantitativi di materiali di scavo riportati di seguito, distinti sulla base delle caratteristiche litologiche:

Tabella 4 – Tipologia di materiale scavato

1)	Rocce	61.600 m ³
2)	Terreni vegetali	3.865 m ³

Come più oltre esplicitato, in relazione ai predetti volumi di materiale scavato ed ai fabbisogni del cantiere, si stima il seguente quadro complessivo di utilizzo delle materie:

Tabella 5 – Riepilogo movimenti terra in fase di cantiere

RIEPILOGO MOVIMENTI TERRA			
SCAVI			
S.1	Strade - Scavi su roccia	m ³	3.016
S.2	Piazzole e fondazioni - Scavi su roccia	m ³	58.587
S.3	Scavi per realizzazione cavidotti	m ³	11.565
S.4	Strade - Scotico terreno vegetale	m ³	606
S.5	Piazzole - Scotico terreno vegetale	m ³	3.259
	Totale materiale scavato	m³	77.033
FABBISOGNI DI CANTIERE			
F.1	Fabbisogno rilevati strade	m ³	5.264
F.2	Fabbisogno soprastruttura strade	m ³	4.810
F.3	Fabbisogno rilevati piazzole	m ³	23.939
F.4	Fabbisogno soprastruttura piazzole	m ³	11.061
F.5	Fabbisogno materiale per rinterro fondazioni	m ³	15.368
F.6	Fabbisogno materiale per rinterro cavidotti	m ³	11.565
F.7	Fabbisogno materiale per ripristini ambientali (strade)	m ³	720

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

F.8	Fabbisogno materiale per ripristini ambientali (piazzole)	m ³	3.145
F.9			
	Totale fabbisogno materiali per cantiere	m³	75.872
RIUTILIZZO IN SITO			
R.1	Totale riutilizzo in sito per soprastruttura di strade e piazzole	m ³	15.871
R.2	Totale riutilizzo in sito per rilevati di strade e piazzole	m ³	29.203
R.3	Totale riutilizzo in sito per rinterro fondazioni	m ³	15.368
R.4	Totale riutilizzo in sito per ripristini ambientali strade e piazzole	m ³	3.865
R.5	Totale riutilizzo in sito per rinterro cavidotti	m ³	11.565
	Totale materiale riutilizzato in cantiere	m³	75.872
	Terre e rocce in esubero rispetto ai fabbisogni del cantiere da destinarsi a interventi di manutenzione della esistente viabilità di servizio del parco eolico	m³	1.161

A fronte di un totale complessivo di materiale scavato stimato in 77.033 m³ si prevede un recupero di 75.872 m³ per le finalità costruttive del cantiere, pari a circa l'98% del materiale asportato. La quantità di materiale eccedente, stimata in circa 1.160 m³, sarà rappresentata in massima parte da roccia e verrà interamente recuperata in sito per riempimenti, rimodellamenti e ripristini dei manufatti stradali costituenti la viabilità di servizio dell'attuale parco eolico. Secondo questa prospettiva, assumendo di procedere ad una ricarica della pavimentazione stradale esistente per uno spessore di 5÷10 cm, il materiale sarebbe sufficiente per assicurare la manutenzione di circa 2,5÷5 km di viabilità di impianto sui 44 km complessivi.

5.12.3 Cavidotti per la distribuzione elettrica di impianto

Come meglio specificato nel progetto delle infrastrutture elettriche, per la posa delle linee MT si prevede la realizzazione di scavi a sezione obbligata di larghezza variabile, indicativamente nell'intervallo 0,70÷1,30 m. I cavi saranno interrati entro trincea, ad una profondità indicativa di 1,1 m in accordo alle norme vigenti.

I cavi MT saranno del tipo cordato ad elica con conduttore in alluminio della tipologia ARE4H1RX.

Il volume di scavo stimato per la realizzazione dei cavidotti di impianto è valutabile secondo quanto riportato in Tabella 6.

Tabella 6- Volumi di scavo stimati per la realizzazione dei cavidotti di impianto

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

Totale materiale scavato	11.565 m³
Totale materiale reimpiego per rinterro	11.565 m ³ (100%)
Totale materiale in esubero	-

6 CRITERI DI GESTIONE DELL'IMPIANTO

La gestione delle macchine eoliche in progetto e delle opere ad esse funzionali avverrà in accordo con i criteri generali adottati da Sardeolica per la gestione dell'esistente impianto.

Le condizioni di esercizio saranno monitorate da un sistema di controllo automatizzato che permette di rilevare le condizioni di funzionamento con continuità e da posizione remota.

A fronte di situazioni anomale rilevate dal sistema di monitoraggio, di controllo e di sicurezza, è prevista l'attivazione di interventi da parte di personale tecnico addetto alla gestione e conduzione dell'impianto, le cui principali funzioni possono riassumersi nelle seguenti attività:

- servizio di guardiania;
- conduzione impianto, in conformità a procedure stabilite, liste di controllo e verifica programmata ;
- manutenzione preventiva ed ordinaria, programmate in conformità a procedure stabilite per garantire efficienza e regolarità di funzionamento;
- segnalazione di anomalie di funzionamento con richiesta di intervento di riparazione e/o manutenzione straordinaria anche da parte di ditte esterne specializzate ed autorizzate dai produttori delle macchine ed apparecchiature;
- predisposizione di rapporti periodici sulle condizioni di funzionamento dell'impianto e sull'energia elettrica prodotta.

La gestione dell'impianto sarà effettuata programmando la frequenza della manutenzione ordinaria, con interventi a periodicità di alcuni mesi, sulla base delle indicazioni della casa costruttrice degli aerogeneratori ed in base all'esperienza specifica maturata nella gestione dell'impianto stesso.

7 RISCHIO DI INCIDENTI

7.1.1 Rischio di distacco della pala di un aerogeneratore

L'esperienza di pluriennale esercizio dei moderni impianti eolici attesta come le turbine eoliche siano installazioni estremamente affidabili sotto il profilo meccanico-strutturale nonché ambientalmente sicure.

In accordo con quanto suggerito dalle Linee Guida Nazionali sulle Fonti Rinnovabili del 2010, nel seguito sarà condotta una stima approssimativa della distanza massima che può essere raggiunta da una pala di un generatore eolico tipo Vestas V162 da 6 kW, nell'ipotesi di distacco dell'intera pala durante condizioni nominali di funzionamento dello stesso.

Premesso che la determinazione della reale distanza raggiunta da una pala distaccatasi dal rotore di un aerogeneratore, in funzione delle condizioni iniziali e al contorno, è estremamente complessa, a causa dell'influenza di un elevato numero di fattori, le stime di seguito condotte sulla base di un modello semplificato, hanno l'obiettivo di pervenire ad un valore indicativo di riferimento e di determinare l'incertezza approssimativa del dato stesso.

In particolare, lo studio è stato condotto calcolando la gittata del centro di gravità (stimato) della pala, a partire dalle condizioni iniziali teoriche di massima gittata ($\pm 45^\circ$ dall'asse orizzontale con pala in salita) e con ipotesi semplificative circa gli effetti della resistenza/portanza aerodinamica e del trascinamento nella corrente del vento.

7.1.2 Geometria del problema

Il calcolo della gittata massima in caso di rottura di una pala dell'aerogeneratore segue il principio della balistica applicata ai moto dei proiettili. Si sottolinea come i calcoli siano stati condotti considerando nulla la resistenza d'attrito con l'aria, nonché gli effetti di portanza aerodinamica e l'azione di trascinamento del vento.

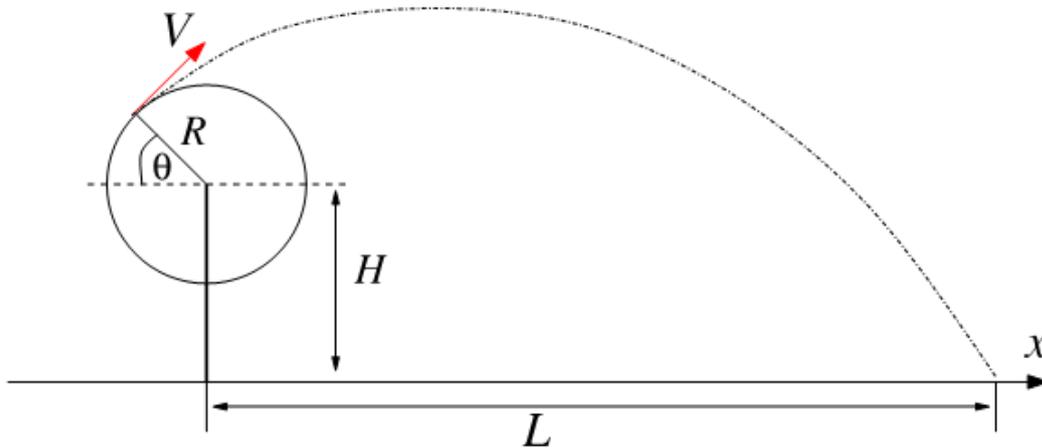


Figura 17 – Schema geometrico del fenomeno di distacco della pala di un aerogeneratore

Le equazioni del moto di un punto materiale soggetto solo alla forza di gravità, in accordo con lo schema semplificato di Figura 17, sono le seguenti:

$$d^2x/dt^2=0$$

$$d^2y/dt^2=-g$$

dove $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità.

La legge del moto soluzione di queste equazioni è

$$x(t) = x_0 + v_x t \tag{1}$$

$$y(t) = y_0 + v_y t - 1/2 g t^2 \tag{2}$$

dove $(x_0; v_0)$ è la posizione iniziale del punto materiale, e $(v_x; v_y)$ è la sua velocità. La traiettoria del punto materiale intercetta il suolo al tempo T tale che $y(T)=0$. Dalla legge del moto si ottiene la soluzione:

$$T = v_y/g + 1/g \times (v_y^2 + 2y_0g) \tag{3}$$

ottenuta scartando la soluzione corrispondente a tempi negativi.

La posizione e la velocità iniziale sono determinati dall'angolo θ e dalla velocità tangenziale V del centro di massa della pala al momento del distacco. Essi sono legati alla posizione ed alla velocità iniziale dalle relazioni:

$$x_0 = - R \cos(\theta)$$

$$y_0 = H_m + R \sin(\theta) \text{ con } H_m \text{ altezza al mozzo dell'aerogeneratore}$$

$$v_x = V \sin(\theta)$$

$$v_y = V \cos(\theta)$$

La gittata L è la distanza dalla torre del punto di impatto al suolo del centro di massa della pala. Dalla legge del moto (1) si ottiene:

$$L=x(T)$$

Sostituendo nella (1) l'espressione ricavata per T nella (3) si ricava in definitiva:

$$L=V\sin(\theta)/g \times \{V\cos(\theta) + [V^2\cos^2(\theta)+2(H+R\sin(\theta))\times g]^{1/2}\} - R\cos(\theta) \quad (4)$$

7.1.3 Dati di base per il calcolo

I dati di base sono quelli caratteristici dell'aerogeneratore Vestas V162 da 6 kW. La lunghezza della pala è pari a 79,4 m e l'altezza massima della torre del generatore, all'asse di rotazione, 125 m.

Il centro di massa della pala risulta approssimativamente posizionato ad una distanza dal centro di rotazione pari ad un terzo della lunghezza della pala.

Si è assunta per il calcolo una velocità massima di rotazione V di 13 rpm, lievemente superiore a quella massima indicata per l'aerogeneratore di riferimento.

La velocità del vento, che si considera ovviamente avere direzione parallela all'asse di rotazione del rotore del generatore, è assunta pari a 25 m/s, coincidente con quella massima operativa prima dell'arresto automatico delle pale.

7.1.4 Calcolo della gittata

Nel caso in esame si suppone che l'eventuale rottura della pala avvenga nelle condizioni più gravose ovvero:

- alla velocità massima del rotore, pari a 13 giri/minuto;
- nel punto di ascissa e ordinata in cui la gittata è massima, con angolo $\theta= 45^\circ$;
- con il centro di massa posizionato ad 1/3 della lunghezza della pala, in prossimità del mozzo;

L'aerogeneratore previsto, ossia del tipo Vestas V162, possiede:

- altezza massima al mozzo dell'aerogeneratore $H_m = 125$ m;
- lunghezza della pala dell'aerogeneratore $L_p = 79,4$ m;
- distanza dal mozzo del centro di massa della Pala $D_{cm} = L_p /3+1,3=27,77$ m;
- Massima Velocità Angolare Rotore $V_{ang} = 13$ Giri/min= $13 \times 2 \pi /60=1,36$ Rad/sec;

Assunto un sistema di riferimento con origine sul terreno in corrispondenza dell'asse della torre, l'ordinata del centro di massa al momento di rottura è data dall'altezza del mozzo sommata alla distanza verticale del centro di massa della pala rispetto al suo centro di rotazione:

$$y_0 = H_m + D_{cm} \cdot \sqrt{2}/2 = 144,64 \text{ m}$$

Analogamente l'ascissa del centro di massa al momento di rottura risulta:

$$x_0 = - D_{cm} \cdot \sqrt{2}/2 = -19,64 \text{ m}$$

La Velocità Lineare posseduta dal Centro di Massa V è desunta dalla Velocità Angolare V_{ang} , ossia:

$$V = V_{ang} \times D_{cm} = 37,77 \text{ m/sec}$$

Applicando la (4) ne deriva una distanza percorsa dal centro di massa pari a:

$$L = 255 \text{ metri circa.}$$

7.1.5 Considerazioni aggiuntive e valutazione conclusiva

Nei casi reali, la distanza di impatto a terra calcolata in accordo con il metodo precedentemente illustrato sarà verosimilmente inferiore, sia per le condizioni iniziali al momento del distacco, che non necessariamente saranno quelle teoriche per una gittata massima, sia per i moti rotazionali della pala, dovuti ai momenti delle forze resistenti, che comporteranno ulteriori dissipazioni di energia e condizioni generalmente meno favorevoli per il moto.

Al riguardo, verifiche sperimentali condotte da Vestas sulla gamma dei propri modelli di aerogeneratore in esercizio indicano come le forze di resistenza che si esercitano sulla pala fanno sì che la gittata reale sia inferiore di circa il 20% rispetto a quella stimata secondo le ipotesi di calcolo sopra indicate (ossia pari a 200 metri circa).

8 DISMISSIONE E RIPRISTINO DEI LUOGHI

Le moderne turbine eoliche di media-grande taglia hanno ad oggi un'aspettativa di vita di circa 25 anni. L'attuale tendenza nella diffusione e sviluppo dell'energia eolica è quella di procedere, in corrispondenza delle installazioni esistenti, alla progressiva sostituzione dei macchinari obsoleti con turbine più moderne ed efficienti assicurando la continuità operativa delle centrali con conseguenti prospettive di vita ben superiori ai 25 anni (c.d. *repowering*). In ogni caso, in caso di cessazione definitiva dell'attività produttiva, gli aerogeneratori dovranno essere smantellati.

Conseguentemente, la necessità di prevenire adeguatamente i rischi di deterioramento della qualità ambientale e paesaggistica conseguenti ad un potenziale abbandono delle strutture e degli impianti impone di prevedere, già in questa fase, adeguate procedure tecnico-economiche per assicurare la dimissione del parco eolico ed il conseguente ripristino morfologico-ambientale delle aree interessate dalla realizzazione dell'opera.

Nell'ottica di assicurare la disponibilità di adeguate risorse economiche per l'attuazione degli interventi di dimissione e recupero ambientale, i relativi costi saranno coperti da specifica polizza fidejussoria, all'uopo costituita dalla società titolare dell'impianto (Sardeolica S.r.l.) in accordo con quanto previsto dalle norme vigenti.

La fase di *decommissioning* delle turbine in progetto, della durata complessiva stimata in circa 5-6 mesi, consisterà nelle attività descritte in dettaglio nello specifico elaborato progettuale (Elaborato AM-RTC10005 - *Piano di dimissione*).

9 CANTIERIZZAZIONE E MESSA A REGIME

9.1 Premessa

Nel seguito saranno sinteticamente descritte le attività inerenti alla fase realizzativa dei lavori di ampliamento del Parco eolico di Ulassai, con particolare riferimento all'organizzazione e alle modalità operative del cantiere. Per maggiori approfondimenti sull'argomento si rimanda agli elaborati allegati al Progetto definitivo dell'impianto.

La realizzazione dell'impianto eolico è suddivisibile in parti distinte le cui interferenze reciproche nella fase costruttiva saranno molto limitate. Le parti principali, in cui verrà operativamente suddiviso l'intervento nell'ambito della fase costruttiva sono:

- 1) Cantiere generale dell'impianto eolico, funzionale alla costruzione delle infrastrutture civili ed all'installazione degli aerogeneratori nei territori di Ulassai e Perdasdefogu;
- 2) Cantiere itinerante delle linee elettriche MT di collegamento degli aerogeneratori con l'esistente stazione elettrica 20/150 kV in loc. *Serrigeddas* (Ulassai).

9.2 Caratteristiche delle lavorazioni

L'appalto delle opere civili del campo eolico comprenderà:

- le attività di realizzazione e finitura delle strade, delle piazzole e degli scavi dell'impianto eolico;
- le opere in cemento armato funzionali alla realizzazione delle fondazioni degli aerogeneratori;
- la realizzazione delle linee MT di collegamento tra gli aerogeneratori e la esistente stazione elettrica MT/AT;
- la realizzazione dell'ampliamento della sottostazione;
- la realizzazione di interventi impiantistici collaterali, funzionali all'entrata in esercizio dei nuovi aerogeneratori.

9.2.1 Opere civili dell'impianto eolico

I lavori di tipo civile possono ricondursi alle seguenti attività principali:

1. allestimento del cantiere;
2. locale adattamento della viabilità di accesso al parco eolico funzionale a renderla adeguata al transito dei mezzi di cantiere ed alle operazioni di trasporto della componentistica degli aerogeneratori presso il sito di intervento;

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

3. adeguamento della viabilità interna del parco eolico al fine di assicurare l'accessibilità di ciascuna postazione eolica ai mezzi d'opera ed ai veicoli di trasporto della componentistica degli aerogeneratori nonché consentire le ordinarie attività di gestione della centrale;
4. approntamento degli interventi funzionali alla regimazione delle acque superficiali;
5. realizzazione degli scavi funzionali all'allestimento delle piazzole nonché alla realizzazione delle fondazioni degli aerogeneratori;
6. realizzazione delle fondazioni degli aerogeneratori e dei collegamenti all'impianto di terra;
7. approntamento delle piazzole funzionali al montaggio degli aerogeneratori;
8. scavo e posa dei cavidotti MT interrati di interconnessione aerogeneratori e collegamento con la stazione di utenza;
9. completamento delle principali opere civili delle piazzole degli aerogeneratori, realizzazione delle opere di ripristino morfologico e ambientale (opere a verde e di rinaturalizzazione e sistemazione finale delle piazzole e della viabilità) dell'area interessata dai lavori;
10. smobilizzo del cantiere.

9.2.2 Fornitura e montaggio dell'aerogeneratore

I lavori per la fornitura e montaggio degli aerogeneratori possono articolarsi nelle seguenti attività:

1. Trasporto e posizionamento a piè d'opera dei componenti.
2. Preassemblaggio a terra dei singoli tronchi della torre.
3. Montaggio dei tronchi della torre.
4. Posizionamento della navicella.
5. Posizionamento delle pale.
6. Allacciamento alla nuova sezione 30/150 kV della SSE esistente, prove funzionali ed avviamento.

9.2.3 Opere per la realizzazione delle linee elettriche MT

La realizzazione delle linee elettriche MT si articolerà schematicamente nelle seguenti fasi di lavoro:

1. allestimento del cantiere e/o dell'area di deposito;
3. scavo e posa dei cavidotti interrati;
4. realizzazione delle giunzioni e delle prese di terra e successivo riempimento e costipazione del terreno negli scavi;
5. attività propedeutiche alla messa in servizio delle linee distribuzione di energia;

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

6. opere di ripristino morfologico e ambientale (ripristino al primitivo stato dei terreni) dell'area interessata dai lavori;
7. smobilizzo del cantiere;
8. collaudo e messa in servizio.

9.2.4 Opere civili per l'allestimento stazione di utenza MT/AT

I lavori connessi all'approntamento della stazione di trasformazione MT/AT sono i seguenti:

1. allestimento del cantiere;
2. realizzazione delle fondazioni e dei basamenti in c.a.;
3. realizzazione di recinzione perimetrale in pannelli prefabbricati e grigliato metallico;
4. realizzazione delle vie cavo per cavi MT e BT compresi i pozzetti in c.a.
5. realizzazione della rete di terra;
6. realizzazione del fabbricato servizi di stazione;
7. smobilizzo del cantiere.

9.2.5 Montaggi elettromeccanici della sezione 30/150 kV della stazione di utenza

I montaggi elettromeccanici della SSE di trasformazione MT/AT consisteranno nelle seguenti attività:

1. montaggi elettromeccanici:
 - montaggio passante cavo- aereo AT
 - montaggio interruttori AT;
 - montaggio sezionatori AT;
 - montaggio trasformatore MT/AT;
 - montaggio trasformatori di misura TVC e TA;
 - montaggio scaricatori di sovratensione AT;
 - montaggio carpenteria a traliccio di stazione;
 - montaggio carpenteria tubolare;
 - montaggio isolatori di sbarra stazione;
 - esecuzione collegamenti AT in corda e/o tubo di alluminio;
2. montaggi dei servizi ausiliari:

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

- installazione quadri BT;
- posa cavi BT;
- esecuzione collegamenti BT;
- realizzazione impianto di illuminazione esterna;
- realizzazione di impianti tecnologici di edificio;

3. montaggi del sistema di protezione, comando e controllo (SPCC):

- installazione armadi e quadri BT;
- posa cavi BT e fibra ottica;
- esecuzione collegamenti BT e fibra ottica;
- installazione apparati centralizzati di stazione;
- installazione apparati di telecontrollo;

4. collaudo e messa in servizio della stazione e di tutto l'impianto eolico.**9.2.6 Gestione delle terre e delle rocce da scavo**

I lavori per la gestione delle terre e delle rocce da scavo si inseriscono all'interno dei lavori di tipo civile e comporteranno le seguenti attività:

1. Stoccaggio dei materiali di scavo in apposite aree;
2. Frantumazione in loco del materiale roccioso oggetto di scavo al fine di favorirne il recupero per la formazione dei rilevati di strade e/o della piazzola ai sensi dell'art. 185 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.;
3. carico dei mezzi necessari;
4. riutilizzo in sito del materiale scavato per rinterri, riempimenti e ripristini.

Per la descrizione delle attività previste nell'ambito della gestione dei materiali di scavo si rimanda al *Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti* facente parte del progetto definitivo (Elaborato AM-RTC10016).

9.3 Logistica di cantiere

Per quanto riguarda le aree destinate alla logistica di cantiere, in considerazione della configurazione planimetrica dell'impianto in progetto e delle significative distanze che intercorrono

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

tra le postazioni eoliche non si ritiene necessario, da un punto di vista logistico, l'individuazione di un'unica area da adibire a cantiere di base.

A tal proposito, al fine di assicurare adeguati spazi per lo stoccaggio dei materiali da costruzione e per il ricovero dei mezzi d'opera, si ritiene che potranno essere utilmente sfruttate le superfici delle piazzole di montaggio degli aerogeneratori nonché, all'occorrenza, superfici e piazzali già denaturalizzati in corrispondenza dell'esistente impianto eolico.

Al termine dei lavori tutte le aree di lavorazione saranno oggetto di interventi di ripristino ambientale finalizzati alla restituzione dei terreni al loro originario uso, in accordo con quanto descritto nella Relazione tecnica di progetto.

Per quanto riguarda il cantiere delle linee elettriche MT, in considerazione del loro sviluppo lineare, le terre e rocce da scavo saranno provvisoriamente collocate ai bordi dello scavo in attesa del loro reimpiego in cantiere per ripristini morfologici.

Le recinzioni di cantiere non saranno fisse, ma verranno spostate secondo necessità con il procedere dei lavori.

9.3.1 Area logistica di cantiere

L'allestimento del cantiere (numero baracche, servizi, etc.) deve prevedere la presenza di tutte le imprese interessate alla realizzazione completa dell'impianto (opere civili e impiantistiche, installazione aerogeneratore e avviamento impianto).

Le aree destinate alla logistica (denominate aree logistiche di cantiere) verranno dislocate in accordo con quanto indicato nella Relazione tecnico descrittiva. Le aree, laddove necessario, saranno spianate e sistemate con l'apporto di materiale arido dello spessore minimo di 20 cm opportunamente compattato; inoltre saranno completamente recintate (con paletti e rete plastificata di altezza pari a 2 m) e dotate di cancelli carrabili (larghezza 5 m) e pedonali dotati di chiusura a lucchetto.

La parte logistica per il personale dovrà comprendere:

- Baraccamenti ad uso spogliatoio, di superficie utile non inferiore a 30 m² (1,5 m² per lavoratore) e con altezza libera interna di almeno 2,40 m, dotati di ventilazione ed illuminazione naturali nei rapporti di 1/10 e 1/20 della superficie in pianta, dotati di armadietti e di panche.
- Baraccamenti ad uso servizi igienici dotati di almeno n. 4 latrine, n. 4 docce, n. 4 lavabi a canale; i servizi si intendono dotati di riscaldamento, di acqua potabile e di acqua sanitaria

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

(calda e fredda); avranno sistemi di trattamento dei reflui di tipo chimico o tali da non necessitare di smaltimento nel terreno.

- Baraccamenti ad uso locali di ricovero e riposo, adibiti anche a consumo pasti, di idonea superficie, dotati di scaldavivande, tavoli, sedie o panche, pavimento antipolvere, ventilatori, riscaldati durante la stagione fredda. I locali saranno inoltre idonei ad accogliere 20 lavoratori a scopo di riparo durante le intemperie e nelle ore di riposo, e saranno conformi alla normativa vigente.
- Una baracca ad uso ufficio di cantiere e una baracca ad uso ufficio (con servizio igienico) per la Committenza e per il D.L. e gli Organi di controllo, entrambe attrezzate con scrivanie, sedie e armadi metallici chiudibili a chiave e comunque conformi a quanto previsto dalle leggi vigenti in materia, opportunamente ventilate e dotate di impianto di riscaldamento. In esse devono essere disponibili i documenti richiesti dalla normativa in vigore, quali: Piano di Sicurezza e di Coordinamento, Piano Operativo di Sicurezza delle imprese appaltatrici, Notifica preliminare e tutta la documentazione riferita alla verifica tecnico professionale delle imprese e dei Lavoratori autonomi.
- Una baracca di circa 15 m² ad uso deposito delle piccole attrezzature, dei mezzi di protezione individuale ed adibita anche a piccola officina.
- Una baracca per deposito di materiali leganti (cemento, ecc.).
- Una cassetta di pronto soccorso, contenente i presidi sanitari previsti dalla legge indispensabili per prestare le prime immediate cure ai lavoratori feriti o colpiti da malore improvviso. Tale cassetta sarà conservata nell'ufficio di cantiere e la sua ubicazione sarà segnalata con appositi cartelli. In cantiere sarà esposta una tabella riportante i nominativi e gli indirizzi dei posti ed organizzazioni di pronto intervento per i diversi casi di emergenza o di normale assistenza.
- Almeno 1 estintore a polvere per ciascuna baracca, oltre a quelli individuali indicati nel POS di ciascuna impresa per le aree di sua competenza.

Le due baracche destinate ad uffici di cantiere, ancorché collocate all'interno dell'area recintata, dovranno essere accessibili direttamente dalla viabilità esterna mediante appositi cancelli pedonali; l'area che le contiene sarà separata, ma comunicante, da quella che contiene gli altri baraccamenti, depositi, etc.

9.3.2 Aree di deposito materiali e mezzi

L'ubicazione dei depositi generali verrà scelta in relazione alla eventuale necessità della sorveglianza, alla comodità delle operazioni di carico e scarico, alla necessità di una corretta conservazione del materiale e soprattutto al suo grado di pericolosità.

Le aree di stoccaggio andranno di norma delimitate, soprattutto quando si tratta di materie e di sostanze pericolose.

In particolare sono da prevedere almeno le seguenti aree di deposito materiali:

- deposito ferri di armatura
- deposito inerti
- deposito macchinari
- deposito materiali vari.

I depositi di benzina, petrolio, olio minerale e tutti gli idrocarburi, essendo infiammabili, se in quantitativi superiori a 500 kg, sono soggetti al controllo del Comando dei Vigili del Fuoco competenti per il territorio.

I depositi di cui sopra devono essere protetti contro le scariche atmosferiche.

L'approvvigionamento di acqua per i servizi igienici verrà assicurato mediante apposito contenitore in materia plastica che verrà installato in prossimità delle baracche che ne fanno uso.

Il rifornimento di acqua potabile è assicurato con l'approvvigionamento di acqua minerale in bottiglia: almeno 3 litri pro capite al giorno.

Stoccaggio dei materiali di risulta degli scavi

Il materiale di risulta degli scavi riutilizzabile in cantiere verrà depositato provvisoriamente in prossimità della stessa area di lavoro o in apposite aree dedicate, allestite in corrispondenza delle piazzole di macchina. I ferri di armatura delle fondazioni saranno depositati provvisoriamente in prossimità del luogo del loro utilizzo (piazzole degli aerogeneratori).

A getti ultimati e dopo il rinterro delle fondazioni, il materiale di risulta degli scavi sarà riutilizzato in cantiere secondo le modalità previste dal *Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti* (Elaborato AM-RTC10016). Eventuali eccedenze di materiali di scavo non riutilizzabili in cantiere, al momento non prevedibili, saranno gestite in regime di rifiuti nel rispetto delle vigenti disposizioni di carattere ambientale applicabili.

Stoccaggio di altri materiali

Cavi per elettrodotti: verranno stoccati in bobine in idonea area recintata o in una baracca prefabbricata e trasportati nell'area interessata al momento del loro utilizzo.

Lo stoccaggio sarà eseguito in una zona pianeggiante, bloccando le bobine con cunei o dispositivo equivalente atto ad impedirne l'accidentale rotolamento.

9.3.3 *Segnaletica e informazioni per la sicurezza*

Dovrà essere necessariamente prevista la predisposizione di cartellonistica informativa del cantiere, posta in corrispondenza degli ingressi che riporti le seguenti indicazioni:

- nominativo del Committente e/o responsabile dei lavori;
- oggetto dei lavori;
- progettista;
- coordinatore per la progettazione dei lavori;
- direttore dei lavori;
- coordinatore per l'esecuzione dei lavori;
- appaltatore;
- durata presunta dei lavori;
- data di inizio lavori;
- data presunta di fine lavori ed eventuali aggiornamenti;
- estremi di trasmissione della notifica preliminare agli organi di vigilanza dell'ASL e della D.P.L.;
- nominativi dei subappaltatori e/o lavoratori autonomi;
- aggiornamenti della notifica preliminare agli organi di vigilanza dell'ASL e della D.P.L. (da riportare durante l'avanzamento dei lavori).

I lavoratori dovranno essere informati dei rischi presenti in cantiere attraverso la segnaletica di sicurezza, in particolare attraverso cartelli.

La segnaletica dovrà essere predisposta con l'avvertenza di non montare cartelli cumulativi, ma singoli nelle immediate vicinanze delle varie lavorazioni e congruenti con le lavorazioni stesse.

In particolare nell'ufficio di cantiere dovrà essere predisposta una bacheca, ben visibile ai lavoratori, su cui saranno esposti tutti gli avvisi riguardanti la sicurezza, ed in particolare saranno sempre consultabili i seguenti documenti:

- Numeri telefonici di riferimento per la sicurezza in cantiere:

- Vigili del fuoco: 115
- Carabinieri: 112
- Ambulanza: 118
- Schede di sicurezza e di riferimento e piani operativi POS connessi alle attività in corso di esecuzione.

9.3.4 Impianto elettrico di cantiere

L'energia elettrica per le aree logistiche di cantiere sarà fornita o da linea elettrica o tramite opportuni gruppi elettrogeni, da posizionarsi in adeguata area debitamente protetta, all'interno dell'area destinata alla logistica di cantiere.

I quadri elettrici di cantiere dovranno essere "a norma" e a cura e spese dell'Appaltatore delle opere civili. Si prevede un quadro generale di cantiere, situato in prossimità delle baracche, corredato da interruttori generali, differenziali e completi di tutte le protezioni elettriche previste dalla norma CEI.

Devono essere messe a terra, con un numero di dispersori adeguato, le masse delle apparecchiature elettriche di classe I e tutte le masse estranee.

Si evidenzia che nell'installazione di gruppi elettrogeni di potenza compresa fra 25 e 1200 kW si devono rispettare le norme di sicurezza emanate dal Ministero dell'interno con Circolare n° 31 del 31/8/1978.

Inoltre, al fine di evitare che un doppio guasto verso terra comprometta la sicurezza contro i contatti indiretti, vanno collegate le masse e il neutro allo stesso impianto di terra (sistema TN). La protezione sarà completata con l'uso di interruttori differenziali su ogni singola derivazione.

9.3.5 Opere provvisorie nelle aree dove si svolgono lavorazioni

Dovranno essere delimitati e segnalati:

- tutti gli scavi;
- le zone di carico e scarico del materiale;
- le aree di lavoro delle autogrù per operazioni di movimentazione e di montaggio di materiali; le imprese, prima dell'invio delle autogrù in cantiere dovranno fornire al CEL le informazioni operative di dettaglio.

9.3.6 Rischi derivanti dall'ambiente esterno sul cantiere

Per quanto riguarda la realizzazione delle linee MT, i rischi derivanti dall'ambiente esterno sul cantiere sono in sostanza costituiti dalla presenza degli impianti ed infrastrutture interferenti (linee elettriche e telefoniche, traffico viario, attraversamenti delle strade e dei fiumi, acquedotti, ecc.).

Tutte le interferenze del cantiere con reti di servizio (linee elettriche e telefoniche, tubazione acqua o altri servizi) saranno investigate e verificate dall'Impresa e dalla Direzione Lavori nella fase preliminare all'inizio lavori. La presenza di eventuali sottoservizi attivi lungo il tracciato degli scavi per la posa dei cavidotti e della linea e in corrispondenza delle fondazioni da realizzare, dovrà pertanto essere stata esclusa preliminarmente, come previsto in progetto.

9.3.7 Rischi che le attività del cantiere possono produrre sull'esterno

Le indicazioni (di cui al punto precedente) previste per i rischi derivanti dall'ambiente esterno sul cantiere sono considerate idonee anche per i rischi che le attività di cantiere possono produrre sull'ambiente esterno. Si evidenzia che la presenza del cantiere comporta un aumento del traffico stradale sulle vie di accesso.

Dovranno essere previsti lo sgombero e la pulitura da terra riportata dalle ruote dei camion in corrispondenza dell'immissione delle strade di cantiere sulla viabilità ordinaria per permettere una corretta circolazione di tutti i mezzi.

10 CRONOPROGRAMMA PRELIMINARE DEI LAVORI

Il processo realizzativo per i lavori in oggetto comporterà, prevedibilmente, il coinvolgimento di almeno n. 2 imprese/società appaltatrici e di un numero variabile di eventuali imprese subappaltatrici per l'esecuzione di lavorazioni specialistiche, come di seguito riportato:

Appaltatore/Fornitore	Attività Diretta	Eventuali attività in Subappalto
Opere Edili	<ul style="list-style-type: none"> - Movimenti terra strade e piazzole (sbancamenti e rilevati). - Fondazioni (scavi e opere in c.a.). - Scavi e riempimenti cavidotti. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posa in opera dei cavi (cavi MT, fibre ottiche, corda di terra, ecc.), terminazione dei cavi MT e cablaggi. - Allestimento SSE. - Opere a verde e di rinaturalizzazione;
Fornitore in opera aerogeneratori	<ul style="list-style-type: none"> - Montaggi meccanici ed elettrici. - Avviamenti. 	<ul style="list-style-type: none"> — trasporto in opera dei componenti; — gruaggi.

Come filosofia generale, per questa tipologia di impianti, considerata la limitata possibilità di circolazione e manovra di mezzi, è frequentemente esclusa la contemporanea presenza degli appaltatori delle opere edili e del fornitore in opera dell'aerogeneratore. Ciò per evitare disfunzioni derivanti dalla sovrapposizione di lavorazioni estremamente diversificate con esigenze tecnico-operative spesso incompatibili.

Tale approccio è tanto più frequente quanto minore è il numero di aerogeneratori da installare, con conseguente contrazione degli spazi operativi e limitata possibilità di circolazione dei mezzi d'opera.

La sequenza tipica delle lavorazioni in un cantiere di impianto eolico è la seguente:

1. Predisposizione di tutte le opere ed infrastrutture civili, compresa la realizzazione dei cavidotti di impianto, suddivisa nelle seguenti sottofasi:
 - a. Realizzazione viabilità (nuova e riattamento esistente);
 - b. Conformazione della piazzola;

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

- c. Realizzazione fondazione aerogeneratore e maglia di terra;
 - d. Allestimento piazzola;
 - e. Realizzazione cavidotto di impianto.
2. Trasporto in sito, assemblaggio e montaggio aerogeneratore;
 3. Opere di finitura (regimazione idraulica e sistemazione ambientale).

I cavidotti MT potranno essere realizzati in parallelo alle opere relative all'impianto eolico, giacché completamente svincolate da queste ultime.

Per la realizzazione degli interventi previsti dal presente progetto può stimarsi una durata indicativa dei lavori di circa 12 mesi con uno sviluppo delle attività ipotizzato secondo quanto riportato nel cronoprogramma riportato nell'Elaborato AM-RTC10010 - *Cronoprogramma degli interventi*.