



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

AMISTADE

**Progetto di un Parco Eolico nei territori dei
comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU).**



STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

0		Emissione per procedura di VIA	Sartec	Sartec	Sartec
<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Red.</i>	<i>Contr.</i>	<i>Appr.</i>



Sede Amministrativa
I-20122 Milano
Galleria Passarella 2
Tel. +39 02 77371
Fax +39 02 7737209

Sede Legale
Sesta Strada Ovest
Z.I. Macchiareddu
I-09068 Uta (CA)
Tel. +39 070 24661780
Fax +39 070 24661211

Stabilimento
Parchi Eolici di Ulassai
S.P. 13, km.11+500
I-08040 Ulassai (NU)
Tel. +39 3297518302
Fax +39 078240594

Cap. Soc. € 56.696.00 int. vers.
Reg. Imprese di Cagliari e
Cod. Fisc. IT 01953460902
Società appartenente al Gruppo IVA
P. IVA 03868280920
sardeolica@pec.grupposaras.it
comunicazioni.sardeolica@pec.grupposaras.it



EN ISO 9001
20 100 121257804
EN ISO 14001
20 104 121257807
EN ISO 18001
20 116 121257806
EN ISO 50001
TA2701/73002575

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

AMISTADE

Progetto di un Parco Eolico nei territori dei Comuni di **Esterzili e di Escalaplano (SU).**

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

COORDINAMENTO GENERALE:

Ing. Manolo Mulana – SARTEC – Saras Ricerche e Tecnologie

PROGETTAZIONE:

Ing. Ivano Distinto (Direttore tecnico) – Fad System S.r.l.

Ing. Carlo Foddis (Direttore tecnico) – Fad System S.r.l.

Ing. Giovanni Saraceno (Direttore tecnico) 3E Ingegneria Srl

Gruppo di lavoro:

Ing. Francesco Schirru

Mariano Agus

Dott. Geol. Chiara D'Andrea

Ing. Gianni Serpi

Geom. Roberto Accalai

Ing. Francesco Samaritani

Collaborazioni specialistiche:

Verifiche strutturali: Ing. Luca Corsini

Aspetti archeologici: Dott. Luca Sanna

Aspetti pedologici ed uno del suolo, geologici e geotecnici: Dott. Geol. Andrea Bavestrelli

Aspetti floristico-vegetazionali e fauna: Dott. Nat. Francesco Lecis

Aspetti idraulici: Ing. Remigio Franzini

Aspetti impatto Acustico: Ing. Claudio Fiaschi – Geom. Nicola Ambrosini

Aspetti paesaggistici: Paes. Emanuele Roveccio – Dott.ssa Greta Madrignani

Interferenze e telecomunicazioni. – Prof. Ing. Giuseppe Mazzarella – Ing. Emilio Ghiani

Terre e Rocce da Scavo: Dott. Geol. Cosima Atzori

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	8
2	NORME TECNICHE CHE REGOLANO LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA	9
3	DESCRIZIONE GENERALE DEL PROCESSO PRODUTTIVO.....	12
4	ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI	15
4.1	PREMESSA	15
4.2	LA SCELTA LOCALIZZATIVA.....	18
4.3	LE SCELTE ORIENTATE AL CONTENIMENTO DEGLI IMPATTI VISIVI	20
4.4	ALTERNATIVE PROGETTUALI TECNOLOGICHE	30
4.4.1	<i>Analisi dei principali impatti delle alternative progettuali tecnologiche</i>	<i>30</i>
4.4.1.1	Impatto visivo.....	31
4.4.1.2	Impatto del tremolio dell'ombra	38
4.4.1.3	Impatto acustico	41
4.4.1.4	Scelta tecnologica finale di progetto	45
4.5	ALTERNATIVA ZERO.....	46
4.6	SCELTA FINALE DI PROGETTO IN BASE ALLE ANALISI DI PROGETTO ED AMBIENTALI	48
5	CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE IN PROGETTO	49
5.1	INFRASTRUTTURE ELETTRICHE.....	49
5.1.1	<i>Stazione elettrica di connessione alla RTN</i>	<i>49</i>
5.1.1.1	Consistenza della sezione in alta tensione a 150 kV	51
5.1.1.2	Consistenza della sezione in media tensione a 30 kV	52
5.1.1.3	Sistema di protezione, monitoraggio, comando e controllo	52
5.1.1.4	Servizi ausiliari in corrente alternata e corrente continua	52
5.1.1.5	Trasformatore	53
5.1.1.6	Servizi ausiliari in corrente alternata e corrente continua	53
5.1.1.7	Opere civili per la realizzazione della stazione di utenza.....	54
5.1.2	<i>Aerogeneratori</i>	<i>54</i>
5.1.2.1	Aspetti generali.....	54
5.1.2.2	Torre di sostegno	57
5.1.2.3	Sistema elettrico dell'aerogeneratore.....	58
5.1.2.4	Convertitore	58
5.1.2.5	Generatore	58
5.1.2.6	Trasformatore elevatore di macchina.....	60
5.1.2.7	Cavi MT	60
5.1.2.8	Quadro elettrico MT connessione rete	60
5.1.2.9	Trasformatore BT/BT per servizi ausiliari di torre.....	62
5.1.2.10	Quadro elettrico BT per servizi ausiliari di torre	62
5.1.2.11	Criteri di definizione dei tracciati	62
5.1.2.12	Tipologie di posa	63
5.1.2.13	Giunzioni cavi MT.....	63
5.1.2.14	Terminazione ed attestazione dei cavi	64
5.1.2.15	Attraversamenti / interferenze	64
5.1.2.16	Caratteristiche dei cavi MT.....	64
5.1.2.17	Cavi BT per energia e segnale.....	65
5.1.3	<i>Cavidotti di collegamento MT</i>	<i>66</i>
5.1.4	<i>Elettrodotto di collegamento AT tra Stazione di Utenza e Stazione Terna</i>	<i>69</i>
5.1.5	<i>Impianto di terra e protezione dalle scariche atmosferiche</i>	<i>72</i>
5.2	OPERE STRADALI	74

5.2.1	<i>Viabilità di accesso al sito</i>	74
5.2.2	<i>Viabilità di progetto</i>	78
5.3	FONDAZIONI AEROGENERATORI	90
5.4	PIAZZOLE DI MONTAGGIO	94
5.5	ANALISI DEGLI INTERVENTI PREVISTI PER LA REALIZZAZIONE DELLE SINGOLE PIAZZOLE .	99
5.6	SUPERFICI OCCUPATE E GESTIONE DELLE TERRE	121
5.7	OPERE DI REGOLAZIONE DEI DEFLUSSI	125
5.8	AREE DI ACCANTIERAMENTO, AREE PROVVISORIE DI STOCCAGGIO TERRE E IMPIANTO MOBILE TEMPORANEO DI BOTONAGGIO	126
5.9	INTERVENTI DI RIPRISTINO, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE AMBIENTALE	130
5.9.1	<i>Analisi sulla vegetazione</i>	130
5.9.2	<i>Misure mitigative</i>	133
5.9.3	<i>Interventi di compensazione</i>	135
5.9.3.1	<i>Tipologia di opere</i>	137
6	CRITERI DI GESTIONE DELL'IMPIANTO	142
7	RISCHIO DI INCIDENTI	143
7.1.1	<i>Rischio di distacco della pala di un aerogeneratore</i>	143
7.1.2	<i>Inquadramento del problema</i>	143
7.1.3	<i>Calcolo della gittata di una pala eolica</i>	146
7.1.3.1	CASO 1: MOTO IRROTAZIONALE VALUTATO IN BASE AL PRINCIPIO DELLA BALISTICA APPLICATA AL MOTO DEI PROIETTILI SENZA ATTRITO VISCOSO.....	146
7.1.3.2	CASO 2: MOTO IRROTAZIONALE CONSIDERANDO L'ATTRITO VISCOSO DELL'ARIA	151
7.1.3.3	CASO 3: MOTO ROTAZIONALE COMPLESSO	152
7.1.4	<i>Considerazioni aggiuntive e valutazione conclusiva</i>	153
8	DISMISSIONE E RIPRISTINO DEI LUOGHI	155
9	CRONOPROGRAMMA PRELIMINARE DEI LAVORI	161

ELENCO DIDASCALIE FIGURE

Figura 1 - Inquadramento territoriale degli aerogeneratori del Parco Eolico “Amistade”.....	17
Figura 2 - Area di visibilità teorica di un impianto eolico (Fonte: RAS RAS 2015).....	21
Figura 3 – Fotosimulazione del Parco eolico “Amistade”	23
Figura 4– Classi intervisibilità teorica – Ambiti periferici del bacino visivo – Layout di progetto.	24
Figura 5 – Layout iniziale e finale dei WTG del Parco eolico “Amistade” (posizioni iniziali WTG in giallo; posizioni finali dei WTG in verde).....	25
Figura 6 - Intervisibilità cumulativa (25 km dagli aerogeneratori)	28
Figura 7 - Dettaglio variazioni posizione SSE e SU	29
Figura 8 - Classi intervisibilità teorica – Ambiti periferici del bacino visivo – Aerogeneratore Nordex.....	33
Figura 9 - Classi intervisibilità – Ambiti periferici del bacino visivo - Aerogeneratore Siemens..	34
Figura 10 - Fotosimulazione Aerogeneratori Vestas V162 – 6.2 MW.....	35
Figura 11 - Fotosimulazione Aerogeneratori Nordex N163 – 5.7 MW.....	36
Figura 12 - Fotosimulazione Aerogeneratori Siemens Gamesa SG155 – 6.6 MW.....	36
Figura 13 – Rappresentazione grafica dell'impatto dell'ombra generata da un aerogeneratore (Fonte: CleanTechnica)	38
Figura 14 – Specifiche utilizzate con il Soundplan 8.2	43
Figura 15 – Ricettori nel modello acustico	44
Figura 16 - Inquadramento area nuova sottostazione elettrica su carta CTR.....	50
Figura 17- Dettaglio area sottostazione utente	50
Figura 18 – Vista aerea dell’area in cui verrà ubicata la stazione di utenza	51
Figura 19 - Aerogeneratore Vestas tipo V162 – 6.2 MW.....	55
Figura 20 - Aerogeneratore tipo V162 – 6,2 MW altezza al mozzo (1) 125 m, e diametro rotore (2) di 162m	56
Figura 21 – Curva di potenza generatore tipo V162-5.6 MW	57
Figura 22 – Tracciato cavidotti su ortofoto	67
Figura 23 – Sezioni tipo vie cavo per il cavidotto di collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione di utenza.....	69
Figura 24 – Rappresentazione della sezione tipo per il cavo AT.....	71
Figura 25 - Schema tipo impianto di messa a terra di un aerogeneratore	73
Figura 26 - Tracciato individuato con porto di sbarco ad Arbatax (NU)	75
Figura 27 - Tracciati stradali dai punti d’accesso sulla Sp 53 all’area produttiva e alle piazzole	77
Figura 28 – Rappresentazione della viabilità di accesso alle aree di installazione delle turbine.	80
Figura 29 - Viabilità secondaria comunale esistente - tratti asfaltati.....	81
Figura 30 - Viabilità secondaria comunale esistente - tratti sterrati	82
Figura 31 – Planimetria aree di manovra.....	83
Figura 32 - Planimetria attraversamenti temporanei corsi d’acqua	84
Figura 33 – Immagini tipologiche, attraversamenti temporanei d’acqua.....	84
Figura 34 – Strade sterrate vicinali e interpoderali esistenti di progetto	86

Figura 35 - Potenziali interferenze per linee elettriche sui tracciati per le wtg ESC10 e ESC13.87	
Figura 36- Pianta della fondazione degli aerogeneratori.....	91
Figura 37 – Sezione della fondazione degli aerogeneratori.	92
Figura 38 – Fasi di realizzazione delle fondazioni.....	93
Figura 39 – Esempi di stoccaggio delle pale.....	95
Figura 40 - Schematizzazione piazzola tipo.....	96
Figura 41 – Spazi per il montaggio delle gru principale	97
Figura 42 – Operazioni di realizzazione della piazzola e sistemazione finale	98
Figura 43 - Area di intervento per la Piazzola ESC01	99
Figura 44 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC01	100
Figura 45 - Area di intervento per la Piazzola ESC02.....	100
Figura 46 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC02	100
Figura 47 - Area di intervento per la Piazzola ESC03.....	102
Figura 48 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC03	102
Figura 49 - Area di intervento per la Piazzola ESC04.....	103
Figura 50 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC04	103
Figura 51 - Area di intervento per la Piazzola ESC05.....	104
Figura 52 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC05	104
Figura 53 - Area di intervento per la Piazzola ESC06.....	105
Figura 54 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC06	105
Figura 55 - Area di intervento per la Piazzola ESC07.....	106
Figura 56 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC07	106
Figura 57 - Area di intervento per la Piazzola ESC08.....	107
Figura 58 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC08	107
Figura 59 - Area di intervento per la Piazzola ESC09.....	108
Figura 60 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC09	108
Figura 61 – Area di intervento per la Piazzola ESC10	109
Figura 62 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC10	109
Figura 63 - Area di intervento per la Piazzola ESC11.....	110
Figura 64 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC11	110
Figura 65 - Area di intervento per la Piazzola ESC12.....	111
Figura 66 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC12	111
Figura 67 - Area di intervento per la Piazzola ESC13.....	112
Figura 68 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC13	112
Figura 69 - Area di intervento per la Piazzola ESC14.....	113
Figura 70 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC14	113
Figura 71 - Area di intervento per la Piazzola EST01	114
Figura 72 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST01	114
Figura 73 - Area di intervento per la Piazzola EST03	115
Figura 74 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST03	115

Figura 75 - Area di intervento per la Piazzola EST04	116
Figura 76 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST04	117
Figura 77 - Area di intervento per la Piazzola EST05	118
Figura 78 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST05	118
Figura 79 - Area di intervento per la Piazzola EST06	119
Figura 80 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST06	119
Figura 81 - Area di intervento per la Piazzola EST07	120
Figura 82 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST07	120
Figura 83 - Area di intervento per la Piazzola EST08	121
Figura 84 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST08	121
Figura 85 - Area di accantieramento principale (giallo), deposito temporaneo terre (blu).....	126
Figura 86 – Foto tratta da Google Earth dell’area di cantiere e di betonaggio.....	127
Figura 87 – Foto aerea scattata dal drone dell’area di cantiere individuata.....	128
Figura 88 – suddivisione dell’area di cantiere principale	128
Figura 89 – Fotosimulazione dell’area di cantiere	129
Figura 90 - Area della discarica ripresa da Google Earth, in rosso l’area di intervento	136
Figura 91 - Vista della cava ripresa dalla strada	136
Figura 92 – Esempio di danno dovuto al distacco della pala.	144
Figura 93 – Componenti della pala	145
Figura 94 – Traiettoria di gittata della pala.....	147
Figura 95 - Caratteristiche VESTAS V162.....	150
Figura 96 – Moto irrotazionale	151
Figura 97 – Moto rotazionale complesso	153
Figura 98 – Rappresentazione della struttura di fondazione.	158

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.

Nei paragrafi che seguono si riportano i dettagli delle infrastrutture elettriche e le opere civili necessarie alla realizzazione dell'opera proposta che consiste principalmente all'installazione di 21 aerogeneratori (7 nel Comune di Esterzili e 14 nel Comune di Escalaplano) da 6,2 MW ciascuno, la costruzione della sottostazione elettrica di produzione e la realizzazione dei cavidotti elettrici.

Per la messa in opera ed esercizio dei macchinari occorrerà predisporre le seguenti opere:

- rete viaria idonea alle fasi di trasporto, montaggio, costruzione, gestione e manutenzione;
- piazzole e opere di fondazione per il posizionamento degli aerogeneratori;
- stazione di connessione alla RTN di proprietà Terna;
- sottostazione di trasformazione MT/AT;
- reti elettriche e informatiche interne;
- cavidotti di collegamento in MT tra gli aerogeneratori e la stazione di utenza;
- cavidotto di collegamento in AT tra la stazione di utenza e la stazione SSE Terna.

Per ogni maggiore dettaglio circa le caratteristiche costruttive e gestionali del proposto progetto di realizzazione del Parco eolico nei Comuni di Esterzili ed Escalaplano si rimanda in particolare all'esame delle relazioni generali componenti il progetto definitivo delle opere civili (*Elaborati AMIST_PC_A001 Relazione tecnico descrittiva generale, Elaborati AMIST_PC_A002 Descrizione degli interventi e fasi lavorative*), e delle infrastrutture elettriche (*EL-RT3551 Relazione Tecnica - Stazione di Utenza e collegamento alla RTN, EL-RT3531 Piano tecnico delle opere*).

Inoltre, verranno 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, anche, alla descrizione delle misure ed accorgimenti che si è ritenuto opportuno adottare al fine di assicurare un accettabile inserimento dell'opera nell'ambiente.

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 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”.

- 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 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

Come definito l'impianto eolico in progetto sarà composto da n. 21 aerogeneratori per una potenza di installazione pari a 130,2 MW, 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)]:

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

L'energia prodotta sarà immessa in rete attraverso una nuova sottostazione elettrica prevista in territorio di Escalaplano. La Nuova Stazione 150kV "Escalaplano" sarà direttamente connessa alla linea esistente a 150kV in semplice terna "Goni - Ulassai" tramite una connessione in entrata. Inoltre, il Gestore prevede che la SE RTN in progetto a 150kV "Escalaplano" debba essere collegata alla Nuova SE RTN 380/150kV "Furtei" mediante due nuovi elettrodotti a 150 kV in semplice terna.

Questa stazione sarà collegata mediante un cavidotto interrato a 150 kV ad una stazione utente MT/AT di nuova realizzazione di proprietà di Sardeolica ubicata in territorio di Escalaplano al centro dello stesso parco e a circa due chilometri e mezzo dalla SSE TERNA.

Detta stazione elettrica (30/150 kV), sarà costituita da due stalli trasformatore della stessa potenza pari a 63/80 MVA. Negli elaborati progettuali specifici è riportato quanto segue:

- EL-SH3555 - Stazione di Utenza - Schema elettrico unifilare;
- EL-PL3552 - Stazione di utenza - Planimetria e sezioni elettromeccaniche;
- EL-PL3554 - Stazione di Utenza - Pianta e sezione edificio quadri;
- EL-PL3557 - Stazione di Utenza - Particolari Costruttivi.

Alla stazione saranno collegati 21 aerogeneratori, questi saranno elettricamente interconnessi e raggruppati in 6 sottocampi con cavi in Media Tensione (30 kV) per il successivo collegamento diretto alla stazione di utenza.

Si specifica che le seguenti opere per cui Sardeolica risulta la capofila e che prevedono la realizzazione di quanto segue:

- nuova SSE 150kV “Escalaplano” prevista in territorio di Escalaplano, che sarà direttamente connessa alla linea esistente a 150kV in semplice terna “Goni - Ulassai” tramite una connessione in entra-esce;
- il collegamento, mediante due nuovi elettrodotti a 150 kV in semplice terna, tra la SE RTN in progetto a 150kV “Escalaplano” e la Nuova SE RTN 380/150kV “Furtei”;

sono inserite nell'iter autorizzativo in progetto, ma verranno trattate separatamente nello Studio di Impatto ambientale dedicato alle “Opere di Rete”.

Per la definizione delle Opere di Rete Terna ha dato il benestare allo studio di fattibilità presentato da Sardeolica in data 30.09.2022.

Pertanto, il presente quadro progettuale, facente parte dello Studio di Impatto Ambientale del Parco Eolico Amistade, tratterà in particolar modo le opere necessarie, all'installazione delle turbine, alla realizzazione degli adeguamenti stradali per l'accesso alle piazzole, alla realizzazione della Stazione di utenza AT/MT, al collegamento elettrico di quest'ultima in MT con i 21 aerogeneratori ed infine al collegamento in AT tra stazione di Utenza AT/MT e sottostazione Elettrica Terna.



3E Ingegneria S.r.l.



Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (NU). – Gennaio 2023

Sulla base dei dati anemologici disponibili e delle caratteristiche di funzionamento dell'aerogeneratore prescelto è stimabile una produzione energetica netta pari a circa 285.477 MWh/anno.

4 ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

4.1 Premessa

I presupposti di idoneità tecnica e ambientale del territorio dei comuni di Escalaplano ed Esterzili, ove sorgerà il parco eolico, e degli ambiti territoriali contermini sono stati, ai fini della soluzione localizzativa progettuale, ampiamente esaminati e riscontrati nell'ambito di un quadro di studio appositamente elaborato, corredato di opportune verifiche, misurazioni ed analisi.

Il consistente complesso di informazioni tecnico-ambientali raccolte ed elaborate ha consentito, da un lato, di verificare positivamente le potenzialità energetiche del sito e, dall'altro, di ricercare in modo mirato le auspicabili condizioni di compatibilità ambientale e paesaggistica dei nuovi interventi, in armonia con l'assetto attuale del territorio.

La scelta della posizione sul terreno dei nuovi aerogeneratori è stata condizionata da numerosi fattori con particolare riferimento ai seguenti aspetti:

- 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 progettazione degli impianti eolici introdotti a mente della più recente Del.G.R. n. 59/90 del 27.11.2020, con preminente riferimento agli Allegati tecnici b) ed e); ciò con eminente rispetto dei seguenti elementi:
 - la sostanziale osservanza delle mutue distanze tecnicamente consigliate tra le turbine, al fine di conseguire un più gradevole effetto visivo e minimizzare le perdite energetiche per effetto scia, nonché gli effetti di turbolenza;
 - le distanze di rispetto delle turbine del parco eolico dagli insediamenti rurali, con lo scopo di limitare gli impatti visivi, acustici e di ombreggiamento, con riguardo a:
 - l'utilizzazione effettiva dei medesimi (agropastorale/abitativa);
 - l'occupazione effettiva nel corso della giornata, in relazione ai corpi aziendali ad utilizzazione agro-pastorale;
- assicurare una opportuna salvaguardia delle emergenze archeologiche censite;
- preservare il più possibile gli ambiti caratterizzati da maggiore integrità e naturalità, rappresentati da superfici con copertura vegetale;



SARDEOLICA
Renewable Energy



MAEXI
ENGINEERING



3E Ingegneria S.r.l.



SARTEC
Industrial
Services & Technologies

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (NU). – Gennaio 2023

- ottimizzare lo studio della viabilità di impianto, minimizzando, per quanto tecnicamente possibile, la lunghezza dei percorsi e impostando i nuovi tracciati 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 turbine entro ambiti occultati rispetto ai più prossimi sistemi di prioritario valore paesaggistico.

Di seguito si riporta la localizzazione delle turbine nei territori di Esterzili ed Escalaplano (vengono indicate con EST le turbine ricadenti nel comune di Esterzili e con ESC quelle nel comune di Escalaplano).

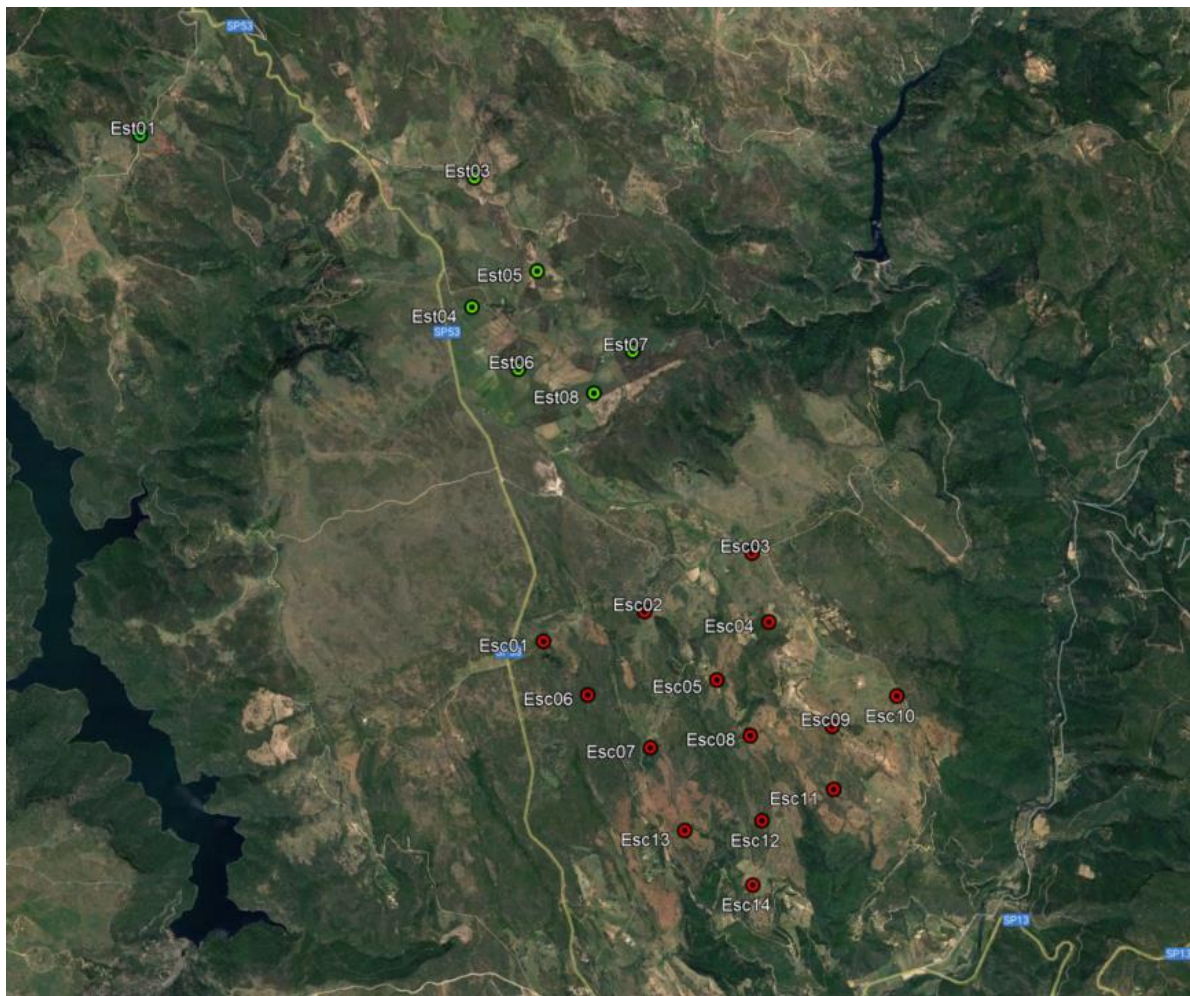


Figura 1 - Inquadramento territoriale degli aerogeneratori del Parco Eolico “Amistade”

Per quanto riguarda la connessione alla RTN, in prossimità della pala eolica ESC02 si prevede l’installazione di una Stazione Utente, mentre in prossimità ESC03 la realizzazione di una Sottostazione Elettrica (SSE 150kV “Escalaplano”). Il collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione utente avverrà tramite cavidotti interrati; lo stesso per quanto riguarda il collegamento tra stazione utente e sottostazione elettrica a 150 kV.

Le coordinate geografiche delle 21 posizioni di progetto sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 1 – Coordinate geografiche e quote altimetriche degli aerogeneratori del progetto Amistade

WTG	Coordinate geografiche WGS84		Quota (m)	Tipologia WTG	HH hub (m)	MW
	Est	Nord				
ESC01	1530056.481	4392922.883	582,30	V162	125	6,2

WTG	Coordinate geografiche WGS84		Quota (m)	Tipologia WTG	HH hub (m)	MW
	Est	Nord				
ESC02	1530909.170	4393163.773	581,80	V162	125	6,2
ESC03	1531875.125	4393620.651	670,95	V162	125	6,2
ESC04	1532058.906	4393057.713	634,00	V162	125	6,2
ESC05	1531609.281	4392628.111	583,20	V162	125	6,2
ESC06	1530414.654	4392426.629	550,70	V162	125	6,2
ESC07	1530917.618	4391957.385	524,40	V162	125	6,2
ESC08	1531837.463	4392009.304	518,05	V162	125	6,2
ESC09	1532459.383	4392096.806	580,80	V162	125	6,2
ESC10	1533095.313	4392353.341	603,70	V162	125	6,2
ESC11	1532555.139	4391497.662	514,00	V162	125	6,2
ESC12	1531886.385	4391296.308	483,65	V162	125	6,2
ESC13	1531208.291	4391232.265	485,65	V162	125	6,2
ESC14	1531785.639	4390768.818	454,25	V162	125	6,2
EST01	1526710.093	4397398.266	683,50	V162	125	6,2
EST03	1529557.730	4396964.635	630,90	V162	125	6,2
EST04	1529515.615	4395812.541	598,55	V162	125	6,2
EST05	1530085.895	4396099.877	599,60	V162	125	6,2
EST06	1529919.110	4395258.280	611,30	V162	125	6,2
EST07	1530898.491	4395415.870	575,85	V162	125	6,2
EST08	1530550.717	4395090.177	586,00	V162	125	6,2

Per un'analisi dettagliata delle alternative progettuali si rimanda all'elaborato specifico AM-RTS10018, di seguito si riportano quelle che sono state le scelte localizzazione dell'impianto, quelle orientate al contenimento degli impatti visivi e quelle tecnologiche.

4.2 La scelta localizzativa

Come definito in precedenza l'ubicazione del Parco Eolico Amistade all'interno dei territori dei comuni di Escalaplano ed Esterzili è stata desunta dopo aver analizzato vari aspetti, sia di carattere paesaggistico-ambientale che di carattere tecnico ed economico.

All'interno dello scenario delle aree potenzialmente destinabili allo sfruttamento dell'energia eolica, i fattori riscontrati caratterizzano il sito come particolarmente idoneo, parallelamente ad una specifica valutazione delle relazioni del parco stesso con l'assetto dei luoghi, come ad esempio:

- concentrazione di risorse ambientali e paesaggistiche del territorio analizzato, riconducibili a fattori geomorfologici, floristico-vegetazionali, faunistici ed insediativi;
- presenza della strada SP53 che collega i due comuni in cui ricade l'impianto eolico, Escalaplano ed Esterzili;
- rapporto delle popolazioni con il territorio e la terra, testimoniato dalla prosecuzione delle tradizionali tecniche agro-zootecniche;
- legame instaurato dalle realtà energetiche-produttive limitrofe all'area di impianto, esempio di un forte legame di integrazione dell'impianto nel paesaggio agrario che può ampliarsi anche in questo progetto;
- potenzialità anemologiche del sito in cui le ventosità derivanti dallo studio specifico (Elaborato AMIST_PC_A014) superano ampiamente il valore limite richiesto e le ore equivalenti di funzionamento.

Sotto il profilo dell'accessibilità, le ottimali condizioni derivanti dalla presenza (entro 80 km di distanza stradale) di uno scalo portuale (porto di Arbatrax) 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. 198 e S.S. 125) e provinciale (S.P.13 ed S.P. 53).

In ultimo, la pregressa installazione di altri parchi eolici ad opera di Sardeolica, con esperienza ultradecennale di operatività, offre generali presupposti di coerenza dell'intervento proposto con il quadro ambientale e socioeconomico di fondo. Di fatti, gli effetti positivi dell'installazione del Parco Eolico si ripercuoteranno, non solo in ragione degli obiettivi primari, anche sulla comunità locale, grazie alle misure di compensazione proposte e maturate entro un percorso di incontri con le Amministrazioni locali, contribuendo ad una crescente affermazione e miglioramento dell'accettabilità sociale dell'impianto.

Sotto questo aspetto merita, altresì, far presente che in occasione della realizzazione di analoghi progetti Sardeolica ha organizzato dei corsi specifici dedicati alla formazione di figure tecniche qualificate da coinvolgere nelle attività di manutenzione degli impianti. Anche in questo caso, nell'ambito di un progetto più ampio, si prevede tra le altre compensazioni anche la formazione di un numero adeguato di persone con i necessari requisiti tecnico-professionali di base, maggiore comunque alle risorse necessarie alla gestione dell'impianto, prevalentemente residenti nel territorio, e dalle quali attingere per la successiva assunzione. Per il proposto parco si prevede l'assunzione di 11 persone.

4.3 Le scelte orientate al contenimento degli impatti visivi

Il progetto di realizzazione del Parco eolico "Amistade" ha seguito un iter di sviluppo progettuale ispirato ai criteri paesaggistici di qualità, valutando progressivamente la disposizione finale degli aerogeneratori e degli impianti annessi, al fine di ottenere un layout definitivo che tenesse conto degli esiti analitici sugli impatti potenziali di natura ambientale, inerenti alle varie matrici coinvolte, e paesaggistico-percettiva.

La percezione visiva è legata, di fatti, agli effetti prospettici impianto-osservatore che si instaurano in base alla posizione di entrambi: l'altezza percepita dipende fortemente dalla quota relativa tra osservatore e aerogeneratore, mentre la "taglia visiva" dalla distanza dalle torri eoliche.

Come riferito nell'Elaborato *AM-RTS10008 – Relazione Paesaggistica*, la definizione dei criteri per la realizzazione di un Parco Eolico segue una serie di riferimenti normativi specifici.

Con il Decreto Ministeriale 10 settembre 2010 del Ministero dello Sviluppo Economico recante "*Linee Guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili*" è stato affrontato espressamente il caso degli impianti eolici con l'Allegato 4 "*Impianti eolici: elementi per il corretto inserimento nel paesaggio e sul territorio*", a cui si conforma la D.G.R. n.59/90 del 27.11.2020 della Regione Sardegna, della quale, ai fini del progetto in analisi, rileva segnatamente l'Allegato e) "*Indicazioni per la realizzazione di impianti eolici in Sardegna*", ponendosi in continuità con il D.P.C.M. 12 dicembre 2005¹, in particolare, riguardo alle procedure da implementare nelle attività di valutazione e stima degli impatti visivi.

¹ Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'art.146, co.3 del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al D.Lgs. n.42/2004.

Per l'analisi dell'impatto visivo è necessario definire la porzione di territorio in cui l'impianto potrebbe essere visibile, indicata come "intervisibilità potenziale".

Il cit. Allegato 4 al D.M. 10.09.2010 richiede che l'analisi dell'interferenza visiva passi attraverso la "definizione del bacino visivo dell'impianto eolico, cioè della porzione di territorio interessato costituito dall'insieme dei punti di vista da cui l'impianto è chiaramente visibile". Individuare l'area di intervisibilità potenziale è, quindi, fondamentale per capire fin dove spingere l'analisi visiva.

I riferimenti metodologici assunti per determinare l'ampiezza teorica del bacino visivo sono costituiti dalle Linee Guida MiBACT del 2007² e dalle Linee Guida della Sardegna del 2015³, laddove:

- Le prime (LG MiBACT 2007), esplicitano il criterio legato alla capacità di risoluzione dell'occhio umano, che stabilisce come limite la distanza massima alla quale il fenomeno visivo può esplicarsi in modo chiaro, e fornisce il riferimento per la delimitazione del bacino visivo in conformità al D.M. 10.09.2010;
- Le seconde (LG RAS 2015), invece, pongono l'ampiezza dell'intervisibilità in proporzione rispetto all'altezza delle pale eoliche mediante criteri di correlazione empirica tra i parametri dimensionali dell'aerogeneratore (segnatamente l'altezza al mozzo) e l'ampiezza dell'area di intervisibilità, come riportato nella successiva Figura 2.

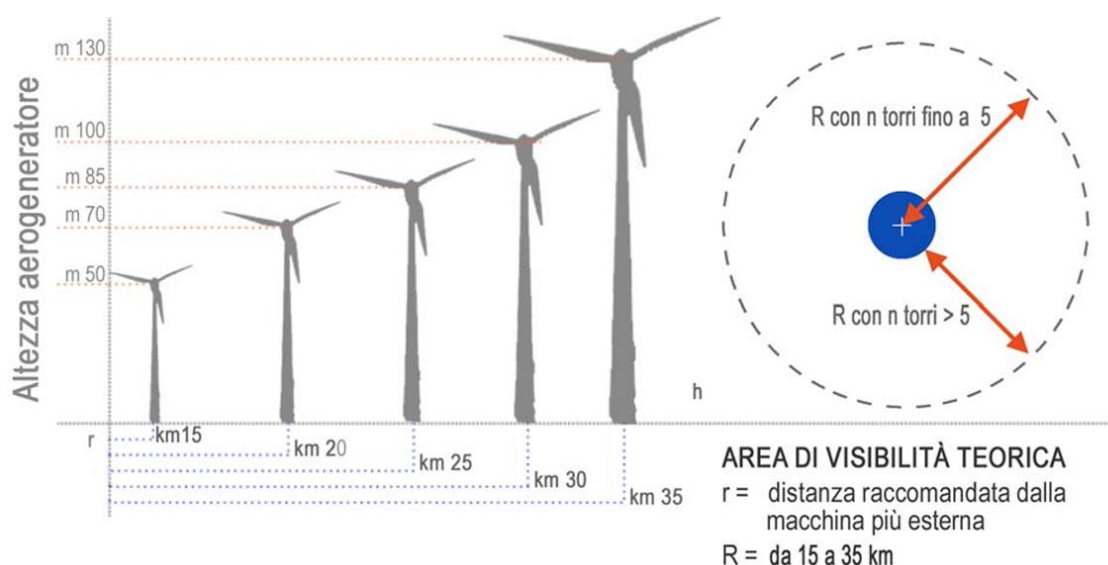


Figura 2 - Area di visibilità teorica di un impianto eolico (Fonte: RAS RAS 2015)

² "Linee Guida per l'inserimento paesaggistico degli interventi di trasformazione territoriale – gli impianti eolici: suggerimenti per la progettazione e la valutazione paesaggistica".

³ "Linee guida per i paesaggi industriali in Sardegna", Allegato alla D.G.R. n. 24/12 del 19.5.2015.

La differenza tra i due approcci è la distinzione del criterio discriminante: infatti, le L.G. RAS 2015 considerano l'altezza come parametro fondamentale, le LG MiBACT 2007 danno più importanza alla fisiologia della visione, usando come criterio la capacità visiva dell'occhio, fornendo, così, un autorevole riferimento per la definizione del concetto di "chiara visibilità", nei seguenti termini: *"Il potere risolutivo dell'occhio umano ad una distanza di 20 km, pari ad un arco di 1 minuto (1/60 di grado), è di circa 5,8 metri, il che significa che sono visibili oggetti delle dimensioni maggiori di circa 6 metri. Considerando che il diametro in corrispondenza della navicella generalmente non supera i 3 metri, si può ritenere che a 20 km l'aerogeneratore abbia una scarsa visibilità ad occhio nudo e conseguentemente che l'impatto visivo prodotto sia sensibilmente ridotto"*.

Pertanto, relativamente alla presente disamina si adotta un approccio precauzionale secondo cui l'area di intervisibilità potenziale viene estesa fino a 35 km di distanza dagli aerogeneratori periferici in linea con le LG RAS 2015, mentre il bacino visivo (ex D.M. 10.09.2010) viene delimitato ai sensi delle indicazioni delle LG MiBACT 2007.

Data la scelta progettuale di installare aerogeneratori di ultima generazione, di elevate producibilità e dimensioni, consentendo di limitarne il numero a parità di potenza elettrica complessiva installata, il limite di fisiologica percezione visiva, riconosciuto pari a 20 km dalle LG MiBACT 2007, è stato assunto pari a 25 km dalle pale eoliche più esterne, consentendo la definizione dei limiti del bacino visivo ex D.M. 10.09.2010.

Tale scelta è coerente anche con gli indirizzi internazionali, come le direttive del governo scozzese (*Planning Advice Note 45, 2002*), sintetizzate nella Tabella 2 in cui si evidenzia come gli impianti eolici situati a distanza 15-30 km siano percepibili solo in condizioni atmosferiche di "chiara visibilità".

Tabella 2 - Effetti percettivi di impianti eolici (Fonte: University of Newcastle "Visual Assessment of Windfarms Best Practice", Scottish Natural - Commissioned Report F01AA303A, 2002)

	Perception
Up to 2 kms	Likely to be a prominent feature
2-5 kms	Relatively prominent
5-15 kms	Only prominent in clear visibility – seen as part of the wider landscape
15-30 kms	Only seen in very clear visibility – a minor element in the landscape

Source: PAN 45 (revised 2002): Renewable Energy Technologies.

Dall'analisi precedente emerge che il territorio compreso tra i 35 e i 25 km comprende ambiti in cui, a causa dell'elevata distanza, la visione dell'impianto è sfumata o trascurabile e influenzata

da elementi quali: le condizioni atmosferiche, la posizione del sole e la posizione relativa dell'osservatore rispetto al parco eolico.

Nella figura seguente (Figura 3) è visibile un quadro prospettico restituito attraverso lo strumento del rendering fotografico (come richiesto dalle LG RAS 2015) che illustra la situazione *post operam* del Parco eolico Amistade in simulazione visiva dal Nuraghe Arriu Pranumuru, Comune di Nurri (Latitudine: 39.709873° - Longitudine: 9.264577° - quota: 599 m - distanza dal primo aerogeneratore: 4,41 km).

Figura 3 – Fotosimulazione del Parco eolico "Amistade"

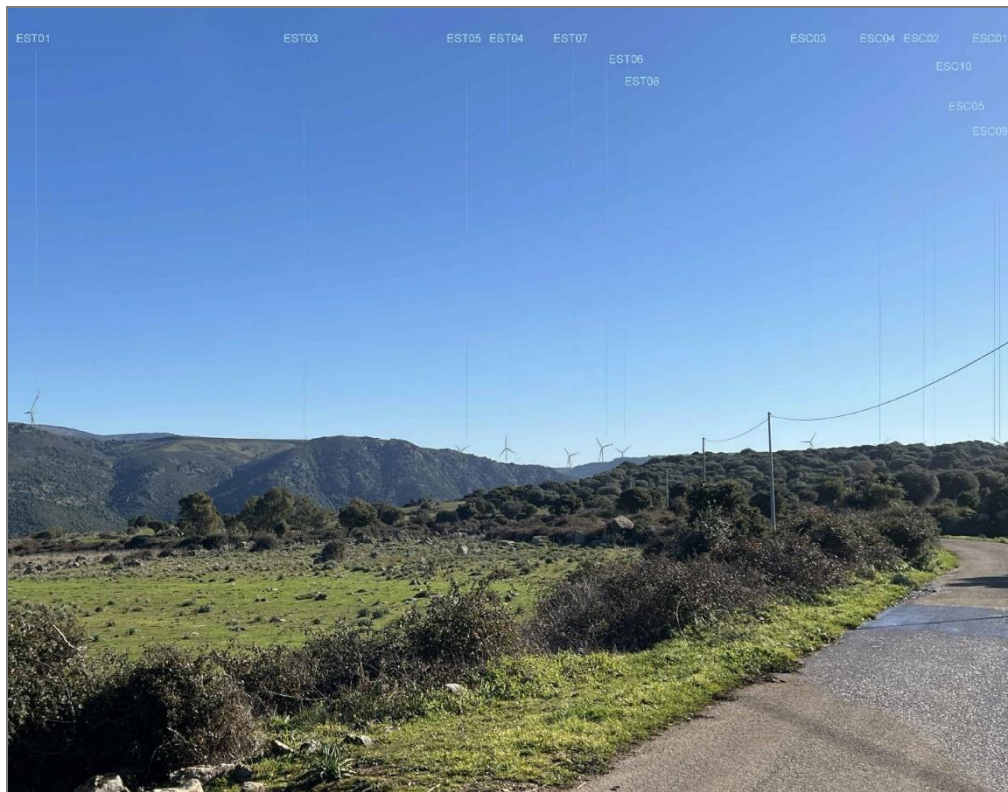
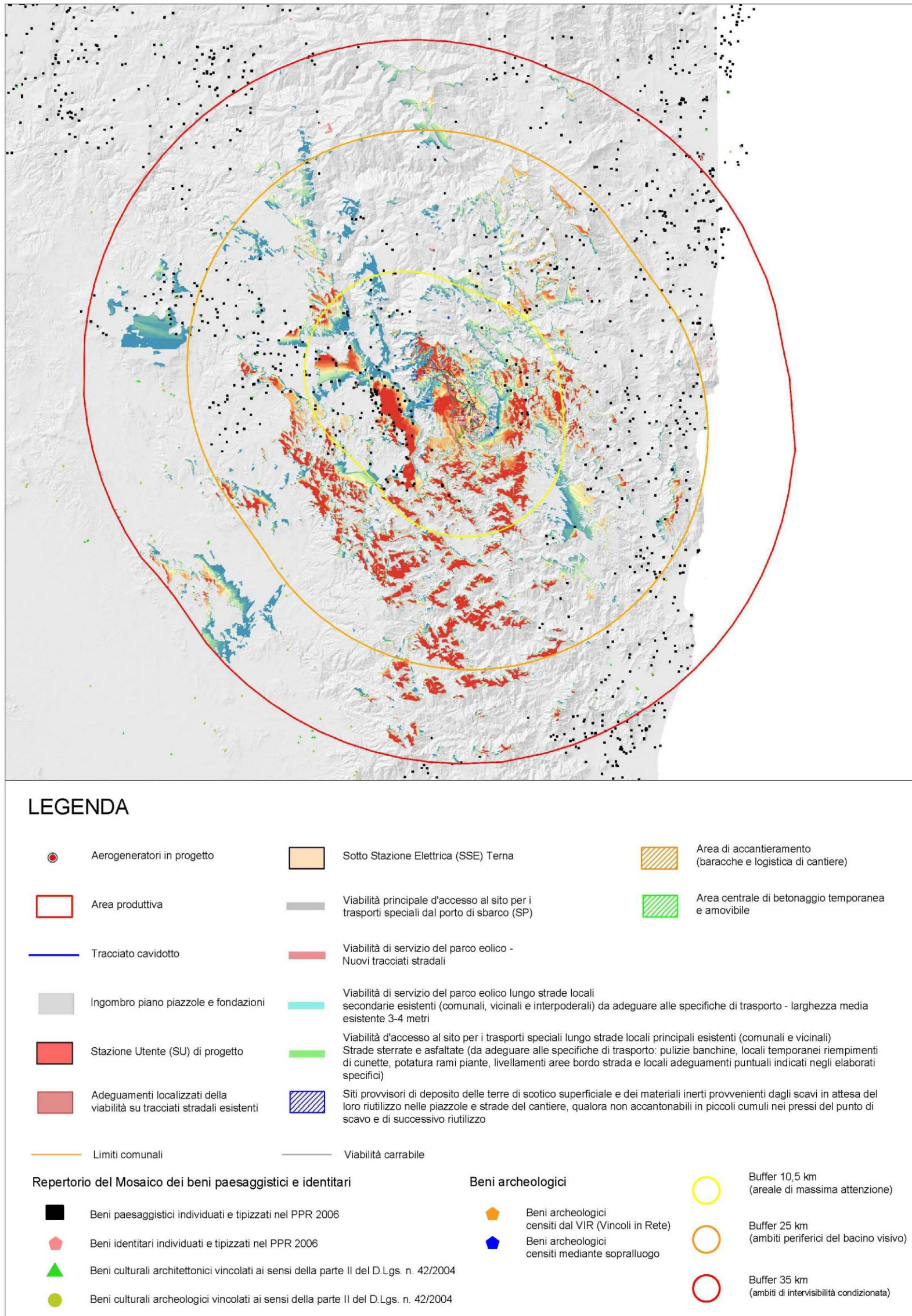


Figura 4– Classi intervisibilità teorica – Ambiti periferici del bacino visivo – Layout di progetto

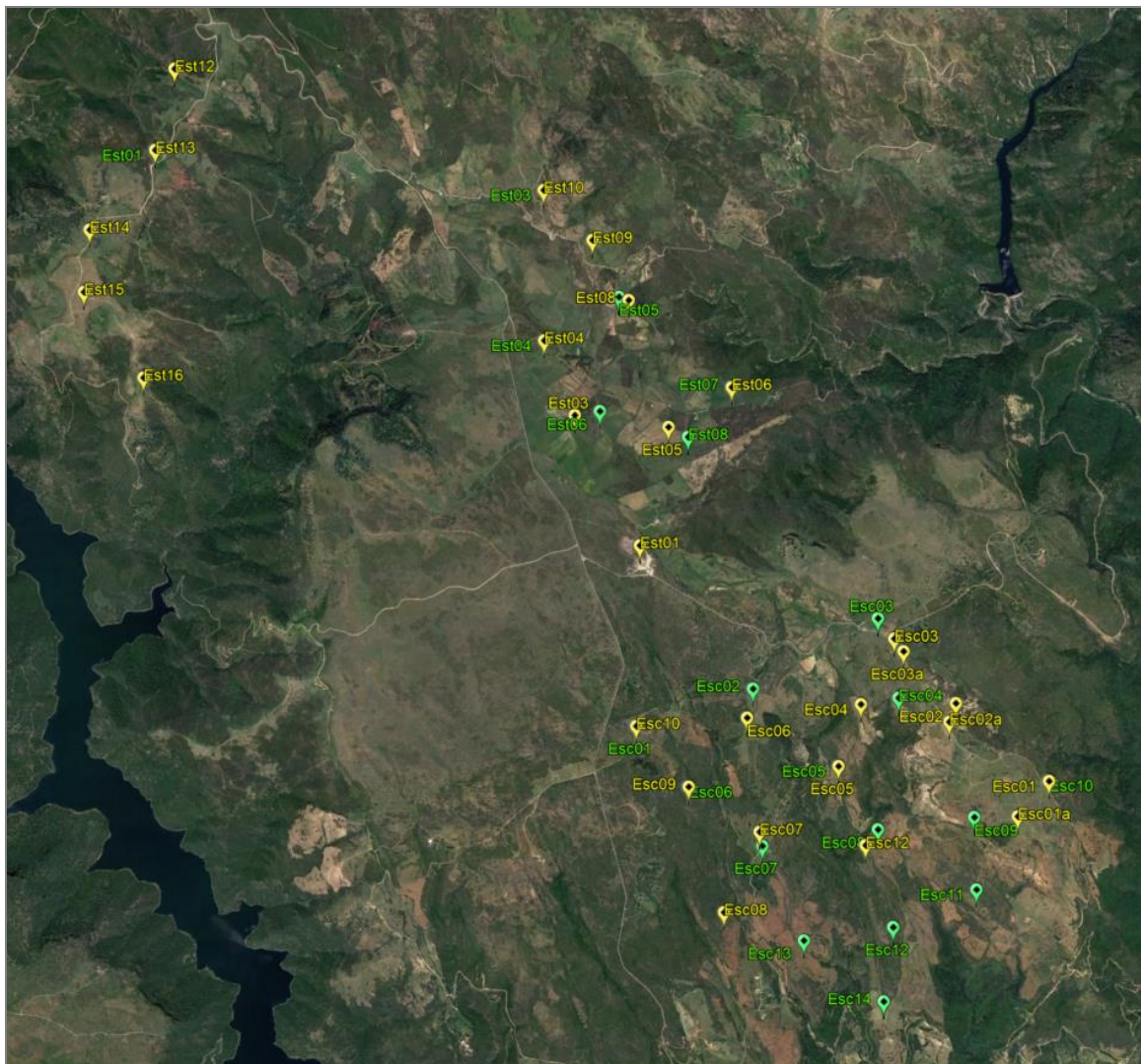


SIA Amistade – Progetto di un Parco Eolico nei territori dei Comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). – Marzo 2023

L'attuale configurazione di layout è frutto di continue evoluzioni che, nel tempo, hanno visto modifiche a partire da una disposizione "base" richiamata in Figura 4: le valutazioni successive, supportate anche dai sopralluoghi specialistici su campo, hanno condotto a diverse impostazioni anche ai fini di garantire un minor impatto visivo, oltre a considerazioni di carattere geomorfologico, logistico (viabilità di cantiere), di tutela delle emergenze ambientali e storico-culturale, etc.

Segnatamente, osservando l'immagine su ortofoto della Figura 5 si possono distinguere le posizioni iniziali degli aerogeneratori (marcate da segnaposto giallo ed etichetta bianca) sovrapposte all'attuale configurazione (con marcatura ed etichetta di colore verde).

Figura 5 – Layout iniziale e finale dei WTG del Parco eolico "Amistade" (posizioni iniziali WTG in giallo; posizioni finali dei WTG in verde)



Entrando nel merito, la disposizione iniziale deriva da una prima analisi eseguita “a tavolino”, facendo derivare la posizione degli aerogeneratori da informazioni geomorfologiche, urbanistiche, ambientali e paesaggistiche, contestualizzate in relazione al tipo di opera da realizzare.

Come anzi detto, questa prima scelta è stata via via ottimizzata a seguito degli esiti dei sopralluoghi da parte degli specialisti incaricati su ogni area individuata.

Attraverso tale processo iterativo, allo scopo di giungere al layout finale di progetto, sono stati valutati “su campo” tutti i siti coinvolti dalle opere di progetto, con riguardo sia alle piazzole degli aerogeneratori che al cavidotto interrato che alla viabilità di cantiere, apportando, ove necessario, nuove scelte localizzative, talora di lieve entità, talora anche di distanze notevoli, nonché di rinuncia ad alcuni aerogeneratori.

In quanto a quest’ultimo aspetto, osservando il layout base di Figura 5 si può notare come l’intero settore nordovest sia stato definitivamente eliminato poiché, a seguito di opportune indagini archeologiche, è stato rilevato che tale zona risulta ricca di beni di valore storico-culturale, seppur possedesse i presupposti fisico-ambientali idonei alla realizzazione del parco.

Pertanto, una volta scartate, per i motivi di cui sopra, tutte le posizioni non idonee, ai fini di una disposizione che tenesse conto degli impatti visivi e per limitare la percezione del Parco eolico da un effetto ottico tipo “diaframma” sono stati preferiti siti di imposta delle pale il più possibile lontani tra loro, ad evidenza, dopo avere valutato positivamente la disponibilità areale del luogo di realizzazione e la configurazione dei tracciati viari presenti in loco, anche ai fini di una minor alterazione dei medesimi.

La scelta localizzativa finale dell’impianto è stata determinata tenendo conto anche della co-visibilità, valutata attraverso il calcolo dell’intervisibilità, considerando, cioè, il cumulo tra il progetto oggetto di valutazione, gli impianti esistenti e quelli in iter di autorizzazione.

All’interno del bacino visivo ex DM 10.09.2010 è presente il parco eolico di “Ulassai e Perdasdefogu”, attualmente contraddistinto dalla presenza di n.57 aerogeneratori ubicati tra i territori comunali di Ulassai (n.52 WTG) e Perdasdefogu (n.5 WTG), mentre, sempre nel medesimo bacino visivo, sono presenti i seguenti impianti in iter di autorizzazione:

- *Progetto per la realizzazione di un parco eolico denominato "Boreas", costituito da n.10 turbine da 6 MW ciascuna, per una potenza complessiva pari a 60 MW, che coinvolge i comuni di Jerzu e Ulassai;*

- Progetto per la realizzazione di un parco eolico denominato "Abbila", costituito da n.8 turbine da 6 MW ciascuna, per una potenza complessiva pari a 48MW, che coinvolge i comuni di Ulassai e Perdasdefogu, in provincia di Nuoro;
- Progetto per la realizzazione di un parco eolico denominato "Branco e Niada", costituito da n.14 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuna, per una potenza complessiva pari a 92,4MW, che coinvolge i Comuni di Ballao (SU) e Armungia (SU).

Di seguito si riportano le distanze tra il progetto "Amistade" in esame e gli impianti esistenti e in iter di autorizzazione:

- Il parco eolico denominato "Ulassai e Perdasdefogu" dista circa 11 km dall'impianto oggetto di valutazione;
- Il parco eolico denominato "Boreas" dista circa 13 km dall'impianto oggetto di valutazione;
- Il parco eolico denominato "Abbila" dista circa 12,5 km dall'impianto oggetto di valutazione;
- Il parco eolico denominato "Branco e Niada" dista circa 10,5 km dall'impianto oggetto di valutazione.

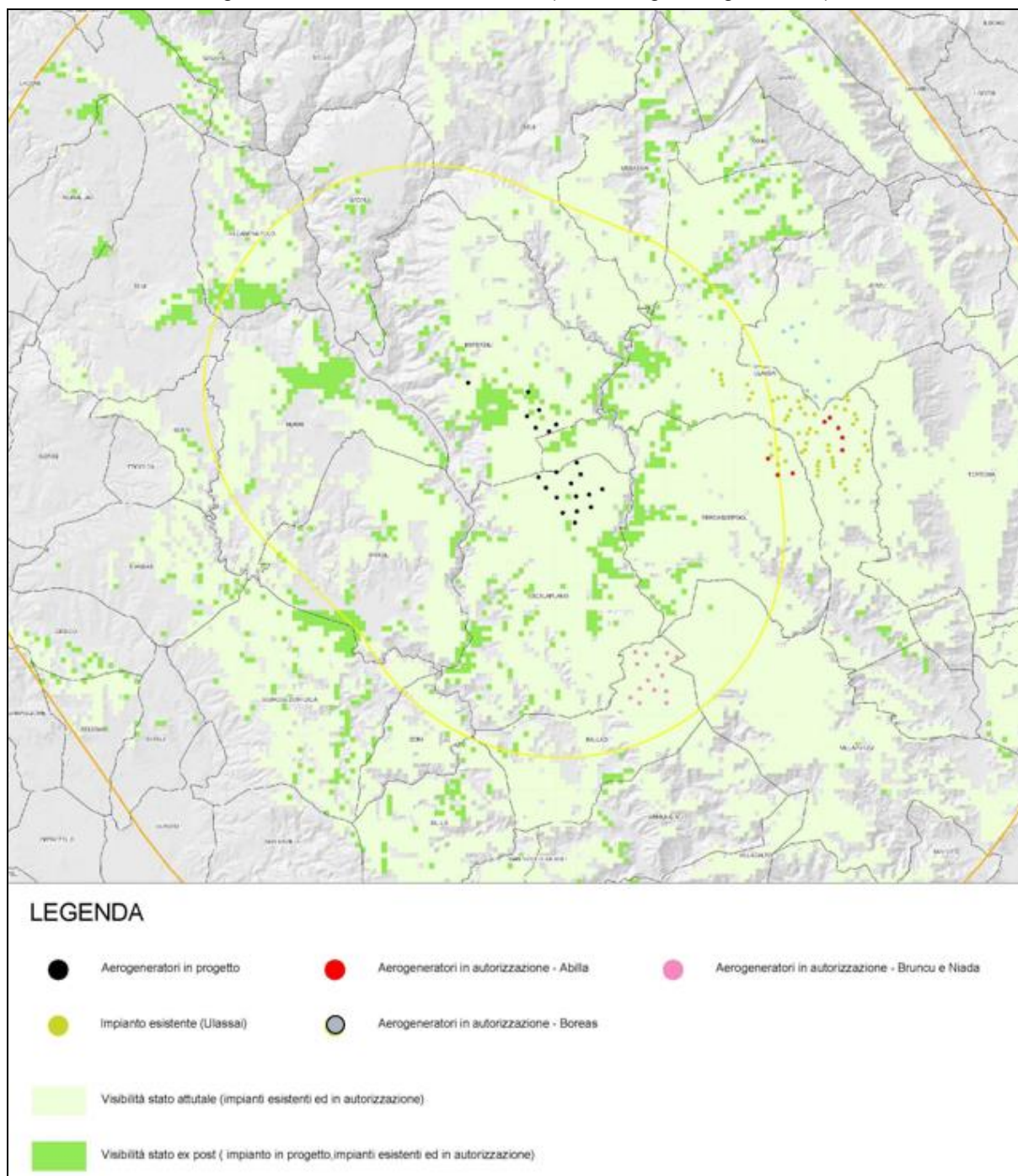
La valutazione degli effetti cumulativi riferiti alla visibilità è stata effettuata tramite la redazione dell'intervisibilità degli impianti eolici in elenco; dalla Figura 6 e dai dati estrapolati dal software WindPro si può notare l'incremento delle aree di intervisibilità: in modo particolare si nota la diminuzione delle aree di invisibilità, tuttavia, questo dato determina una variazione minima delle aree da cui gli impianti non sono visibili, pertanto, è possibile affermare che **l'effetto cumulo tra la situazione attuale (impianti esistenti ed in autorizzazione) e la situazione ex post sia trascurabile.**

Tabella 3 – Variazione percentuale dell'intervisibilità tra lo stato attuale e lo stato ex post nel bacino visivo ex D.M. 10.09.2010

	% area stato attuale	% area stato ex post	Δ
Zona di invisibilità	46,1	39,8	-6,3
Bacino visivo potenziale	240240		

Infine, merita annotare che la descrizione degli impatti visivi cumulativi è stata condotta mediante lo strumento del **rendering fotografico** di cui all'Elaborato di progetto "AM-IAS10008-10".

Figura 6 - Intervisibilità cumulativa (25 km dagli aerogeneratori)

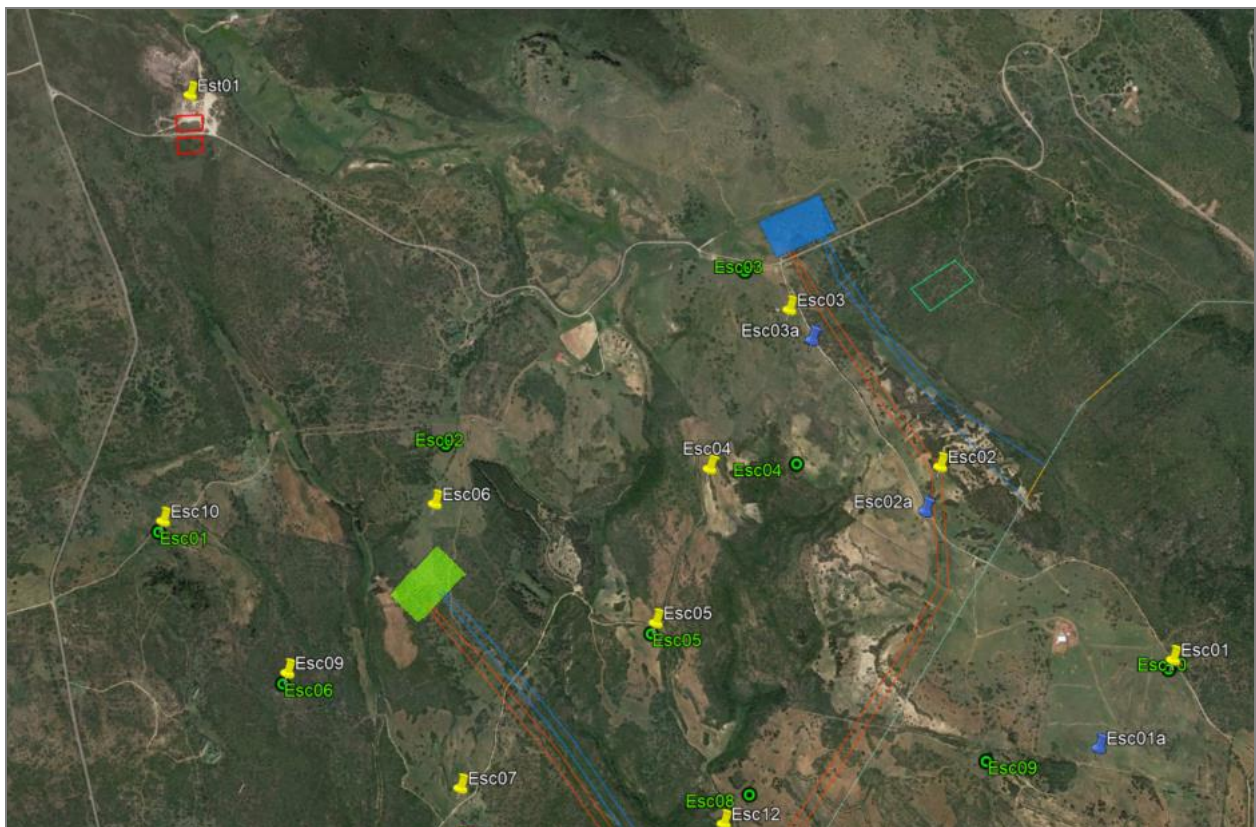


Parallelamente, anche la Sottostazione Elettrica (SSE) di Terna e la Stazione Utente (SU) di progetto hanno visto variazioni di ubicazioni legate al rilevamento di incompatibilità di varia natura, come reso evidente in Figura 7.

Nel particolare, a proposito della SU di progetto si cita una prima previsione nella zona di una ex-cava (perimetro rosso in figura, ora in posizione definitiva indicata da poligono verde pieno), affiancata all'aerogeneratore Est01 (Posizione di aerogeneratore anch'essa poi scartata); tale posizione non risultava, tuttavia, efficace in quanto il terreno non era immediatamente disponibile e necessitava di importanti adeguamenti e miglioramenti morfologici, soprattutto dal punto di vista ambientale in quanto per disporre del sito sarebbe stata necessaria l'attivazione di una procedura di bonifica ai sensi del Titolo V del D.Lgs. n.152/2006 e (s.m.i.).

La SSE di Terna (perimetro verde in figura, ora in posizione definitiva indicata da poligono blu pieno), invece, era stata inizialmente prevista in area che, a seguito, di sopralluogo si è dimostrata non adeguata, in quanto è stata rilevata la presenza di una popolazione di specie arborea ad alto fusto in evidente stato di crescita, così, al fine di tutelare la vegetazione locale, è stato deciso di spostare l'ubicazione dell'impianto più a nord.

Figura 7 - Dettaglio variazioni posizione SSE e SU



4.4 Alternative progettuali tecnologiche

Ai fini della valutazione del potenziale energetico del progetto “Amistade” sono state considerate tre differenti configurazioni impiantistiche che variano tra loro per modello e taglia degli aerogeneratori, come mostrato in Tabella 4.

Nel particolare:

- il layout 1 è quello prescelto, identificato dagli aerogeneratori Vestas V162;
- il layout 2 fa riferimento a macchine Nordex N162;
- il layout 3 è caratterizzato dall’installazione di pale Siemens Gamesa SG155.

Tabella 4 - Configurazioni Amistade esaminate

N. WTG	Coordinate		Altitudine [m]	Layout 1 (di progetto) Vestas V162		Layout 2 Nordex N162		Layout 3 Siemens Gamesa SG155	
	[Gauss Boaga]			Modello WTG	Altezza torre [m]	Modello WTG	Altezza torre [m]	Modello WTG	Altezza torre [m]
ESC01	1530063	4392931	582,30	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC02	1530951	4393159	581,80	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC03	1531902	4393636	670,95	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC04	1532028	4393036	634,00	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC05	1531558	4392546	583,20	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC06	1530429	4392452	550,70	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC07	1530957	4391974	524,40	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC08	1531832	4392049	518,05	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC09	1532547	4392113	580,80	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC10	1533117	4392359	603,70	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC11	1532545	4391559	514,00	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC12	1531908	4391302	483,65	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC13	1531231	4391238	485,65	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
ESC14	1531810	4390739	454,25	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
EST01	1526731	4397405	683,50	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
EST03	1529599	4396953	630,90	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
EST04	1529538	4395840	598,55	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
EST05	1530114	4396132	599,60	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
EST06	1529925	4395289	611,30	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
EST07	1530920	4395415	575,85	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5
EST08	1530572	4395061	586,00	V162 - 6,2 MW	125	N163 - 5,7 MW	120	SG155 - 6,6 MW	122,5

4.4.1 Analisi dei principali impatti delle alternative progettuali tecnologiche

Le soluzioni alternative previste differiscono per potenza dell’aerogeneratore (6,2MW/ 5,7MW/ 6,7MW), per modello (Vestas V162/ Nordex N163/ Siemens Gamesa SG155) e per altezza al mozzo (125 m / 120 m / 122,5 m). Le soluzioni non comportano, comunque, variazioni in termini di cavidotti, sottostazione elettrica o viabilità di accesso alle piazzole.

Nelle analisi riguardanti i principali impatti che possono essere generati dagli aerogeneratori nella loro disposizione finale, contestualmente alla struttura del territorio e all'interazione con i recettori presenti nell'area di influenza, sono stati assunti gli effetti confrontando i tre modelli proposti rispetto a:

- impatto visivo;
- impatto da tremolio dell'ombra;
- impatto acustico.

Nel seguito si forniscono maggiori dettagli relativi a ciascuna classe di impatto indagata relativamente alle alternative tecnologiche assunte.

4.4.1.1 *Impatto visivo*

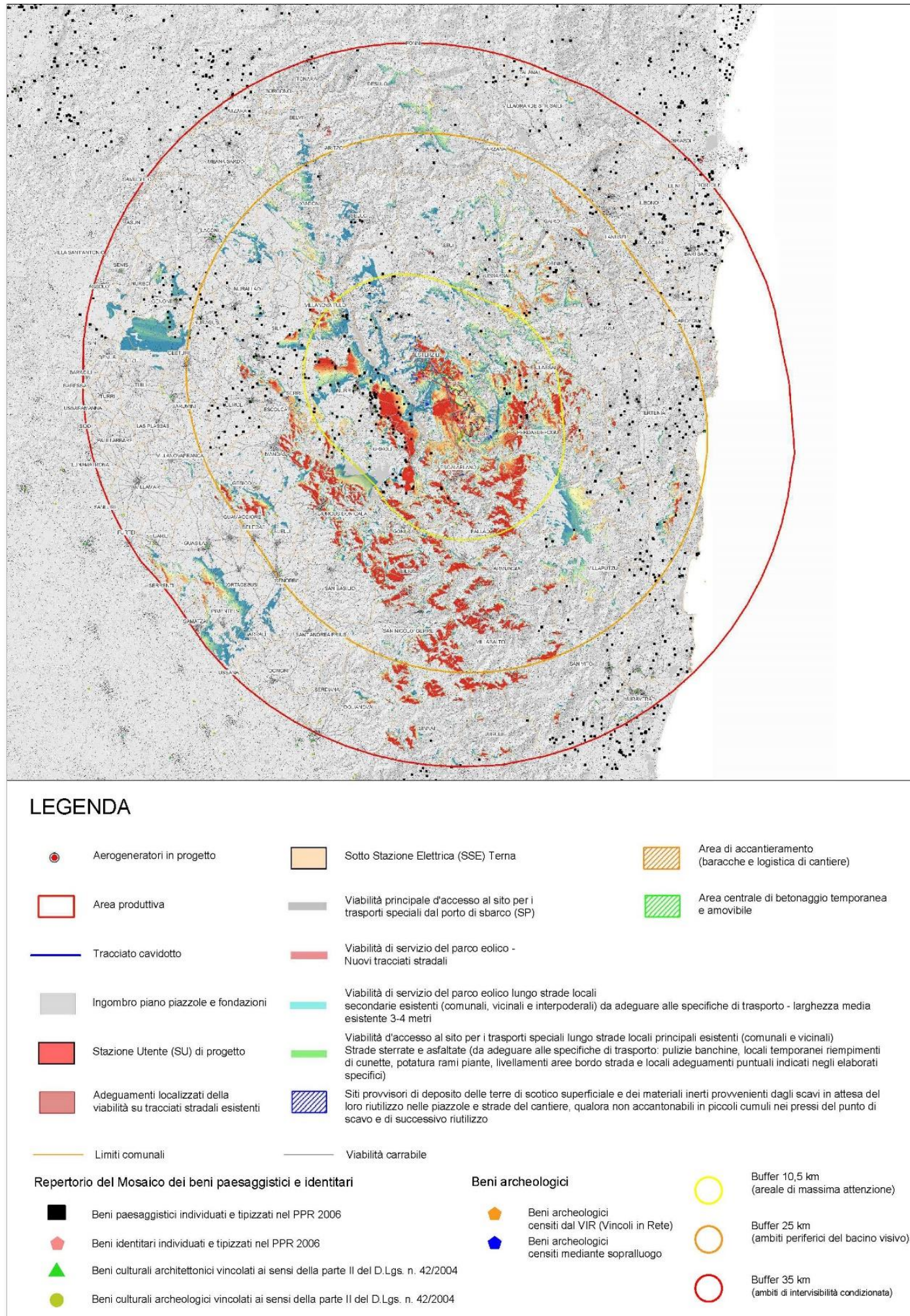
In Tabella 5 è riportata, per le diverse alternative progettuali, l'estensione delle superfici dalle quali sono potenzialmente visibili le turbine dei tre diversi layout indagati, prendendo come riferimento il bacino visivo ex D.M. 10.09.2010 (circa 362.000 ha, 59 X 61 km).

Tabella 5 – Risultati dello studio della visibilità nelle alternative progettuali

N. WTG visibili	Layout 1 (proposto)		Layout 2		Layout 3	
	Area [ha]	Area [%]	Area [ha]	Area [%]	Area [ha]	Area [%]
N.D.	121.224	33,5	119.028	33,1	119.096	33,1
0	189.546	52,4	190.093	52,9	190.281	53,0
1	7.711	2,1	7.656	2,1	7.637	2,1
2	2.726	0,8	2.715	0,8	2.710	0,8
3	2.614	0,7	2.616	0,7	2.612	0,7
4	1.864	0,5	1.840	0,5	1.834	0,5
5	1.892	0,5	1.896	0,5	1.903	0,5
6	1.512	0,4	1.528	0,4	1.533	0,4
7	1.627	0,5	1.618	0,5	1.613	0,4
8	1.425	0,4	1.418	0,4	1.411	0,4
9	1.253	0,3	1.239	0,3	1.233	0,3
10	1.246	0,3	1.231	0,3	1.227	0,3
11	1.226	0,3	1.239	0,3	1.238	0,3
12	1.114	0,3	1.074	0,3	1.069	0,3
13	1.358	0,4	1.339	0,4	1.334	0,4
14	2.229	0,6	2.215	0,6	2.210	0,6
15	1.326	0,4	1.326	0,4	1.329	0,4
16	1.486	0,4	1.512	0,4	1.514	0,4
17	1.406	0,4	1.455	0,4	1.467	0,4
18	1.578	0,4	1.529	0,4	1.527	0,4
19	1.449	0,4	1.441	0,4	1.432	0,4
20	2.529	0,7	2.487	0,7	2.479	0,7
21	11.123	3,1	10.774	3,0	10.647	3,0

Come si evince dalla Tabella 5, i risultati dell'analisi di intervisibilità ipotetica delle turbine (elaborata con il software WindPro) sono simili per tutti i tre layout esaminati: si rimanda alla Figura 4 per gli aerogeneratori Vestas, mentre di seguito si riportano gli studi di intervisibilità per Nordex e Siemens (Figura 8 e Figura 9).

Figura 8 - Classi intervisibilità teorica – Ambiti periferici del bacino visivo – Aerogeneratore Nordex



Legenda

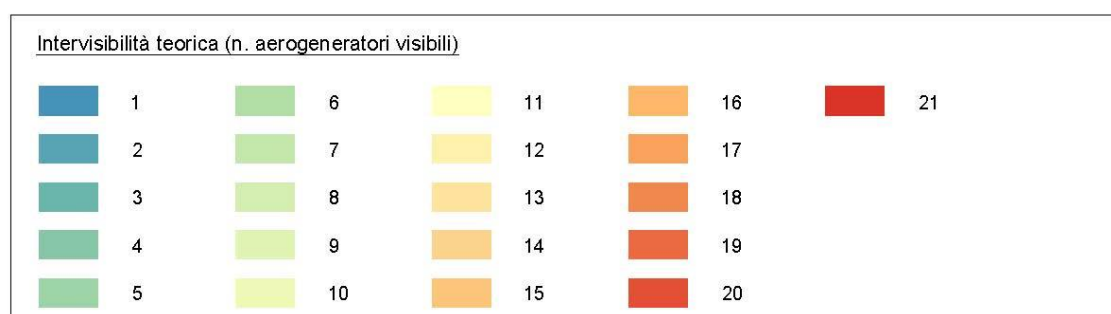
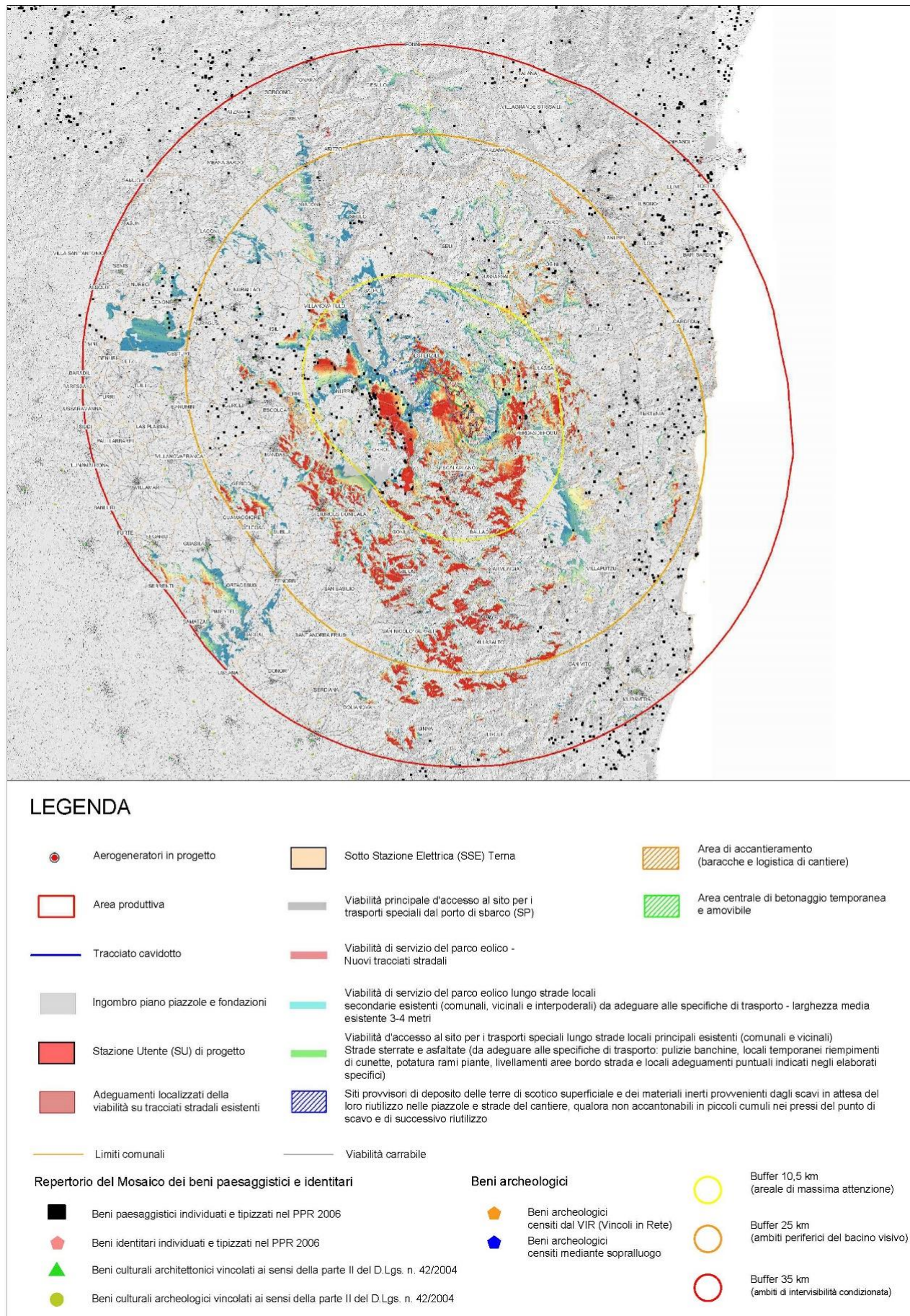
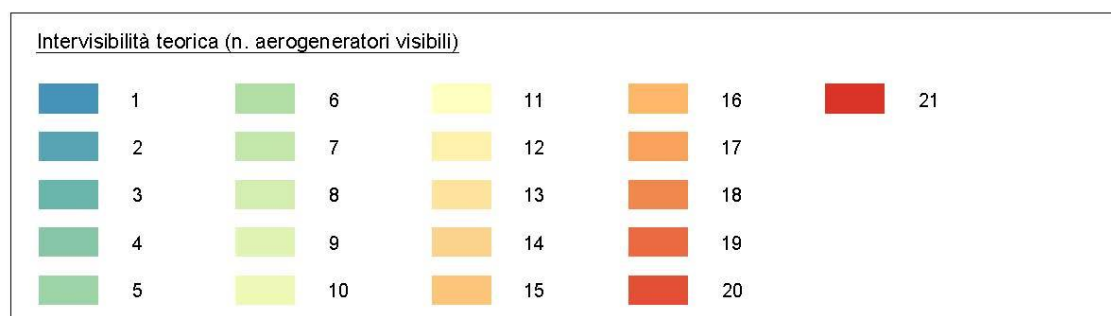


Figura 9 - Classi intervisibilità – Ambiti periferici del bacino visivo - Aerogeneratore Siemens



Legenda



Nonostante le differenti dimensioni degli aerogeneratori, come riportato in Tabella 6, la localizzazione delle turbine e l'orografia del terreno sono tali da far percepire l'impianto in modo omogeneo.

Tabella 6 – Confronto principali caratteristiche Vestas, Nordex, Siemens

Caratteristiche	Vestas V162	Nordex N163	Siemens Gamesa SG155
Potenza unitaria [MW]	6,2	5,7	6,7
Numero pale	3	3	3
Lunghezza pale [m]	79,35	79,7	76
Raggio rotore [m]	81	81,5	77,5
Area spazzata [m2]	20,612	20,867	18,869
Tipo di sostegno	Tubolare metallico	Tubolare metallico	Tubolare metallico
Altezza da terra del rotore [m]	125	120	122,5
Altezza complessiva [m]	206	201,5	200

A seguire sono riportate, per tutte e tre le tipologie di aerogeneratori, le fotosimulazioni dal Nuraghe Arriu Pranumuru, Comune di Nurri (Latitudine: 39.709873° - Longitudine: 9.264577° - quota: 599 m - distanza dal primo aerogeneratore: 4,41 km).

Figura 10 - Fotosimulazione Aerogeneratori Vestas V162 – 6.2 MW.

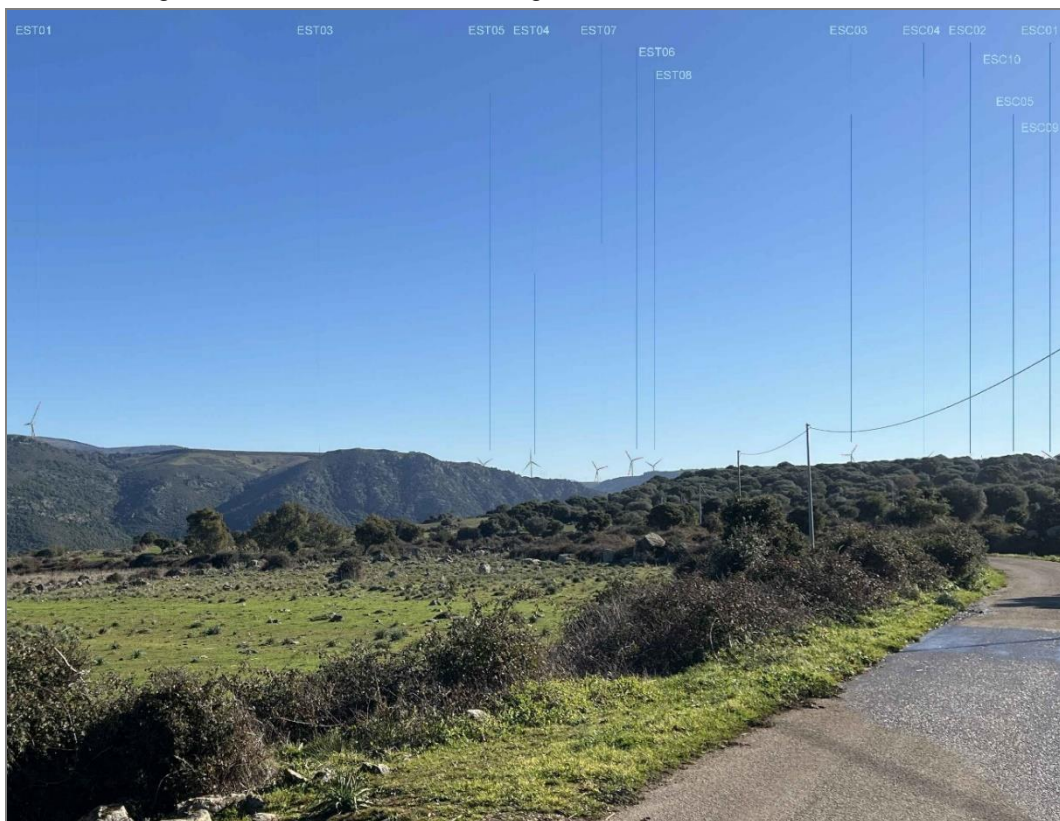


Figura 11 - FOTOSIMULAZIONE Aerogeneratori Nordex N163 – 5.7 MW

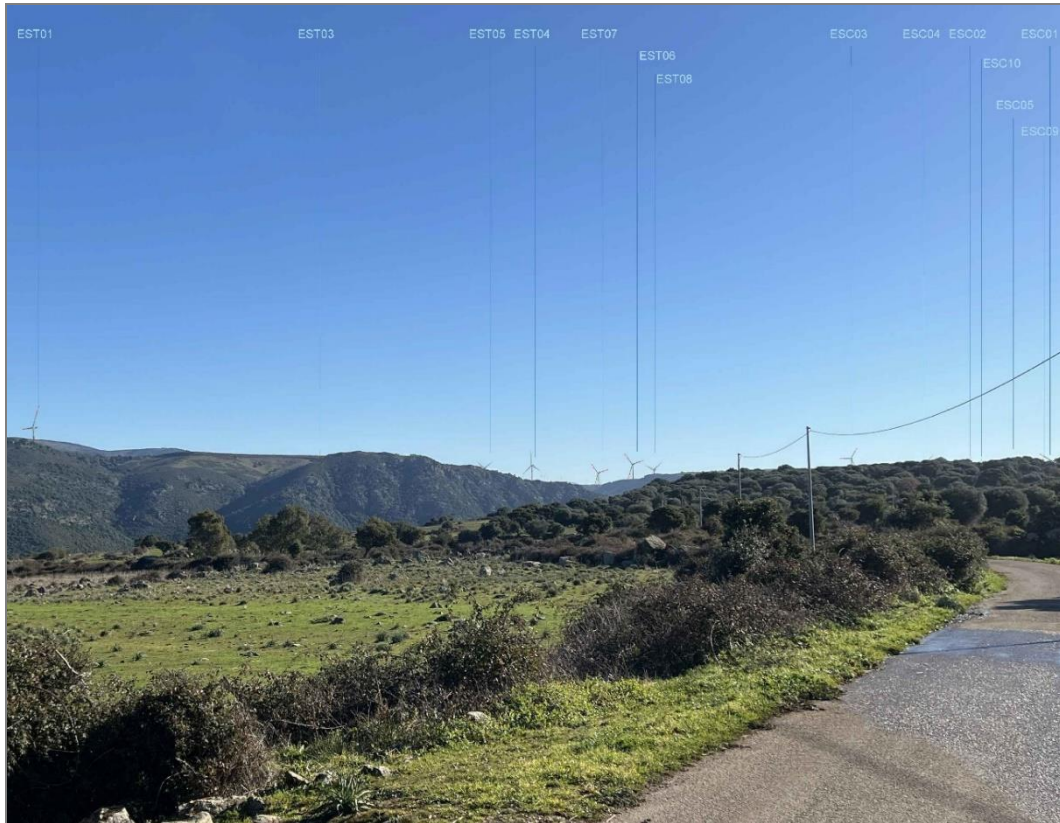


Figura 12 - FOTOSIMULAZIONE Aerogeneratori Siemens Gamesa SG155 – 6.6 MW.

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (NU). – Gennaio 2023



4.4.1.2 Impatto del tremolio dell'ombra

Le turbine eoliche, come altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta, come schematizzato di seguito:

Figura 13 – Rappresentazione grafica dell'impatto dell'ombra generata da un aerogeneratore (Fonte: CleanTechnica)



Il fenomeno cosiddetto dello “*shadow flickering*” consiste in un effetto di lampeggiamento che si verifica quando le pale del rotore in movimento “tagliano” la luce solare in maniera intermittente, il quale può provocare fastidio agli utenti che frequentano i siti recettori situati nei pressi della turbina.

In Tabella 7 è riportata la sintesi dei risultati dello studio sul tremolio dell'ombra per le diverse alternative progettuali considerate.

A tal proposito si fa presente che i recettori assunti nell'analisi sono i medesimi di quelli considerati nella valutazione dell'impatto acustico, nel rispetto della D.G.R. n.59/90 della RAS, a cui, a margine, sono stati aggiunti ulteriori n.3 recettori (cod. 77, 78 e 79), per l'analisi del tremolio dell'ombra.

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (NU). – Gennaio 2023
Tabella 7 – Risultati dello studio del tremolio dell'ombra nelle alternative progettuali

Potenziale recettore	Cod.	Coordinate WGS 84		Layout 1 (Vestas)		Layout 2 (Nordex)		Layout 3 (Siemens)	
		E	N	ore/anno	% anno	ore/anno	% anno	ore/anno	% anno
Magazzino/deposito	1	1532896,685	4391471,182	307:04	3,51	306:17	3,50	282:56	3,23
Magazzino/deposito	2	1530520,121	4395429,064	357:05	4,08	350:02	4,00	317:58	3,63
Rudere	3	1529662,424	4397463,435	0:00	0,00	0:00	0,00	0:00	0,00
Legnaia – Ricovero attrezzi e materiali	4	1529836,235	4395705,478	201:58	2,30	201:39	2,30	177:09	2,02
Ovile	5	1526350,113	4397209,867	85:22	0,97	88:10	1,01	79:50	0,91
Ovile	6	1530316,891	4395637,996	229:52	2,62	231:24	2,64	212:29	2,42
Ovile	7	1530958,786	4390972,246	84:47	0,96	83:27	0,95	78:01	0,89
Ricovero Ovini/bovini	8	1533094,446	4391061,273	31:25	0,36	25:44	0,29	28:42	0,32
Rudere	9	1530427,622	4393224,428	283:59	3,24	287:53	3,28	263:26	3,01
Edificio in costruzione abbandonato	10	1530899,250	4390798,930	63:02	0,72	55:37	0,63	59:03	0,67
Ovile	12	1526517,492	4397014,726	0:00	0,00	0:00	0,00	0:00	0,00
Rudere	13	1530159,888	4396449,448	30:06	0,34	15:55	0,18	9:47	0,11
Rudere	14	1530731,507	4395983,396	113:28	1,29	111:54	1,27	102:16	1,17
Magazzino	15	1532956,412	4391472,738	241:49	2,76	239:52	2,73	216:05	2,47
Ricovero animali	16	1530869,324	4391119,563	206:43	2,36	212:35	2,42	195:07	2,23
Rudere	17	1532796,564	4392418,377	373:16	4,26	374:24	4,27	341:22	3,90
Rudere	18	1531039,730	4390870,215	77:14	0,88	78:31	0,89	71:57	0,82
Ricovero Ovini/bovini	19	1532918,881	4391444,048	266:22	3,04	270:52	3,09	250:15	2,86
Magazzino/deposito	20	1529588,678	4396145,404	222:09	2,54	214:50	2,45	197:35	2,25
Magazzino/deposito	21	1531944,949	4390457,705	0:00	0,00	0:00	0,00	0:00	0,00
Rudere	22	1529703,029	4396129,504	334:04	3,81	331:40	3,78	305:27	3,48
Rudere/deposito	23	1531967,705	4390486,471	0:00	0,00	0:00	0,00	0:00	0,00
Magazzino	24	1530293,251	4392140,837	89:47	1,02	75:53	0,86	81:55	0,93
Ricovero animali	25	1530645,991	4395334,079	592:12	6,76	603:03	6,88	552:57	6,31
Magazzino/deposito	26	1532960,904	4391422,151	230:14	2,63	233:28	2,66	216:04	2,47

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (NU). – Gennaio 2023

Potenziale recettore	Cod.	Coordinate WGS 84		Layout 1 (Vestas)		Layout 2 (Nordex)		Layout 3 (Siemens)	
		E	N	ore/anno	% anno	ore/anno	% anno	ore/anno	% anno
Ovile	27	1532140,660	4390666,621	138:59	1,58	146:46	1,67	131:07	1,50
Magazzino/deposito - Ricovero animali	28	1529602,101	4394944,927	29:16	0,33	27:43	0,31	26:07	0,30
Deposito/magazzino	29	1526583,470	4396867,894	0:00	0,00	0:00	0,00	0:00	0,00
Magazzino/deposito - Ricovero animali	31	1529646,980	4394916,736	35:33	0,40	33:24	0,38	31:36	0,36
Deposito/magazzino	32	1529694,742	4395746,869	228:05	2,60	248:29	2,83	206:38	2,36
Rudere	33	1529387,696	4396587,973	56:50	0,64	55:20	0,63	52:53	0,60
Deposito/magazzino	34	1529421,487	4397542,918	0:00	0,00	0:00	0,00	0:00	0,00
Deposito/magazzino	39	1533190,609	4391304,936	124:45	1,42	125:35	1,43	117:09	1,34
Deposito/magazzino	45	1530162,763	4392429,820	454:20	5,18	452:33	5,16	426:43	4,87
Magazzino/deposito	46	1529563,797	4395059,468	89:37	1,02	92:39	1,05	81:33	0,93
Rudere/deposito	47	1530191,187	4395753,732	140:55	1,60	138:14	1,58	124:37	1,42
Rudere	50	1531234,191	4395387,620	309:22	3,53	316:26	3,61	290:30	3,31
Rudere	52	1529183,858	4396785,128	110:02	1,26	116:40	1,33	101:04	1,15
Deposito/magazzino	53	1529964,511	4394832,873	77:15	0,88	76:31	0,87	73:50	0,84
Deposito/magazzino - Ricovero animali	57	1530224,719	4392242,615	75:40	0,86	54:25	0,62	51:37	0,59
Ricovero Ovini/Bovini	58	1527248,824	4397630,184	68:38	0,78	70:25	0,80	63:05	0,72
Deposito/magazzino	59	1530323,149	4395439,473	332:14	3,79	333:06	3,80	303:28	3,46
Agricolo/Zootecnico - Uffici	60	1530866,893	4391012,573	52:38	0,60	51:30	0,59	48:05	0,55
Edificio rurale e ricovero animali	61	1531260,053	4395469,425	229:08	2,62	233:14	2,66	209:52	2,39
Magazzino/deposito	62	1526443,656	4397024,338	0:00	0,00	0:00	0,00	0:00	0,00
Ricovero Ovini/bovini	63	1531393,862	4393369,505	146:39	1,67	145:44	1,66	131:42	1,50
Ricovero ovini/bovini	64	1531949,410	4390416,103	0:00	0,00	0:00	0,00	0:00	0,00
Ovile	65	1532792,770	4392470,156	302:33	3,45	300:41	3,43	273:28	3,12
Magazzino/deposito - Ricovero animali	66	1529688,707	4396323,988	143:14	1,63	148:16	1,69	130:42	1,49
Magazzino/deposito	70	1530355,373	4393183,447	312:39	3,57	315:07	3,60	290:42	3,32

Potenziale recettore	Cod.	Coordinate WGS 84		Layout 1 (Vestas)		Layout 2 (Nordex)		Layout 3 (Siemens)	
		E	N	ore/anno	% anno	ore/anno	% anno	ore/anno	% anno
Deposito/magazzino	71	1533033,426	4391122,671	32:59	0,37	27:35	0,31	30:14	0,34
Ricovero Ovini/bovini	72	1531039,714	4393477,826	153:21	1,75	142:27	1,62	129:17	1,47
Magazzino/deposito	73	1532268,652	4393673,713	141:14	1,61	143:16	1,63	128:49	1,47
Rudere/deposito	74	1532532,427	4393873,677	49:56	0,57	50:50	0,58	45:41	0,52
Ovile	75	1530313,206	4394577,421	12:59	0,14	0:00	0,00	12:07	0,14
Magazzino/deposito	76	1532727,888	4392490,536	203:17	2,32	195:15	2,23	176:59	2,02
Nuraghe S'Ollastu Entosu	77	1531605,560	4393891,923	182:37	2,08	180:13	2,06	169:29	1,93
Nuraghe Fumia	78	1533425,000	4391487,000	42:54	0,49	41:18	0,47	38:48	0,44

Nei pressi dell'area di progetto sono presenti ulteriori siti riferiti ai beni paesaggistici, ma che, a seguito delle elaborazioni eseguite, non risultano ricadenti in aree interessate dal tremolio dell'ombra.

Come si evince dalla Tabella 7, **gli impatti derivati dal fenomeno del tremolio dell'ombra sono sostanzialmente gli stessi per le tre alternative considerate**: la rappresentazione grafica dei risultati è riportata nell'Elaborato "AM-IAS10018-1".

4.4.1.3 Impatto acustico

La valutazione dell'impatto acustico nelle diverse alternative progettuali è stato definito attraverso simulazioni acustiche eseguite con un software specifico denominato Soundplan 8.2 (indicato in seguito con SP).

Il software previsionale acustico in parola è in grado di eseguire l'analisi della propagazione sonora nell'ambiente esterno, sulla base delle relazioni contenute nella norma ISO 9613-2 per quanto riguarda la modellizzazione di sorgenti puntiformi, lineari e superficiali, nel modello NPBM –Routes 96 per la modellizzazione di strade, autostrade e percorsi stradali e nel modello RMR per la realizzazione di ferrovie e tramvie.

I risultati sono stati prodotti sia in forma tabellare, sia in forma grafica.

La scelta di applicare tale modello di simulazione è stata effettuata in considerazione delle caratteristiche del modello stesso, del livello di dettaglio che è in grado di raggiungere e, inoltre, della sua affidabilità ampiamente garantita dalle applicazioni già effettuate in altri studi analoghi.

Il codice di calcolo in questione è un modello previsionale ad "ampio spettro", in quanto permette di studiare fenomeni acustici generati da rumore stradale, ferroviario, aeroportuale e industriale, utilizzando di volta in volta gli standard internazionali più ampiamente riconosciuti.

Per la simulazione del livello immesso sul territorio dal traffico veicolare sono utilizzate le librerie consigliate dalla Direttiva Europea 2002/49 per il calcolo del rumore da traffico, attualmente recepita dallo stato italiano attraverso il D.Lgs. 19 agosto 2005, n.194.

I dati utilizzati per la definizione del modello di simulazione sono stati:

- classificazione e caratteristiche tecnico-geometriche del progetto in questione;
- elaborati progettuali digitali, comprendenti tracciati planimetrici, profili altimetrici;
- cartografia numerica digitale 3D ed ortofoto georiferite dell'area di studio.

Il materiale documentale è stato integrato da sopralluoghi in sito mirati a definire le porzioni di territorio interessate dallo studio, ad analizzarne la relativa morfologia e corografia e, in particolare, a verificare i principali recettori.

La disponibilità di dati cartografici in formato numerico permette di ottenere un controllo completo ed un'accuratezza elevata nella modellazione dello stato reale. Inoltre, ciascuno degli elementi è caratterizzato mediante l'attribuzione di tutte le grandezze e le caratteristiche d'esercizio idonee per simulare con accuratezza lo stato reale; infatti, vengono assegnate specifiche per gli edifici (numero di piani, altezza, limiti di riferimento, ecc.). Riguardo alle fonti di incertezza del modello numerico di seguito si riportano i criteri cautelativi con cui sono state condotte le simulazioni:

- la propagazione sonora dell'onda sonora è sempre stata considerata sottovento;
- nel modello non sono state inserite le aree coperte da vegetazione o alberature;
- il fattore G per mezzo del quale la Norma ISO 9613-2 determina l'attenuazione dovuta al terreno è stato posto cautelativamente a 0,7 ($G = 1$ terreno coperto da erba e vegetazione tipico delle aree di campagna, con caratteristiche di assorbimento massime);
- il software nelle condizioni di calcolo cautelative utilizzate per il lavoro, tende a sovrastimare i livelli di pressione sonora ai ricettori;
- la riflessione sugli edifici è abilitata.

Di seguito, si riportano le specifiche utilizzate:

Figura 14 – Specifiche utilizzate con il Soundplan 8.2

Generale	Impostazioni	Standards	Valutazione	Mappa del rumore	Statistiche	Descrizione
Ordine di riflessione	2			Ponderazione dB		dB(A)
Max raggio di ricerca [m]	5000			Imposta bonus ferrovia di 5 dB		<input type="checkbox"/>
Max.distanza riflessioni da Ric. [m]	200			Crea aree di Ground Effect dalle superfici stradali		<input checked="" type="checkbox"/>
Max.distanza riflessioni da Srg. [m]	50					
Tolleranza consentita (dB)	0,1					
Tolleranza consentita valida per..	risultato complessivo					

La percentuale di condizioni favorevoli alla propagazione sonora risulta pari al 100%; la distanza dall'edificio (facciata) del punto utilizzato per la simulazione si desume dalle Mappe di simulazione Acustiche. Si evidenzia che il ricevitore è stato posto in corrispondenza della facciata maggiormente esposta alle emissioni sonore della sorgente principale.

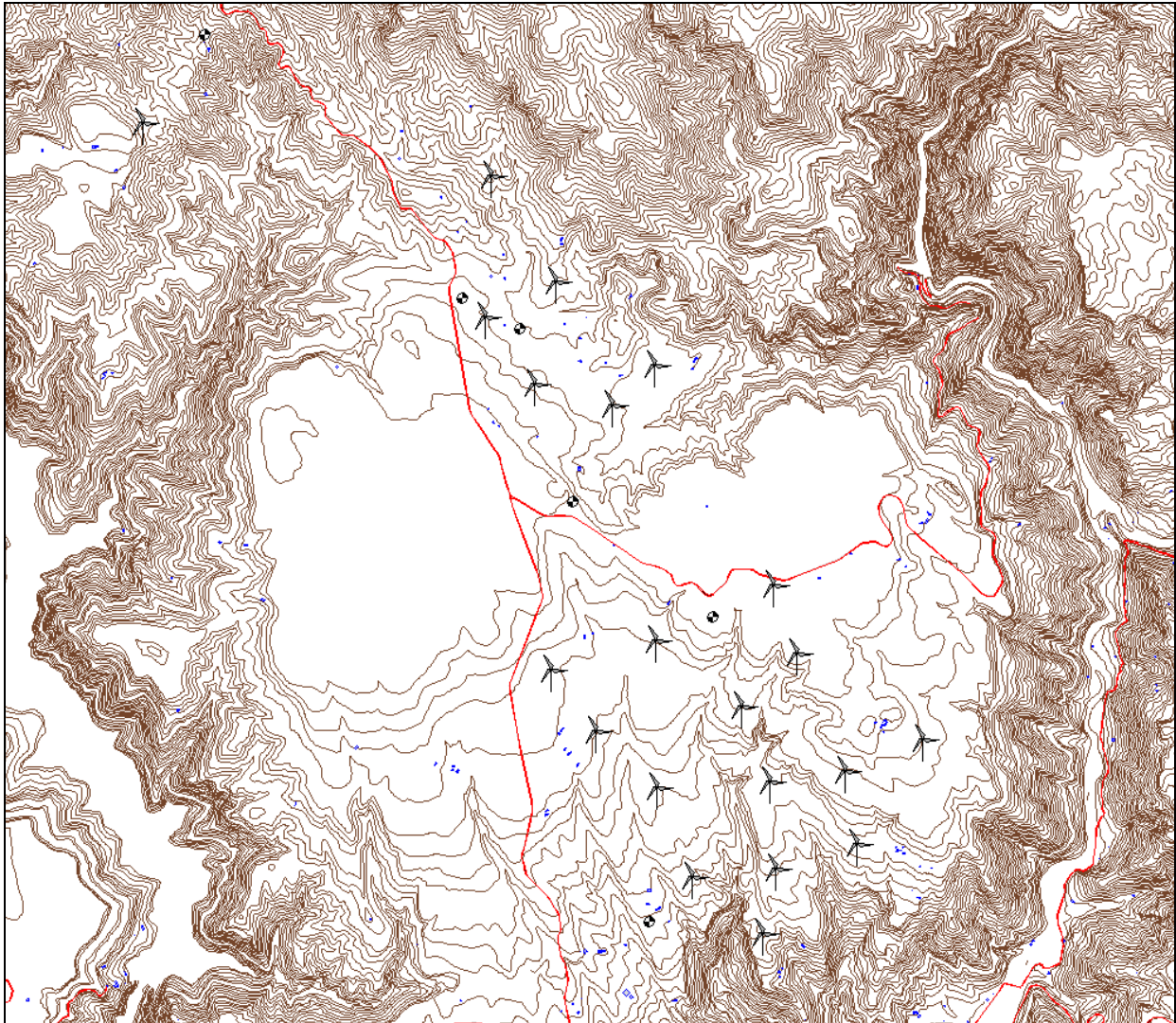
Considerate le condizioni conservative adottate per la realizzazione del modello, nella stima del rumore prodotto si può ritenere di aver adoperato impostazioni modellistiche di tipo ampiamente cautelative.

Ricettori del Modello

In seguito, si riporta stralcio cartografico con indicazione dei ricettori maggiormente impattati dalle future emissioni sonore e considerati nel modello acustico. Il ricevitore è stato posizionato ad un metro dalla facciata più alle emissioni sonore generate sia dai nuovi aerogeneratori che delle lavorazioni di cantiere.

Per maggiore dettaglio si rimanda alle tavole di riferimento di cui agli Elaborati. **“AM-IAS 10010013”** e **“AM-RTS10016”**.

Figura 15 – Ricettori nel modello acustico



Sorgenti sonore

Nella tabella successiva si riportano le sorgenti sonore analizzate.

Tabella 8 – Sorgenti sonore analizzate

Caratteristiche	VESTAS V 162	NORDEX N163	SIEMENS GAMESA SG155
Altezza da terra del rotore (m)	125	120	122,5
Raggio rotore (m)	81,0	81,5	77,5
Potenza sonora (dB(A))	104,8	107,2	105,0

Valutazione dei livelli di emissione

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori di emissione calcolati tramite software e la differenza riscontrata nelle diverse configurazioni.

Le valutazioni sono state effettuate valutando il livello di emissione generato dagli aerogeneratori presso tutti i ricettori considerati anche all'interno dell'Elaborato "AM-RTS10015" relativo allo Studio previsionale di impatto acustico di progetto.

Tabella 9 – Risultati dello studio dell'impatto acustico nelle alternative progettuali – Vestas - Nordex

Caratteristiche	VESTAS V 162	NORDEX N163	Differenza
R58	29,5	31,6	-2,1
R32	41,5	44,7	-3,2
R75	34,3	36,2	-1,9
R60	37,0	39,1	-2,1
R04	43,7	45,9	-2,2
R63	39,7	41,8	-2,1

Tabella 10 – Risultati dello studio dell'impatto acustico nelle alternative progettuali Vestas – Siemens

Caratteristiche	VESTAS V 162	SIEMENS GAMESA SG155	Differenza
R58	29,5	30,0	-0,5
R32	41,5	43,1	-1,6
R75	34,3	34,7	-0,4
R60	37,0	37,8	-0,8
R04	43,7	44,3	-0,6
R63	39,7	40,2	-0,5

4.4.1.4 Scelta tecnologica finale di progetto

Come osservabile dalle disamine condotte sugli impatti correlati si può senz'altro dichiarare che le caratteristiche delle soluzioni tecnologiche alternative e i loro effetti sono sostanzialmente identici ed assolutamente paragonabili.

Così, non vi è modo di poter effettuare una discriminazione in termini assoluti, in quanto le differenze risultano minime, **senonché nello studio del rumore gli aerogeneratori Vestas hanno un riscontro senz'altro migliore rispetto alle alternative Nordex e Siemens.**

Pertanto, nonostante a livello visivo e da tremolio d'ombra tutti i layout consentano di percepire l'impianto in modo omogeneo, la scelta si indirizzerebbe comunque verso il Layout 1 in quanto, a parità di turbine installate, queste risultano meno rumorose.

Per altro, ciò si inquadra nella partnership che Sardeolica ha avviato con Vestas Wind Systems A/S, avendo già installato i loro aerogeneratori in altri parchi eolici che attualmente risultano in esercizio.

Tale scelta è stata apprezzata per installazioni pregresse e Sardeolica, essendo già a conoscenza delle tecniche e metodologie adottate, è favorevole alla consolidazione del rapporto, avendo avuto modo di constatare positivamente la qualità del servizio offerto in termini di efficienza di realizzazione e produzione, presenza di una rete di operatori qualificati estesa, disponibilità e rapidità di reperibilità pezzi di ricambio, programma di manutenzione e controllo ridotto, oltre all'ottima affidabilità del prodotto.

Ne consegue, a fronte di una consapevole scelta positiva sin dall'origine del rapporto commerciale, e a seguito della comparazione con le alternative tecnologiche prese in considerazione ed esposte nel presente documento, in riscontro con un efficiente programma di gestione del parco da un punto di vista tecnico-amministrativo già ben impostato per altre installazioni, che il Layout 1 proposto, con aerogeneratori Vestas, è senz'altro quello da preferire e adottare.

4.5 Alternativa zero

In un panorama globale sempre più esigente di energia elettrica sia per le produzioni industriali che per i consumi domestici e il settore dei trasporti, con un distacco sempre più marcato dall'utilizzo delle materie prime fossili e loro derivati ed altresì dell'energia elettrica ricavata dalla loro combustione, privilegiando le fonti rinnovabili, la proposta di realizzare un parco eolico rispecchia tutte le caratteristiche ambientali, economiche e tecnologiche per poter soddisfare il fabbisogno energetico e, contemporaneamente, rispondere a tutti i requisiti imposti dal contesto geopolitico nazionale ed internazionale oggi presente in materia di mercato energetico e tutela ambientale.

Uno dei vantaggi dell'utilizzo dell'energia eolica come tecnologia di produzione elettrica da FER (Fonti Energia Rinnovabile) è lo svincolo da una serie di procedure, costi, mercato instabile, quantità prestabilite di approvvigionamento e altro tipicamente caratteristici delle fonti ordinarie.

Inoltre, la produzione di energia da impianti eolici risulta una soluzione ad immissione zero di CO₂ e altri gas serra in atmosfera, prevenendo, parallelamente, sia uno sviluppo verso minor inquinamento che minor riscaldamento globale; al contrario dei combustibili fossili che sono notoriamente caratterizzati da una serie di operazioni e sistemi che, in tutte le fasi del loro ciclo

vitale (dall'estrazione, al trattamento della materia prima per la produzione energetica, sino all'uso finale del prodotto finito) sono atte a generare scarti, inquinamento e altri impatti, oltre a favorire il depauperamento di risorse annesse.

La domanda di energia è rappresentata da una curva in crescita con caratteristica forma esponenziale che parte dalla seconda metà del secolo scorso destinata a evolversi all'infinito, un fatto legato alla crescita del fabbisogno energetico, dovuto sia all'aumento della popolazione mondiale, che dal continuo e sempre più marcato utilizzo dei dispositivi tecnologici.

La possibilità di poter installare localmente turbine movimentate dalla forza del vento è una risorsa da valorizzare non solo per fornire energia e soddisfare così il fabbisogno locale ma, in virtù di prospettive tecnologiche in costante miglioramento ed efficienza, anche di ottenere un rendimento sempre maggiore e con impatti minori, in modo tale da poter fornire, a parità di dimensionamento impianti, sempre più energia e ad aree sempre più estese.

L'energia prodotta dalle pale eoliche ha un processo di elaborazione energetica molto semplice, ricordando che l'energia del vento è continua e completamente gratuita e che la durata delle pale si stima intorno ai 25-30 anni.

Secondo ANEV (Associazione Nazionale Energia del Vento) l'Italia gode di un potenziale pari a 17 GV fino al 2030. Ad, oggi, però, il paese è al di sotto dei 10 GV installati, essendoci, dunque, ulteriori 8,4 GW di potenziale eolico installabile entro la fine dell'attuale decennio.

L'Italia, in effetti, si colloca al terzo posto in Europa, con una produzione di energia eolica pari a 1000 MW all'anno, subito dopo Germania e Spagna: nella nostra Penisola, infatti, sono attualmente installati più di n.5600 impianti eolici.

In seguito alle analisi condotte nel presente documento, supportato dai molti approfondimenti specialistici di progetto a cui si rimanda, si può concludere che l'installazione di un parco eolico comporta effetti ambientali tollerabili alla scala locale, a seguito di importanti vantaggi in termini di efficienza energetica, economia stabile e indipendenza da altre fonti o dal mercato globale dell'energia.

L'opzione di non dare seguito alla realizzazione dell'intervento, in base al contesto studiato, non delinea differenti prospettive di evoluzione del sistema ambientale e di destinazione d'uso del territorio prescelto. La 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 un freno non solo per quanto detto, ma anche nelle prospettive di crescita tecnologica delle aree di Esterzili ed Escalaplano e zone limitrofe, limitandone lo

sviluppo e la possibilità di poter creare un hub economicamente efficiente, autonomo e in armonia con tutte le predisposizioni in termini di tutela ambientale e produzione di energia pulita e perenne.

4.6 Scelta finale di progetto in base alle analisi di progetto ed ambientali

Ai fini delle scelte progettuali localizzative e tecnologiche del progetto “Amistade” sono state considerate sia le disposizioni localizzative ottimali degli aerogeneratori all’interno dell’area utile identificata nei territori di Esterzili ed Escalaplano (SU), sia alternative tecnologiche di potenza e dimensioni comparabili, con l’intento di valutare la soluzione ottimale ai fini dell’efficienza produttiva, contestualmente alla definizione del minor impatto ambientale generato.

Analisi alternative, ad evidenza, sotto il mero profilo dell’ubicazione, sono state indagate anche in relazione alla Stazione Utente.

Una volta individuata la migliore soluzione in termini di configurazione territoriale, in accordo con il quadro normativo vigente in termini di parchi eolici, sono state analizzate tre possibili configurazioni impiantistiche, quali:

- Layout 1: 21 WTG Vestas V162 – 6,2 MW – 125 m HH
- Layout 2: 21 WTG Nordex N163 – 5,7 MW – 120 m HH
- Layout 3: 21 WTG Siemens Gamesa SG155 – 6,7 MW – 122,5 m HH

I risultati ottenuti hanno dimostrato che i tre layout esaminati hanno, in generale, impatti simili e confrontabili sotto tutti i punti di vista, a meno di un vantaggio, sia pur minimo, dei WTG Vestas in quanto a impatto acustico.

Pertanto, data la maggiore efficienza delle pale eoliche Vestas, verso le quali Sardeolica si è già indirizzata in altri parchi eolici realizzati in Sardegna, di comprovata efficacia, si può quindi concludere che la soluzione progettuale proposta (layout 1) è complessivamente la più vantaggiosa dal punto di vista ambientale, gestionale ed economica rispetto ad altri modelli, a parità di produzione energetica, anche a fronte di un rafforzamento commerciale del rapporto che lega la Società proponente con l’Azienda danese che fabbrica e commercializza dette turbine eoliche.

5 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE IN PROGETTO

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. Per le opere di rete si rimanda alla documentazione specifica, anch'essa allegata alla presente istanza di VIA.

5.1 Infrastrutture elettriche

5.1.1 Stazione elettrica di connessione alla RTN

Come definito in precedenza, per la connessione del parco eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) sarà realizzata una nuova sottostazione utente di proprietà Sardeolica collegata alla SE RTN a 150 kV "Escalaplano" tramite cavidotto interrato a 150 kV della lunghezza di circa 2.300 m.

La stazione d'utenza dell'impianto eolico, sarà ubicata nel comune di Escalaplano in prossimità della turbina ESC02; per accedere all'area della sottostazione occorre imboccare una strada sterrata interpodereale che, dalla viabilità comunale asfaltata, conduce all'aerogeneratore ESC02 e percorrerla per circa 1,12 km. La sottostazione si colloca ad una quota di 568m s.l.m, il piazzale ospitante la sottostazione elettrica produttore avrà una superficie sistemata in piano di 6205 mq comprendente un piazzale circostante d'accesso di 1213 mq, l'area della sottostazione delimitata da apposita perimetrazione avrà una superficie di 4992 mq (Figura 16).

Figura 16 - Inquadramento area nuova sottostazione elettrica su carta CTR

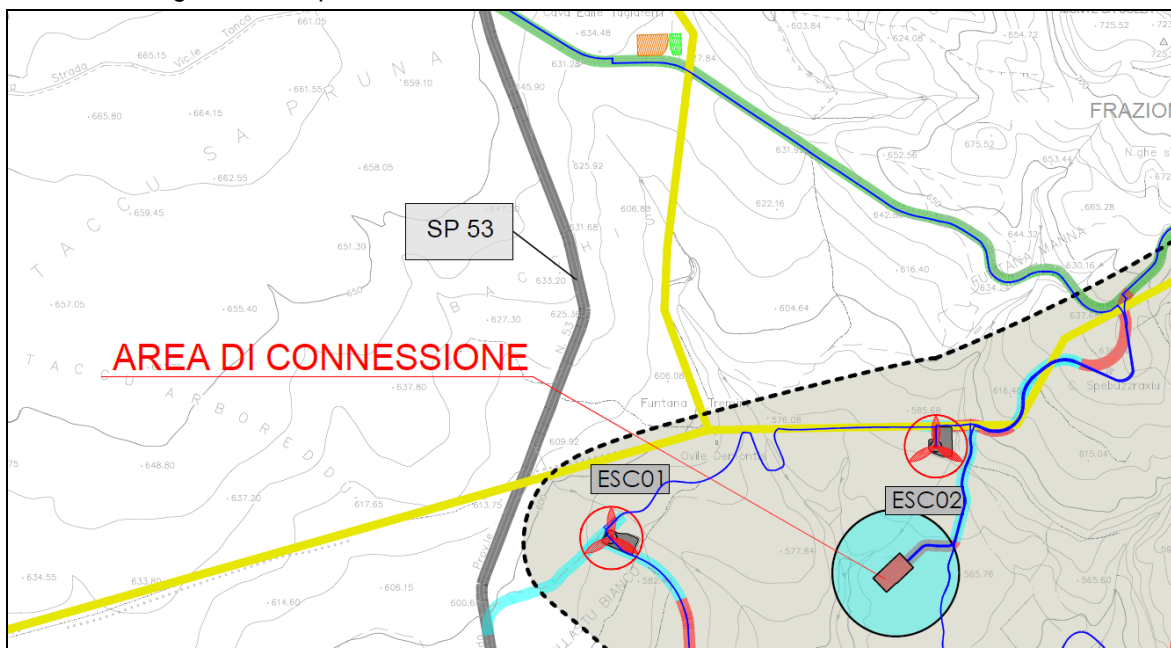


Figura 17- Dettaglio area sottostazione utente



Figura 18 – Vista aerea dell'area in cui verrà ubicata la stazione di utenza



L'individuazione del sito ed il posizionamento della sottostazione risultano dagli elaborati progettuali allegati al progetto elettrico e dalla tavola del progetto civile AMIST_PC_T012.

Attualmente l'area si presenta con un andamento quasi pianeggiante, leggermente in pendenza verso sud-ovest per cui la realizzazione dello spianamento per la realizzazione dell'opera richiede modesti interventi di scavo e riporto. Il sito è caratterizzato dalla presenza di vegetazione rada e in parte cespugliosa, non sono presenti piante ad alto fusto.

La stazione sarà costituita da una sezione in MT a 30KV e da una sezione a 150 kV con isolamento in aria. Di seguito si riportano gli aspetti tecnici maggiormente rilevanti, per il dettaglio si rimanda alla relazione tecnica *EL-RT3551 Stazione di Utenza e Collegamento alla RTN* ed alle planimetrie di dettaglio *EL-SH3555 Schema elettrico unifilare*, *EL-PL3552 Stazione di utenza - Planimetria e sezioni elettromeccaniche*, *EL-PL3554 - Stazione di Utenza - Pianta e sezione edificio quadri*, *EL-PL3557 - Stazione di Utenza - Particolari Costruttivi*.

5.1.1.1 Consistenza della sezione in alta tensione a 150 kV

La sezione in alta tensione a 150 kV è composta da quattro stalli di trasformazione e uno stallo partenza linea in cavo, con apparati di misura e protezione (TV e TA).

Lo stallo è comprensivo di interruttore, scaricatore di sovratensione, sezionatori e trasformatori di misura (TA e TV) per le protezioni, secondo quanto previsto dagli standard e dalle prescrizioni Terna. Due dei quattro stalli ATR saranno realizzati successivamente, analoghi a quelli sopra descritti, destinati alla connessione di altre iniziative nell'area.

5.1.1.2 Consistenza della sezione in media tensione a 30 kV

La sezione in media tensione è composta dai quadri MT a 30 kV, sottesi al trasformatore MT/AT, che prevede:

- un sistema di sbarre
- montanti arrivo linea da impianto eolico
- n°1 montante partenza trasformatore
- montante alimentazione trasformatore ausiliari
- montante banco rifasamento (eventuali).

5.1.1.3 Sistema di protezione, monitoraggio, comando e controllo

La stazione potrà essere controllata da un sistema centralizzato di controllo in sala quadri e un sistema di telecontrollo da una o più postazioni remote.

I sistemi di controllo, di protezione e di misura centralizzati sono installati nell'edificio di stazione ed interconnessi tra loro e con le apparecchiature installate tramite cavi a fibre ottiche e hanno la funzione di connettere l'impianto con i sistemi remoti di telecontrollo, di provvedere al controllo e all'automazione a livello di impianto di tutta la stazione, di restituire le informazioni dell'oscilloperturbografia e della registrazione cronologica degli eventi.

Dalla sala quadri centralizzata è possibile il controllo della stazione qualora venga a mancare il sistema di teletrasmissione o quando questo è messo fuori servizio per manutenzione. In sala quadri la situazione dell'impianto (posizione degli organi di manovra), le misure e le segnalazioni sono rese disponibili su un display video dal quale è possibile effettuare le manovre di esercizio.

5.1.1.4 Servizi ausiliari in corrente alternata e corrente continua

Il sistema dei servizi ausiliari in c.a. è costituito da:

- • quadro MT
- • trasformatore MT/BT
- • quadro BT centralizzato di distribuzione (costituito da due semiquadri).

I servizi ausiliari in c.c. a 110 V sono alimentati da due raddrizzatori carica-batteria in tampone con una batteria prevista per un'autonomia di 4 ore. Ciascuno dei due raddrizzatori è in grado di alimentare i carichi di tutto l'impianto e contemporaneamente di fornire la corrente di carica della batteria; in caso di anomalia su un raddrizzatore i carichi vengono commutati automaticamente sull'altro. Il sistema dei servizi ausiliari in c.c. è costituito da: batteria, raddrizzatori, quadro di distribuzione centralizzato e quadri di distribuzione nei chioschi (comuni per c.a. e c.c.).

5.1.1.5 *Trasformatore*

I trasformatori trifase in olio per trasmissione in alta tensione, con tensione primaria 150 kV e secondaria 30 kV, è costruito secondo le norme CEI 14-4, con nuclei magnetici a lamierini al Fe e Si a cristalli orientati a bassa cifra di perdita ed elevata permeabilità. I nuclei sono realizzati a sezione gradinata con giunti a 45° e montati a strati sfalsati (esecuzione step lap) per assicurare una riduzione delle perdite a vuoto ed un migliore controllo del livello di rumore.

Gli avvolgimenti vengono tutti realizzati con conduttori in rame elettrolitico E Cu 99.9%, ricotto o ad incrudimento controllato, con isolamento in carta di pura cellulosa. Allo scopo di mantenere costante la tensione dell'avvolgimento secondario al variare della tensione primaria il trasformatore è corredato di un commutatore di prese sull'avvolgimento collegato alla rete elettrica soggetto a variazioni di tensione.

Lo smaltimento dell'energia termica prodotta nel trasformatore per effetto delle perdite nel circuito magnetico e negli avvolgimenti elettrici sarà del tipo ONAN/ONAF (circolazione naturale dell'olio e dell'aria/ circolazione naturale dell'olio e forzata dell'aria).

Le casse d'olio sono in acciaio elettrosaldato con conservatore e radiatori. Isolatori passanti in porcellana. Riempimento con olio minerale esente da PCB o, a richiesta, con fluido isolante siliconico ininfiammabile. Il trasformatore è dotato di valvola di svuotamento dell'olio a fondo cassa, valvola di scarico delle sovrappressioni sul conservatore d'olio, livello olio, pozzetto termometrico, morsetti per la messa a terra della cassa, golfari di sollevamento, rulli di scorrimento orientabili.

Il peso complessivo del trasformatore è stimabile attorno alle 50 t.

5.1.1.6 *Servizi ausiliari in corrente alternata e corrente continua*

Il collegamento alla sezione a 150 kV della nuova SE RTN "Escalaplano" permetterà di convogliare l'energia prodotta dall'impianto eolico alla rete ad alta tensione.

A tal fine, l'energia prodotta alla tensione di 30 kV, dall'impianto eolico sarà inviata agli stalli di trasformazione della SE utente.

Qui verrà trasferita, previo innalzamento della tensione a 150 kV tramite trasformatore 30/150 kV, alle sbarre della sezione 150 kV della nuova SE RTN "Escalaplano" mediante un collegamento in cavidotto interrato AT, tra i terminali della stazione di utenza ed il relativo stallo in stazione di rete.

5.1.1.7 Opere civili per la realizzazione della stazione di utenza

Il fabbricato sarà costituito da un locale comando e controllo e telecomunicazioni; un locale per i trasformatori MT/BT, un locale quadri MT ed un locale misure e rifasamento. Il pavimento potrà essere realizzato di tipo flottante con area sottostante adibita al passaggio cavi.

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.

Le fondazioni dei sostegni sbarre, delle apparecchiature e degli ingressi di linea in stazione sono 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.

È previsto un cancello carrabile largo m 7,00 ed un cancello pedonale per ciascuno degli ingressi previsti, inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato.

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

Per la raccolta delle acque meteoriche sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà la totalità delle acque raccolte dalle strade e dai piazzali in appositi collettori (tubi, vasche di prima pioggia, pozzi perdenti, ecc.).

5.1.2 Aerogeneratori

5.1.2.1 Aspetti generali

Si illustrano nel prosieguo le caratteristiche delle nuove macchine eoliche che verranno installate nel sito di Esterzili ed Escalaplano, riferibili in via preliminare al modello tipo V162-6.2 MW illustrato in Figura 19.

Figura 19 - Aerogeneratore Vestas tipo V162 – 6.2 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.

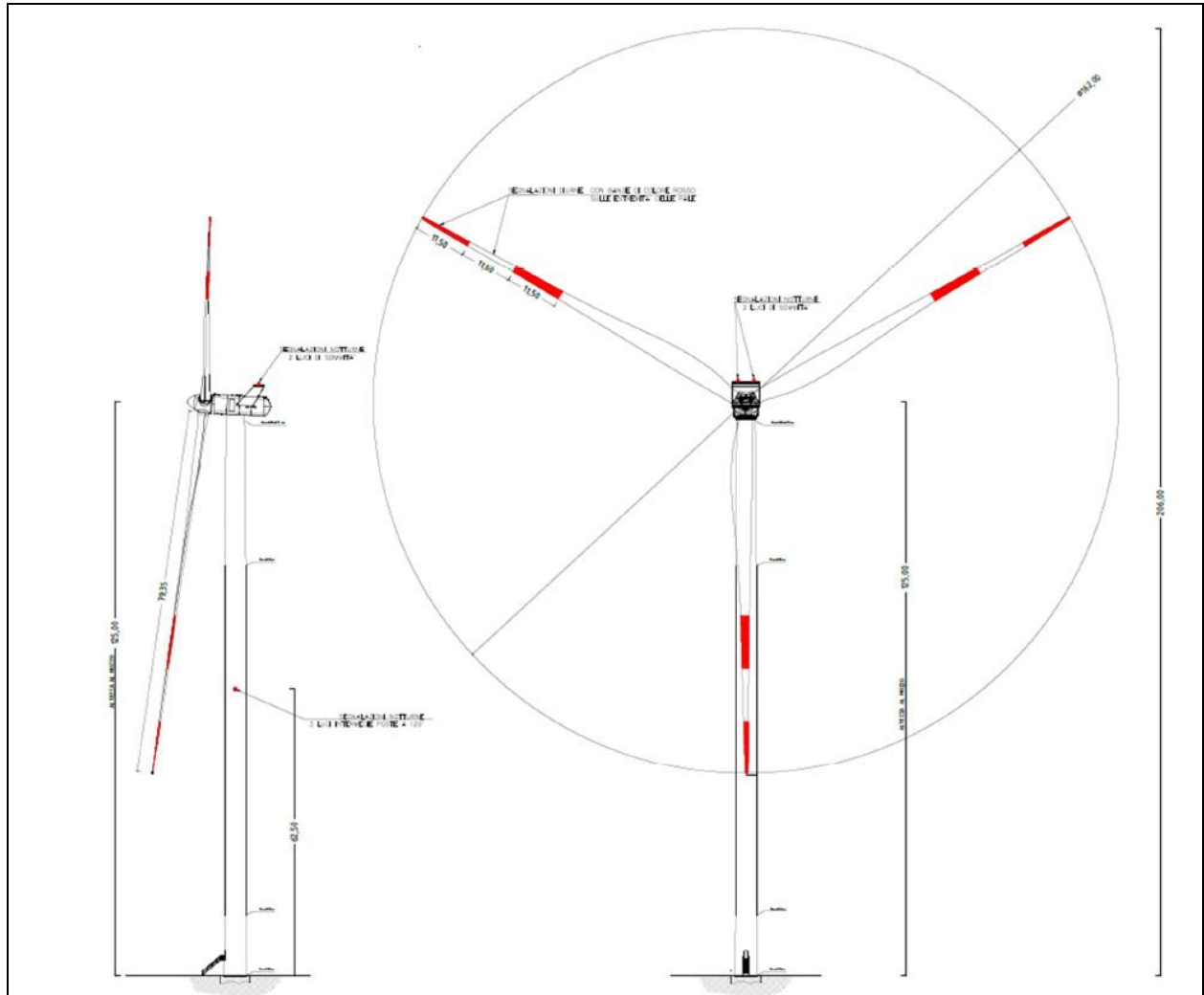
I componenti principali dell'aerogeneratore sono i seguenti:

- 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 20 e nell'allegato elaborato *AMIST_PC_T009 - Schema tipico aerogeneratore*.

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

Figura 20 - Aerogeneratore tipo V162 – 6,2 MW altezza al mozzo (1) 125 m, e diametro rotore (2) di 162m

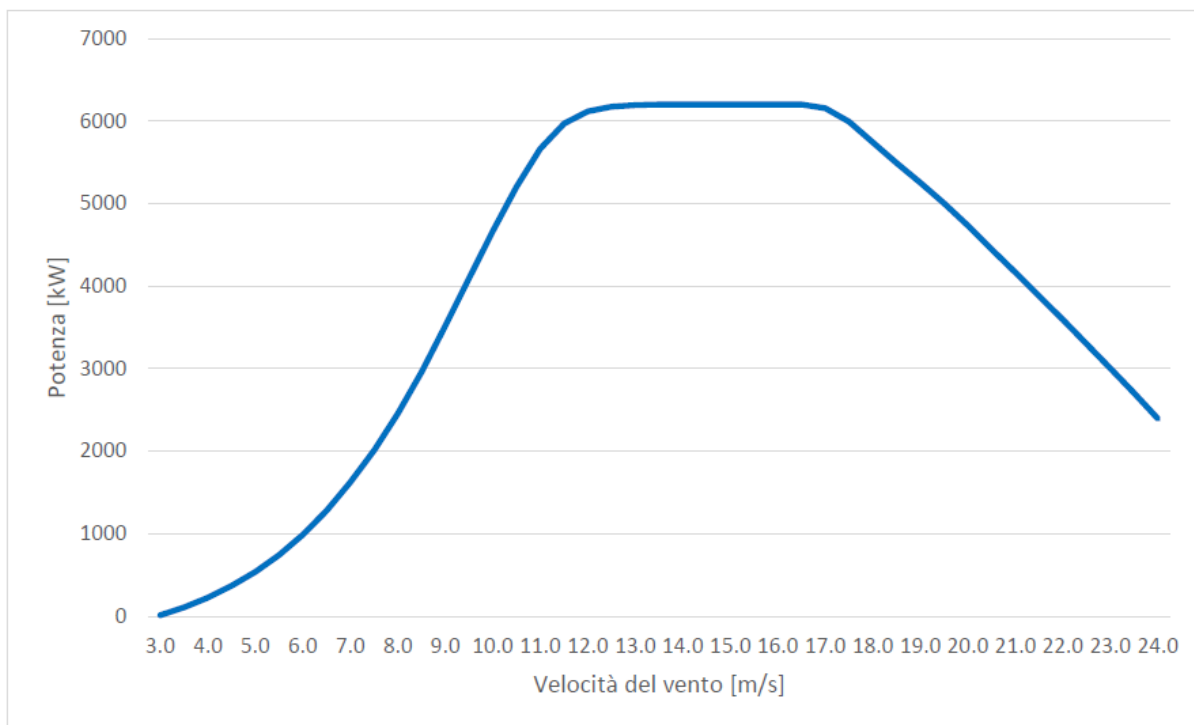


Le caratteristiche principali della macchina eolica che sarà installata sono di seguito riportate:

- 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 6,20 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;

La curva di potenza della macchina tipo è illustrata in Figura 21.

Figura 21 – Curva di potenza generatore tipo V162-5.6 MW



5.1.2.2 Torre di sostegno

Il generatore sarà posizionato all'estremità superiore di una torre tubolare in acciaio di altezza 125 m.

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.

5.1.2.3 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 – 0.72/30kV, 5600kW;
- quadro elettrico a MT con dispositivi di sezionamento e protezione;
- quadro elettrico BT per servizi ausiliari di torre.

5.1.2.4 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: 5500°;
- classe di protezione involucro: IP54.

5.1.2.5 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.

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 riassumono le caratteristiche tecniche principali:

- potenza nominale: 5850 kW;
- Tensione nominale: 800 V;
- Corrente di statore: 3280A a 650V;
- Fattore di potenza: $0,95_{CAP} - 1 - 0,95_{IND}$ ai carichi parziali e a pieno carico;
- Frequenza: 0-138 Hz;
- Velocità di rotazione: 0-460 rpm;
- classe di protezione involucro: IP54.

5.1.2.6 *Trasformatore elevatore di macchina*

Il trasformatore elevatore di macchina ha la funzione di modificare la tensione dal valore di 720V al valore di 30kV scelto per la rete di distribuzione e immissione dell'energia prodotta in rete attraverso la nuova stazione utente 30kV/150kV della Sardeolica S.r.l..

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: Dyn5 / YNyn0;
- Frequenza: 50 Hz;
- Tensione di Cto.Cto - V_{cc} : 9%;
- Classe isolamento: F;
- Temperatura massima di funzionamento: 90°C;
- Classe Comportamento al fuoco: F1;
- Classe climatica e ambientale: C2, E2.

5.1.2.7 *Cavi MT*

La connessione del trasformatore alloggiato nella navicella con i quadri di MT posizionati nella parte inferiore della torre avviene mediante cavi in MT isolati in EPR posati lungo la torre.

I cavi hanno grado di isolamento 42kV per le tensioni comprese tra 22,1 e 36kV. La formazione utilizzata sarà 3x70 + 70 mm² con neutro separato.

5.1.2.8 *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: 1 s;
- Classe all'arco interno IAC A FLR 25 kA, 1 s
- Continuità di servizio LSC2

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.

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 fino a 25A per 1 secondo.

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.

5.1.2.9 *Trasformatore BT/BT per servizi ausiliari di torre*

Entro ciascuna torre sarà installato un trasformatore BT/BT 720V/400V per servizi ausiliari della potenza di 10-20 kVA.

5.1.2.10 *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;
- 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;

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.

5.1.2.11 *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 16 km per attestarsi al quadro MT 30 kV di un nuovo fabbricato servizi secondo uno schema di tipo radiale. Lo schema di collegamento degli aerogeneratori è del tipo entra-esce radiale per il collegamento delle macchine in sottocampi di massimo 5 aerogeneratori per sottocampo.

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-PL3537 (*Tracciato cavidotti su CTR con attraversamenti*).

5.1.2.12 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.

5.1.2.13 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.

5.1.2.14 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).

5.1.2.15 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-PL3540 "Analisi tipologica degli attraversamenti dei cavidotti su canali, torrenti e strade").

5.1.2.16 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 controspirale ($R \max 3 \Omega/\text{km}$);
- 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-PL3539

Sezioni tipo vie cavo.

5.1.2.17 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 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.

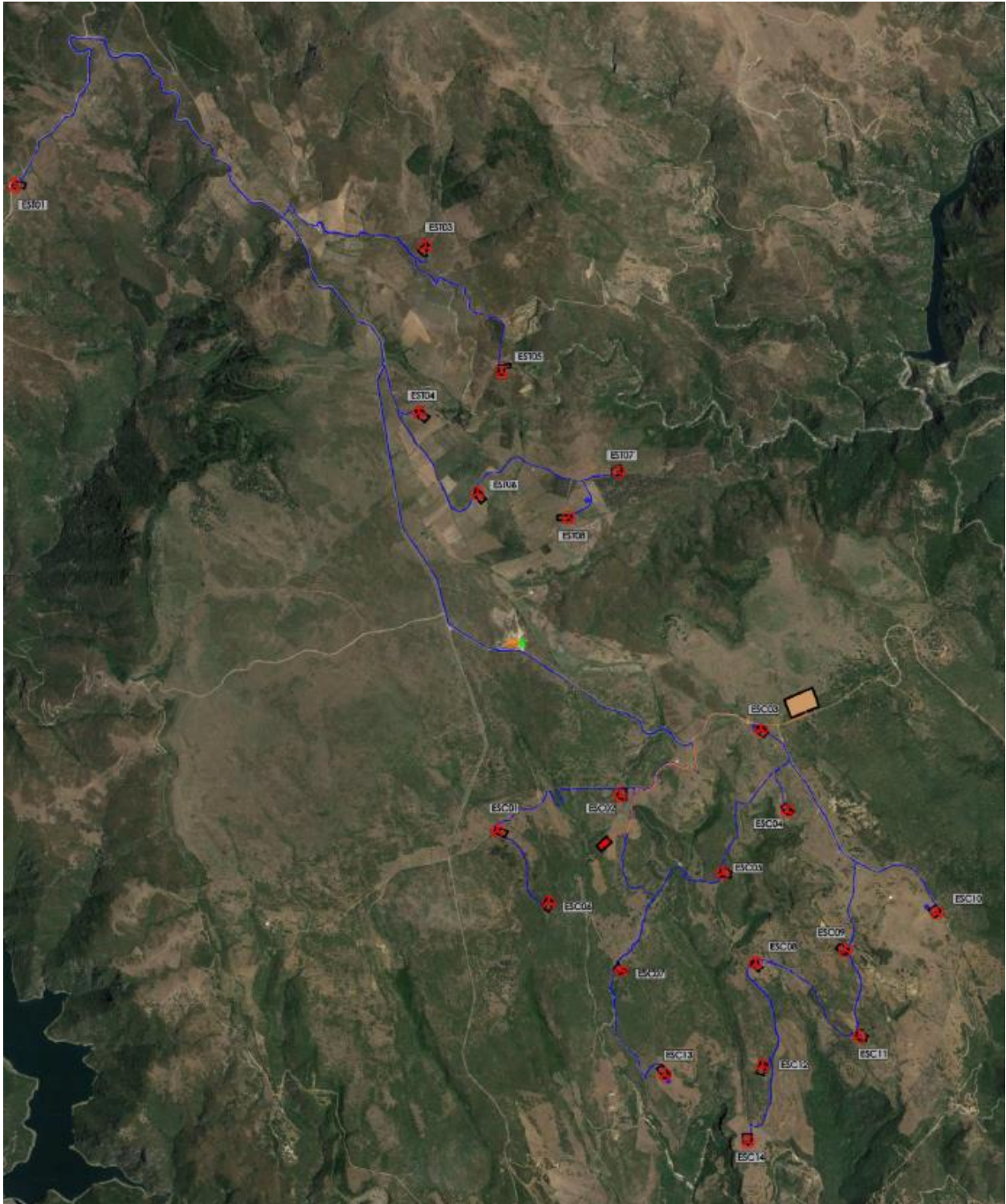
I circuiti di sicurezza saranno realizzati mediante cavi FTG10(O)M1 0,6/1 KV - CEI 20-45 CEI 20-22 III / 20-35 (EN50265) / 20-37 resistenti al fuoco secondo IEC 331 / CEI 20-36 EN 50200, direttiva BT 73/23 CEE e 93/68 non propaganti l'incendio senza alogeni a basso sviluppo di fumi opachi con conduttori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

5.1.3 Cavidotti di collegamento MT

Il completamento delle operazioni di cantiere prevede l'installazione delle linee elettriche ed il collegamento alla rete di trasmissione elettrica nazionale, che avverrà totalmente attraverso linee interrato, il cui tracciato è indicato nelle tavole AMIST_PC_T002.1 e T002.2 allegate al progetto civile e più nel dettaglio è descritto negli elaborati allegati al progetto elettrico (EL-PL3537_Tracciato cavidotti su CTR con attraversamenti e EL-PL3536-Tracciato cavidotti su planimetria catastale).

Figura 22 – Tracciato cavidotti su ortofoto



I cavi, come già detto, per tutto il tracciato seguiranno la viabilità esistente e di progetto.

Il reale posizionamento del cavidotto rispetto alla sede stradale dovrà essere opportunamente definito in sede di progetto esecutivo, nella parte di strada asfaltata verrà privilegiato il suo posizionamento al lato del nastro stradale in modo da evitare il taglio del manto bituminoso. Qualora nella realizzazione dello scavo per il passaggio dei cavi dovessero essere interessati manufatti di ogni tipo (manto stradale, cunette in cemento e non, guardrail ecc.) dovrà essere previsto il loro ripristino ante opera.

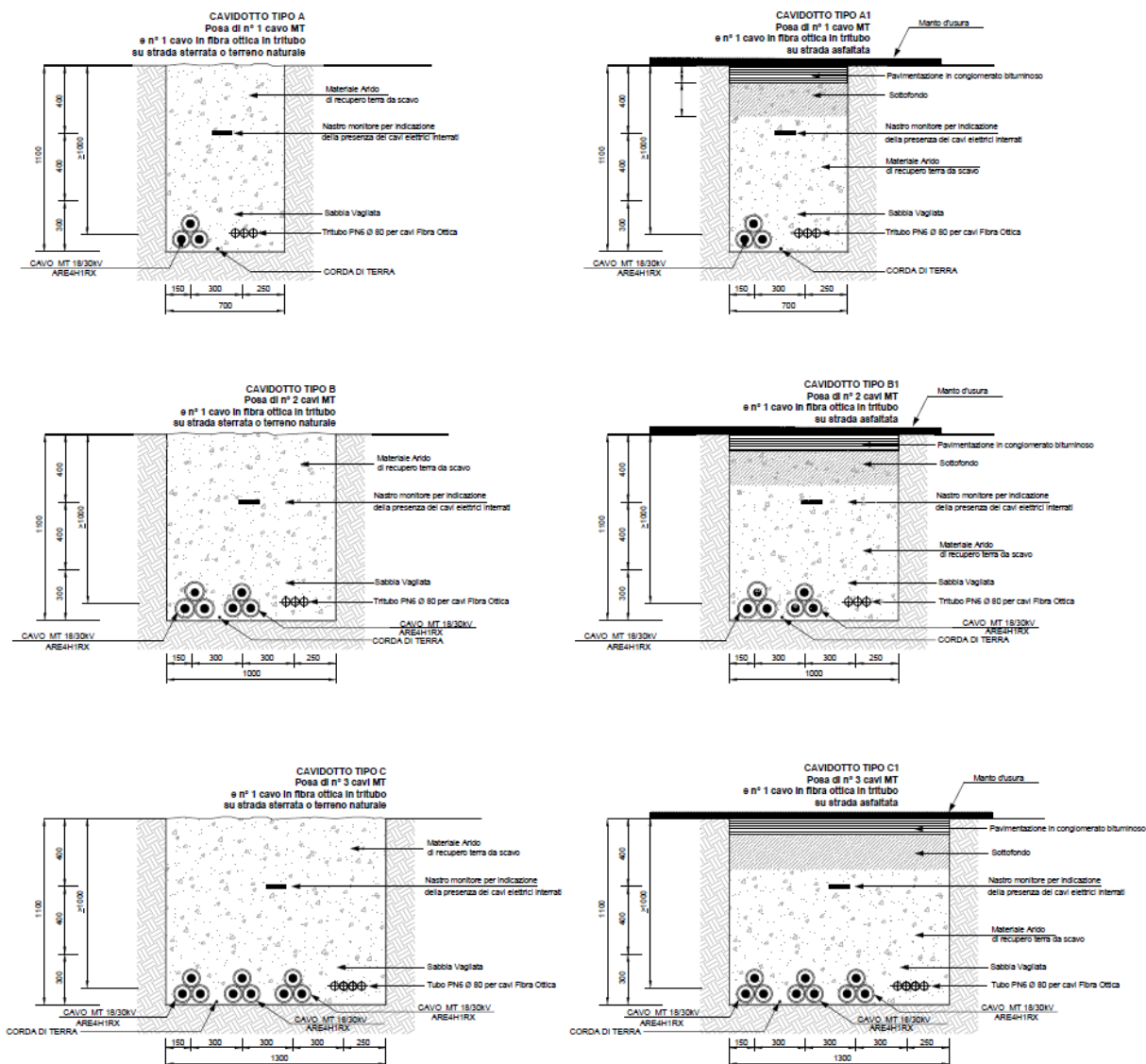
Si riportano di seguito le caratteristiche generali del cavidotto interrato di parco, per le caratteristiche di dettaglio si rimanda al progetto elettrico:

- scavo della profondità di circa 1,10 metri e larghezza da circa 70 cm a circa 130 cm a seconda del numero di cavi presenti;
- se il materiale di risulta è costituito da pietrame di grosse dimensioni si dovranno ricoprire i cavi con un primo strato di sabbia o terreno di scavo vagliato, altrimenti si potrà utilizzare direttamente la terra dello scavo;
- posa del nastro monitore;
- strato finale di completamento in terreno proveniente dallo scavo.

Il cavidotto lungo il suo tracciato intercetta alcuni corsi d'acqua come indicato nell'elaborato EL-PL3540 allegato al progetto elettrico. Il cavidotto, lungo il suo tracciato oltre i suddetti corsi d'acqua, incrocia anche la strada provinciale n. 53 e alcune strade comunali, gli attraversamenti verranno realizzati secondo le indicazioni degli enti proprietari.

Le sezioni e la tipologia di cavidotto in MT utilizzato per la connessione degli aerogeneratori alla stazione di utenza sono riportati nella figura seguente. Per un dettaglio si rimanda all'elaborato EL-PL3539 Sezioni tipo vie cavo.

Figura 23 – Sezioni tipo vie cavo per il cavidotto di collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione di utenza.



5.1.4 Elettrodotto di collegamento AT tra Stazione di Utenza e Stazione Terna

Il tracciato si sviluppa completamente in area a destinazione agricola, uscendo dalla Stazione di utenza, si dirige verso Nord-est per giungere alla stazione di rete dopo circa 2.300 m percorrendo la viabilità esistente in parte sterrata ed in parte asfaltata.

Il tracciato sopra descritto interesserà il territorio dei comuni di Escalaplano e Seui rispettivamente nella provincia del Sud Sardegna (SU).

L'elettrodotto in oggetto costituisce l'elemento di collegamento tra la stazione di utenza e la nuova stazione di rete "Escalaplano" che consentirà di smistare l'energia elettrica prodotta dall'impianto di proprietà del proponente e da altri due impianti alla Rete di Trasmissione Nazionale.

Per il collegamento alla Stazione di Rete, è prevista la partenza di una terna di cavi unipolari in alluminio di sezione 1.600 mm², posati a trifoglio.

Di seguito si riportano i principali dati costruttivi e di posa del tratto in cavo interrato degli elettrodotti in progetto.

Tabella 11 – Dati tipologici del cavo AT tra stazione utente e SSE Terna

Tipo di conduttore	Unipolare in XLPE (polietilene reticolato)
Sezione	1600 mm ²
Materiale del conduttore	Corde di alluminio compatta
Schermo semiconduttore interno	A base di polietilene drogato
Materiale isolamento	Polietilene reticolato
Schermo semiconduttore esterno (sull'isolante)	A base di polietilene drogato
Materiale della guaina metallica	Rame corrugato
Materiale della blindatura in guaina anticorrosiva	Polietilene, con grafite refrigerante (opzionale)
Materiale della guaina esterna	Polietilene
Tensione di isolamento	170 kV

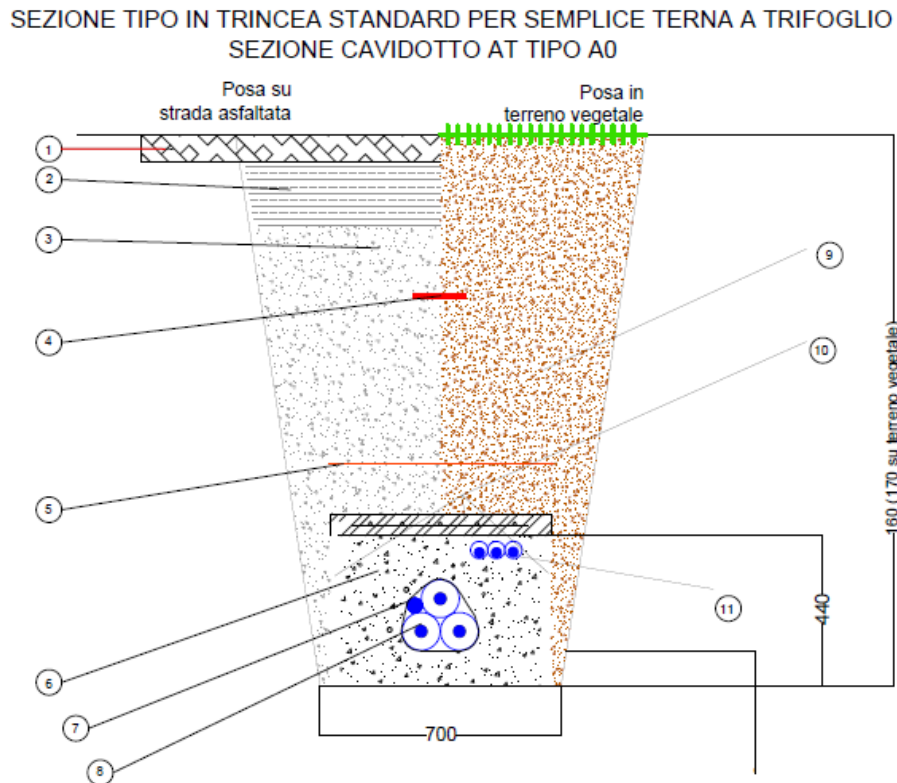
Tali dati potranno subire adattamenti, comunque non essenziali, dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori

La posa in opera avverrà secondo lo schema seguente (Tabella 12) e la Figura 24 :

Tabella 12 – Dati di posa del cavo AT tra stazione utente e SSE Terna

Posa	Interrata in letto di sabbia a bassa resistività termica
Messa a terra degli schermi	"Cross bonding" o "single point bonding"
Profondità minima di posa del cavo	1,60 m su strade 1,80 m su terreno vegetale
Formazione	Una terna a trifoglio
Tipologia di riempimento	Con sabbia a bassa resistività termica o letto di cemento magro h 0,50 m
Profondità del riempimento	Minimo 1,10 m
Copertura con piastre di protezione in C.A. (solo per riempimento con sabbia)	Spessore minimo 5 cm
Tipologia di riempimento fino a piano terra	Terra di riporto adeguatamente selezionata
Posa di nastro monitor in PVC – profondità	1,00 m circa

Figura 24 – Rappresentazione della sezione tipo per il cavo AT



L'elettrodotto sarà posato all'interno di uno scavo opportunamente dimensionato. La profondità di posa dei cavi sarà deve essere tale da garantire almeno 1,1 m dal piano di calpestio, misurato dall'estradosso superiore del tubo.

I cavi AT saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,6 m nel cavo di posa su strade e 1,8m in caso di posa su terreno vegetale. I cavi saranno disposti a trifoglio e configurazione degli schermi single point bonded.

I cavi verranno alloggiati in un bauletto di cemento magro, protetto superiormente da una lastra prefabbricata in cemento armato. La restante parte dello scavo sarà riempita con terreno di riporto, salvo eventuali tratti su viabilità, per i quali sarà necessario seguire le prescrizioni di ripristino dell'ente proprietario della strada.

Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante, potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

Gli attraversamenti delle opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

La realizzazione dell'opera avverrà per fasi sequenziali di lavoro che permettano di contenere le operazioni in un tratto limitato della linea in progetto, avanzando progressivamente sul territorio.

In generale le operazioni si articoleranno secondo le fasi elencate nel modo seguente:

- realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere;
- apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea;
- posa dei cavi e realizzazione delle eventuali giunzioni;
- ricopertura della linea e ripristini.

Per un maggiore dettaglio si rimanda all'elaborato EL-RT3551 - Relazione SE Utenza e Cavo AT.

5.1.5 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.

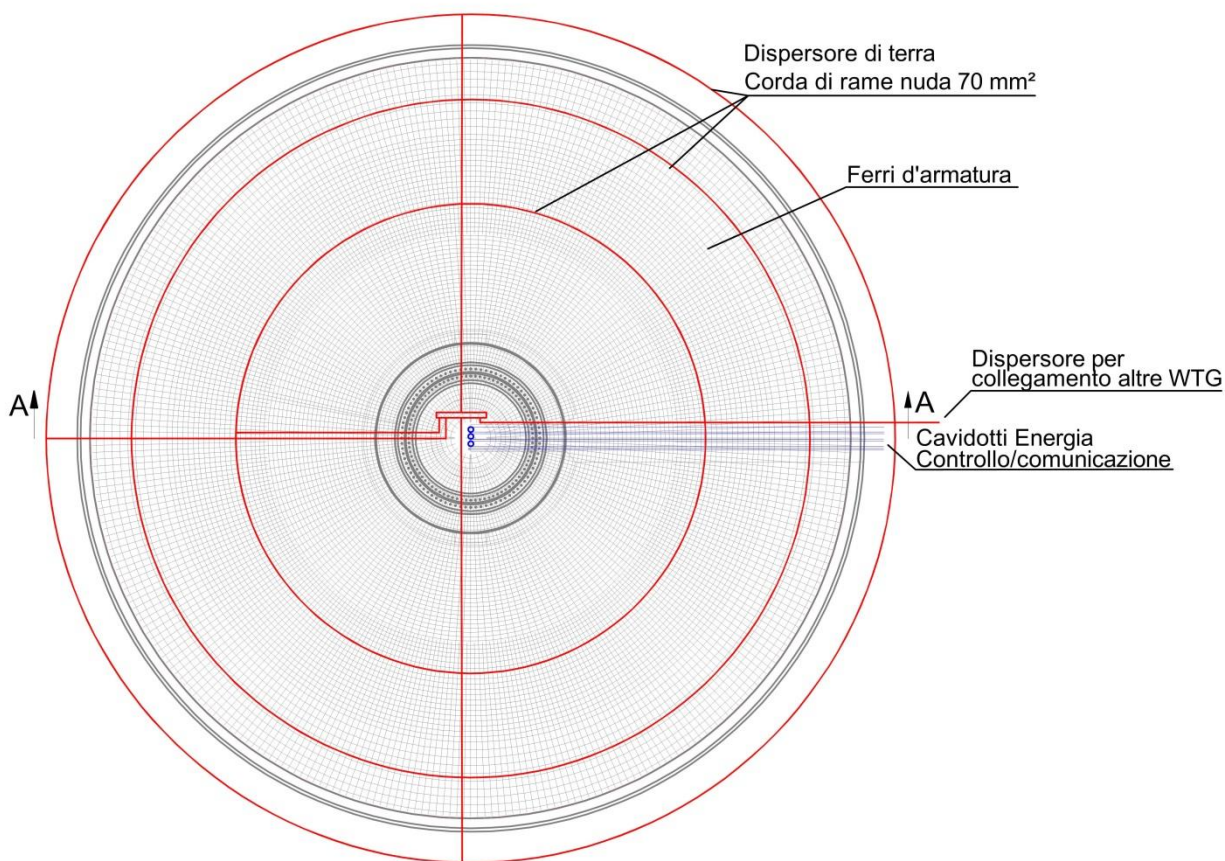
L'impianto di messa a terra dell'aerogeneratore sarà realizzato collocando diversi anelli concentrici intorno alla torre dell'aerogeneratore (Figura 25). L'anello interno è formato da un conduttore di rame nudo con sezione di 70 mm². Verrà inoltre posizionato un secondo anello con sezione di 70 mm² concentrico 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 con sezione di 70 mm², 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 con sezione di 70 mm² e dovranno essere collegati all'impianto di messa a terra della sottostazione di trasformazione (Elaborato EL-PL3538 - Layout impianto di terra).

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

Figura 25 - Schema tipo impianto di messa a terra di un aerogeneratore

Sez A-A



5.2 Opere stradali

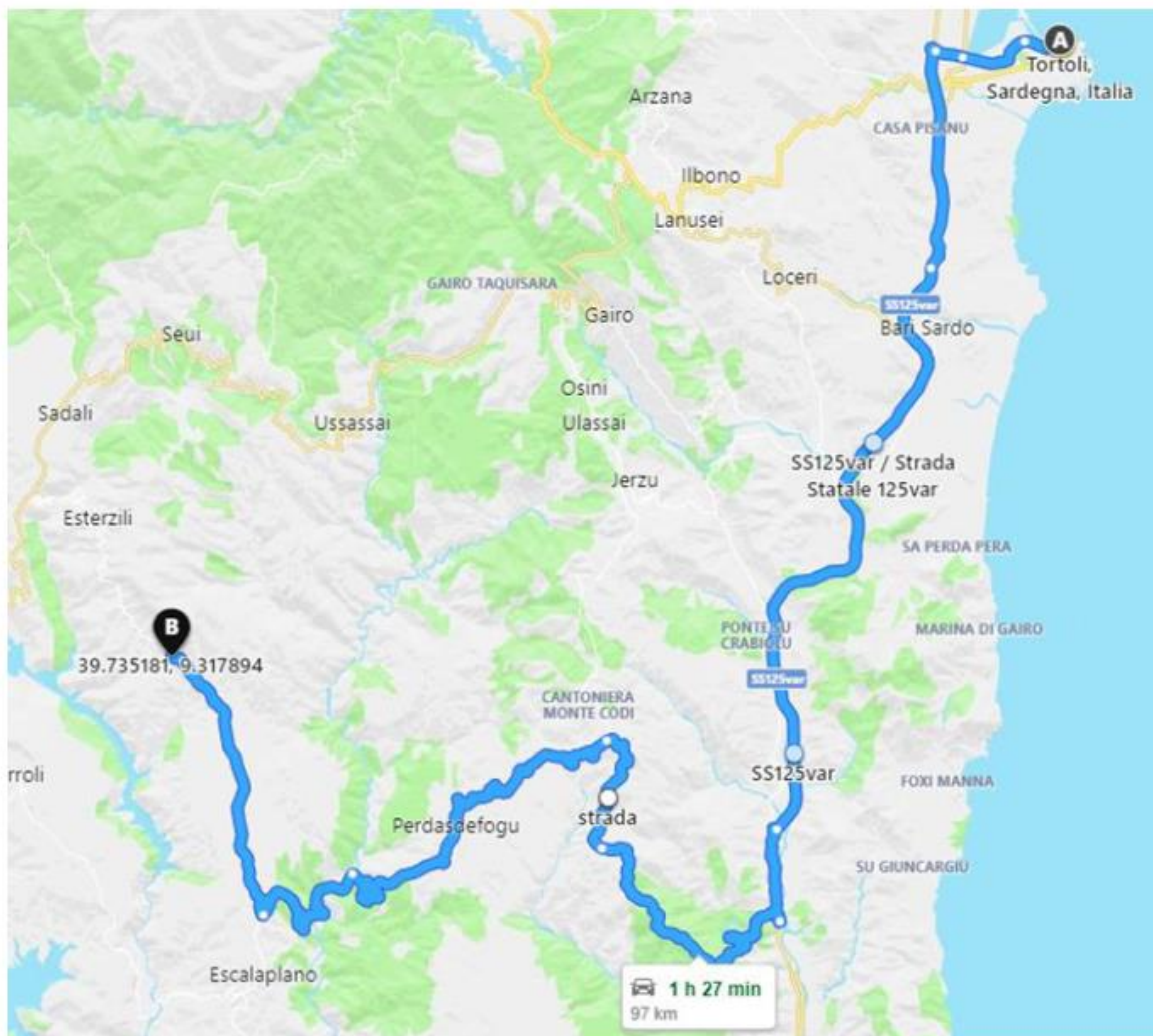
5.2.1 Viabilità di accesso al sito

Il parco eolico in progetto "Amistade" è raggiungibile, dal porto di Arbatax individuato per l'arrivo e lo sbarco della componentistica in Sardegna, percorrendo le arterie stradali principali individuate nel report di trasporto allegato, il porto di sbarco dista circa 97 km dallo svincolo d'accesso alla viabilità locale per l'accesso al sito dalla SP 53.

La viabilità principale d'accesso al sito, dal porto sino alle strade comunali e vicinali per il raggiungimento dell'area produttiva, è stata individuata e analizzata tramite apposito report di trasporto "Road Survey Escalaplano-Esterzili-Seui Sud MO 94-20_rev00" (AMIST_PC_A011), elaborato da una ditta specializzata nella realizzazione di trasporti per componenti di parchi eolici.

Come illustrato nel documento citato è stato individuato e analizzato il tracciato stradale migliore per consentire un più semplice e agevole accesso al sito da parte dei mezzi deputati ai trasporti eccezionali dei componenti dell'aerogeneratore.

Figura 26 - Tracciato individuato con porto di sbarco ad Arbatax (NU)



Port of Arbatax ► Via Baccasara ► Via Bargerbu ► SS125 ► SS125 var ► SS125 ►
► Strada Militare ► road inside the wind farm ► SP13 ► SP53 ►

Il progetto non risulta in contrasto con le indicazioni del Piano Regionale dei Trasporti (P.R.T.), in quanto non modifica gli scenari di assetto futuro del sistema dei trasporti, l'intervento proposto prevede soltanto alcuni adeguamenti locali e temporanei.

Il tracciato prevede la percorrenza, partendo dal porto di sbarco di Arbatax, delle strade SS125, Strada Militare verso Perdasdefogu, SP13, e SP53, su quest'ultima si trovano gli accessi alla viabilità locale per il sito e da questi, attraverso le strade comunali e vicinali indicate in progetto, si raggiunge l'area produttiva dell'impianto. Per l'individuazione del tracciato da utilizzare per i trasporti speciali, si è privilegiato il più possibile l'utilizzo delle strade principali esistenti (statali, provinciali e locali) dove occorrono minori opere per il loro adeguamento al transito dei mezzi

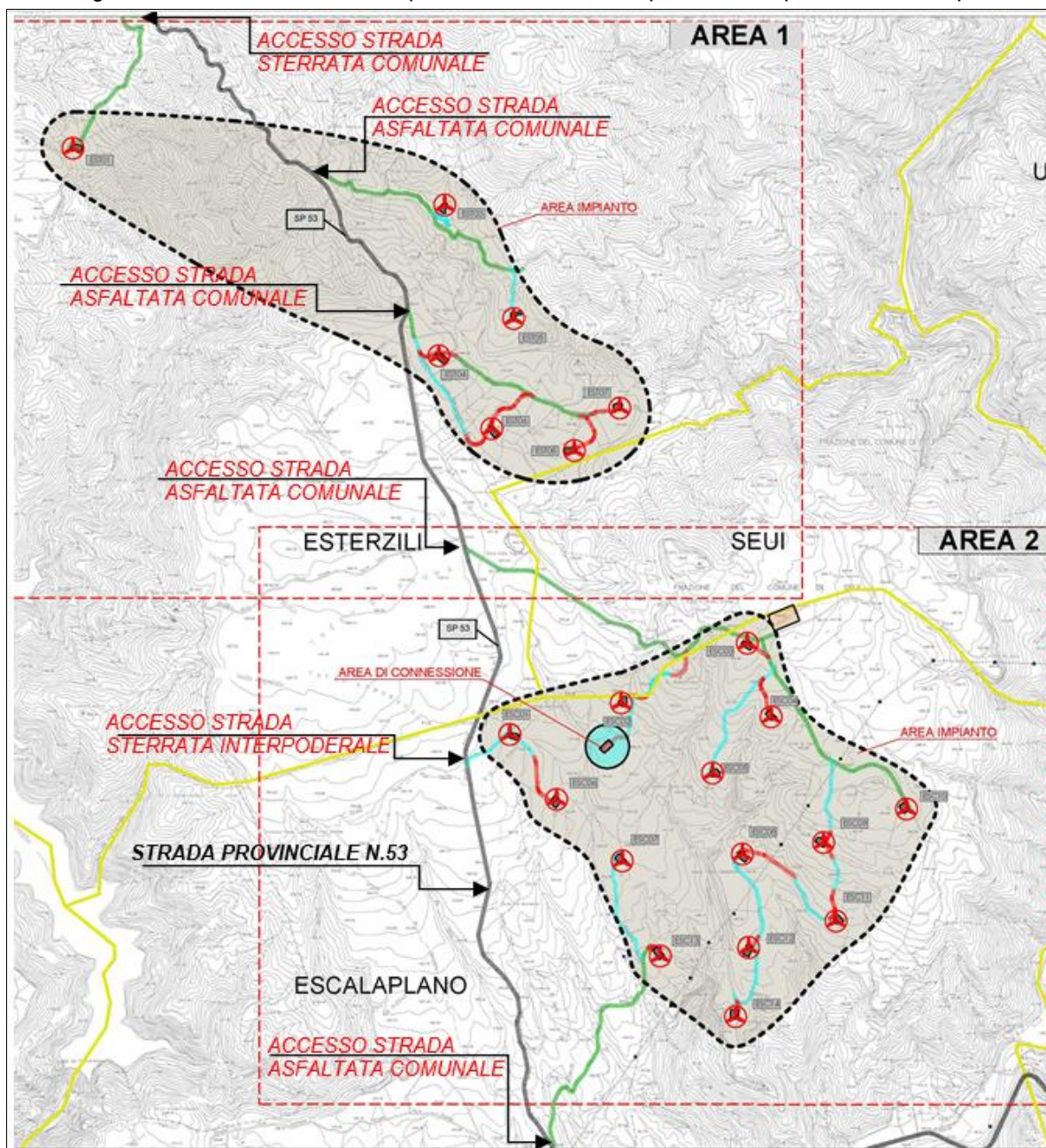
speciali. Le caratteristiche dei tracciati sono sostanzialmente idonee al transito dei mezzi speciali di trasporto a meno di modesti puntuali interventi di adeguamento. Gli interventi temporanei necessari per consentire il transito dei mezzi di trasporto consistono principalmente: in limitati spianamenti temporanei, nella rimozione temporanea di alcuni cartelli di segnaletica stradale, nella rimozione temporanea di alcuni cordoli/barriere stradali, nella rimozione di piccole parti di recinzioni, nell'adeguamento per la carrabilità di alcune rotonde stradali e nella potatura o rimozione di alcuni arbusti dal bordo strada e la rimozione locale di alcuni lampioni di illuminazione stradale e cavi elettrici posti a quote interferenti con i transiti. Oltre agli interventi tipologici elencati, sono stati previsti alcuni accorgimenti per interferire il meno possibile con la viabilità esistente, infatti:

- si prevede l'utilizzo sin dal porto di sbarco del Blade Lifter per il trasporto delle pale e di semirimorchi speciali che consentono la manovrabilità degli automezzi su spazi nettamente ridotti rispetto ai mezzi e rimorchi tradizionali consentendo di fatto una riduzione degli interventi di adeguamento.

Gli interventi descritti nel report comporteranno, nella fase esecutiva, la preventiva acquisizione dei diritti per l'occupazione temporanea di nuove aree e/o il rilascio delle autorizzazioni da parte degli Enti titolari dei vari tratti di viabilità pubblica.

La parte finale del tracciato analizzato nel report raggiunge la SP 53 dalla quale, attraverso sei punti d'accesso, si accede alle strade comunali/vicinali o private interpoderali che permettono il raggiungimento delle piazzole di installazione degli aerogeneratori (Figura 27).

Figura 27 - Tracciati stradali dai punti d'accesso sulla Sp 53 all'area produttiva e alle piazzole



La viabilità comunale e vicinale principale utilizzata è in parte sterrata e in parte bitumata (verde nell'immagine sopra e tavole di progetto AMIST_PC_T002 e T006), si presenta idonea al transito dei mezzi speciali con ordinari interventi di manutenzione quali pulizia laterale, riempimenti temporanei di cunette, potatura di alberi etc. Solo in alcuni punti specifici sono necessari degli interventi di adeguamento per realizzare delle aree di manovra, interventi di

rettifica di alcune curve non idonee o rettifica di tracciato in corrispondenza di due attraversamenti di canali (vedi adeguamenti localizzati n.4 e n.5) nel territorio di Esterzili nella strada d'accesso agli aerogeneratori EST03 e EST05.

La carreggiata stradale prevista in progetto, in accordo con quanto richiesto dai costruttori delle turbine eoliche, ha una larghezza pari a 5.0 m. Sui tratti rettilinei, quando per svariati motivi è necessario ridurre gli interventi sulla viabilità, essa può essere ridotta a 4,5 m.

Per le caratteristiche tecniche per la viabilità ed i requisiti dimensionali specifici si rimanda all'elaborato del progetto civile AMIST_PC_A001.

Una volta concluse le attività di trasporto tutte le opere temporanee, realizzate sulle strade principali (SS, SP e comunali asfaltate), previste nel report di trasporto saranno eliminate con il ripristino delle aree interessate, seguendo le eventuali prescrizioni previste nei titoli autorizzativi che verranno rilasciati dai gestori/proprietari delle arterie stradali.

5.2.2 Viabilità di progetto

Come riportato nel capitolo precedente la viabilità esistente esterna al sito, utilizzata per il trasporto delle componentistiche degli aerogeneratori, consente il raccordo stradale dal porto di approdo in Sardegna sino agli svincoli per le strade comunali e vicinali d'accesso al sito, posti lungo la strada provinciale n.53.

Dalle strade comunali si possono raggiungere facilmente i punti di installazione e le piazzole di montaggio degli aerogeneratori attraverso una rete di strade vicinali sterrate (celeste nell'immagine in Figura 27) e brevi tracciati di strade/piste sterrate nuove (rosso nell'immagine in Figura 27) che consentono, tramite limitati interventi, il raccordo o il collegamento tra la viabilità esistente e le piazzole di progetto.

Nella progettazione della nuova viabilità interna al sito e delle piazzole di montaggio si è cercato, per quanto possibile, di non interessare, se non in maniera minimale, gli alberi e la vegetazione rilevante, ottimizzando piazzola per piazzola, in funzione della vegetazione presente, il punto di installazione, la disposizione delle piazzole e gli spazi necessari alle operazioni di montaggio.

Per questo motivo le torri eoliche sono state collocate in aree in cui la vegetazione autoctona è quasi sempre assente o rada.

La viabilità secondaria di accesso al sito è costituita dalle strade comunali asfaltate e sterrate e dalle strade vicinali esistenti (verde e celeste nell'immagine sotto), consente di raccordarsi alla viabilità di nuova realizzazione costituita da nuove piste sterrate di cantiere per il



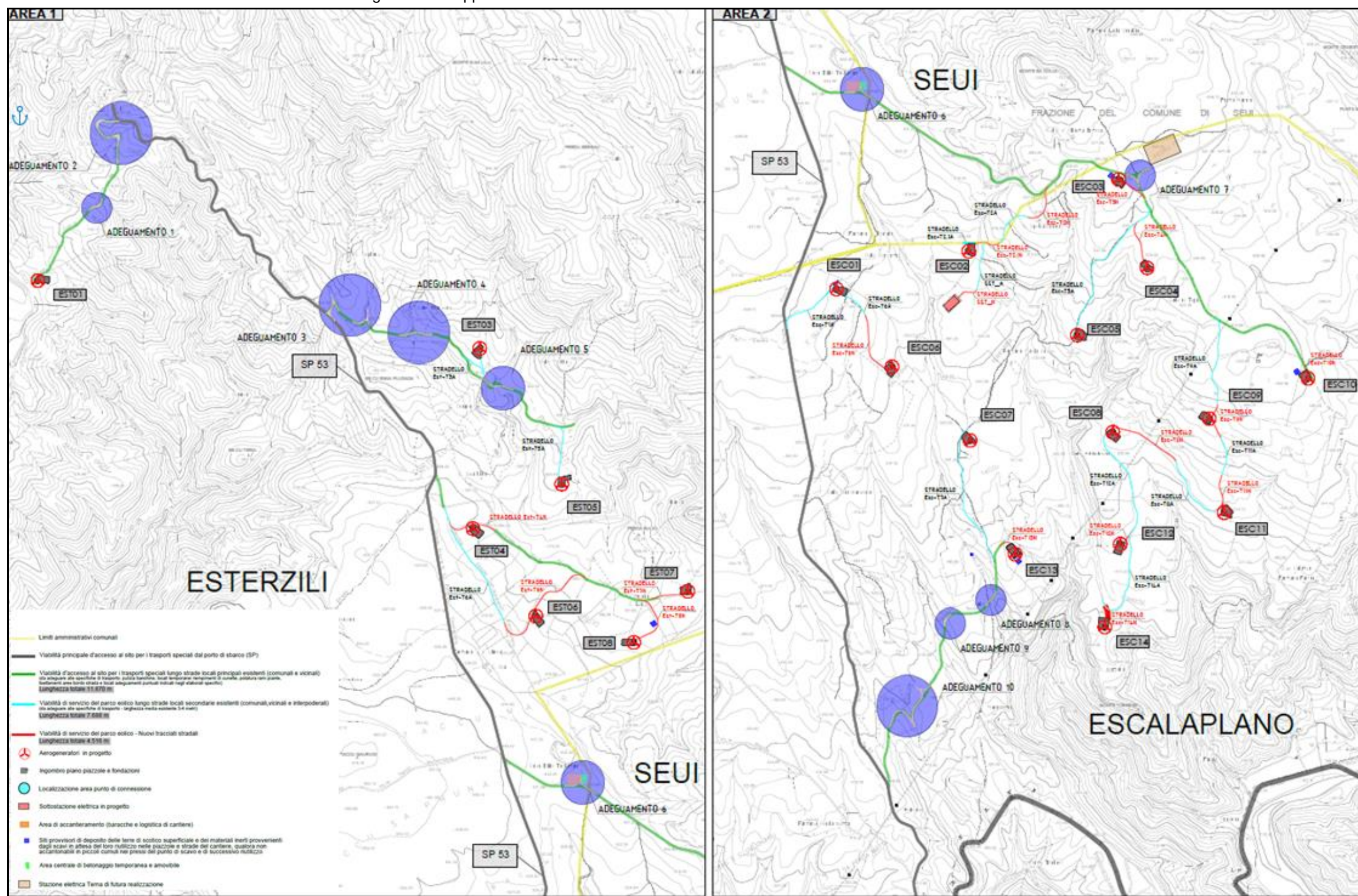
3E Ingegneria S.r.l.



Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (NU). – Gennaio 2023

raggiungimento delle singole postazioni eoliche (vedi elaborati AMIST_PC_T006, AMIST_PC_T006.1b e T006.1c).

Figura 28 – Rappresentazione della viabilità di accesso alle aree di installazione delle turbine.



Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). – Marzo 2023

La viabilità secondaria esistente comunale interessata dai trasporti (verde nell'immagine sopra) ha una lunghezza totale di circa 11,80 km ed è in parte asfaltata e in parte sterrata.

Il tracciato sulla viabilità pubblica, sia asfaltato che sterrato, risulta per lo più già adatto o facilmente adattabile, sia come larghezza della carreggiata stradale sia come raggi di curvatura. Gli interventi riguardano principalmente operazioni di manutenzione: pulizia dei bordi strada, potatura di alcuni alberi e della vegetazione interferente con la sede stradale e le parti di pertinenza, temporanei riempimenti delle cunette laterali nei punti di manovra.

Solo in alcuni punti saranno necessarie delle rettifiche per adeguare localmente il tracciato con deviazioni, aree di manovra esterne alla sede stradale e rettifica temporanea di attraversamenti su corsi d'acqua che richiedono la realizzazione di alcuni brevi tratti *ex novo* (vedi elaborati AMIST_PC_T006.2, _T006.2b e _T006.2c).

Figura 29 - Viabilità secondaria comunale esistente - tratti asfaltati



Figura 30 - Viabilità secondaria comunale esistente - tratti sterrati



Le aree di manovra esterne alla sede stradale proposte in progetto, hanno lo scopo di consentire, tramite inversione di marcia dei mezzi in aree prive di vegetazione, il superamento

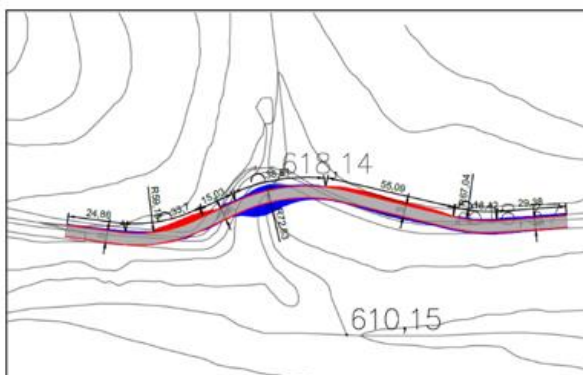
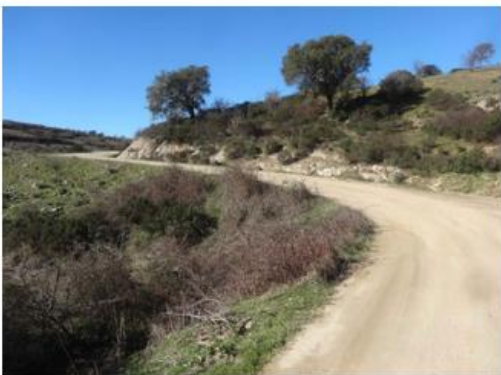
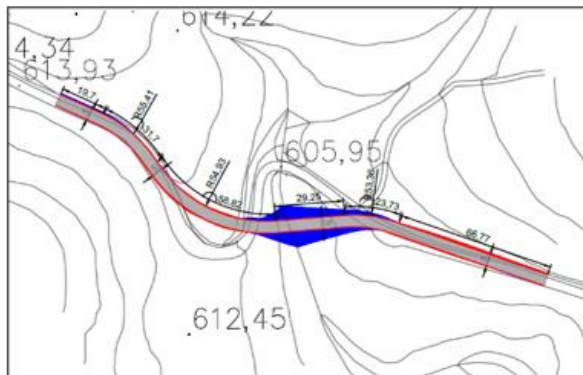
di tratti interessati da curve con stretto raggio senza realizzare impattanti interventi di adeguamento dei raggi di curvatura.

Figura 31 – Planimetria aree di manovra



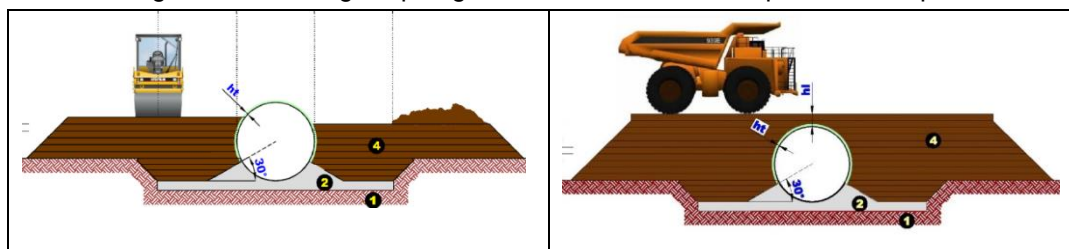
Per la rettifica del tracciato in corrispondenza dell'attraversamento di due canali per l'accesso alle WTG ESC03 e ESC05 caratterizzati da stretti raggi di curvatura si prevede la realizzazione di attraversamenti temporanei costituiti da riporti stradali con interposto un tubo corrugato per garantire l'attraversamento delle acque.

Figura 32 - Planimetria attraversamenti temporanei corsi d'acqua



La realizzazione degli attraversamenti stradali dei corsi d'acqua è previsto tramite l'utilizzo di condotte interrate in lamiera grecata o in tubazione PE a.d. Spiralata, rinfiata e ricoperta con materiale di riporto rollato e compattato come rappresentato nelle immagini tipologiche sottostanti.

Figura 33 – Immagini tipologiche, attraversamenti temporanei d'acqua





Gli adeguamenti localizzati sopra descritti che richiedono nuovi ingombri esterni alla viabilità esistente, avranno carattere esclusivamente temporaneo e saranno rimossi completamente al termine dei lavori, ripristinando la configurazione iniziale dei luoghi.

La viabilità secondaria esistente vicinale e interpoderale di progetto è totalmente sterrata (in celeste nell'immagine della fig.20), è rappresentata nelle immagini della tabella sotto riportata e analizzata negli elaborati di progetto dove i tratti stradali in oggetto sono denominati come: stradello Est-T3A, T5A, T6A e Esc-T1A, T2A, T5A, T6A, T7A, T8A, T9A, T11A, T12A, T14A e per l'accesso alla sottostazione produttore SST_A.

Tali stradelli, considerando sia quelli su tracciati di proprietà pubblica che quelli su fondi di proprietà privata, hanno una lunghezza complessiva di circa 7,68 km (vedi Elaborato AMIST_PC_T006).

Figura 34 – Strade sterrate vicinali e interpoderali esistenti di progetto



Attualmente non tutta la viabilità sterrata, sia privata che pubblica, risulta adeguata al passaggio degli automezzi destinati al trasferimento dei componenti degli aerogeneratori. Per il suo adeguamento verranno previsti alcuni interventi di modesta entità, quali adeguamento della carreggiata e dei raggi di curvatura alle specifiche tecniche, tramite minimi interventi di scavo e riporto, sistemazione e livellamento del fondo stradale, risagomatura del piano stradale mediante livellatrice grader e ricarica di materiale inerte per il piano carrabile, oltre ad operazioni di manutenzione quali pulizia dei bordi strada, potatura di alcuni alberi e temporanei riempimenti di cunette laterali e sistemazione idraulica.

I lavori sulla viabilità comprendono quindi anche la realizzazione di opere accessorie quali cunette, attraversamenti stradali, cavalca fossi e tombini, necessari per assicurare una corretta regimazione delle acque superficiali in corrispondenza dei tracciati stradali.

Una parte degli interventi sulla viabilità sarà di tipo permanente in quanto, anche dopo il termine delle operazioni di montaggio, sarà utilizzata dai mezzi ordinari utilizzati per la manutenzione del parco; la viabilità restante, resasi necessaria per adeguare parti di tracciato al solo transito dei mezzi speciali nella fase di installazione, verrà ridotta e in gran parte riconformata secondo gli usi precedenti.

Solo in brevi tratti il tracciato esistente presenta una pendenza di progetto di poco maggiore del 14%, per renderlo idoneo al transito dei mezzi eccezionali sarà necessario qualora richiesto nella fase esecutiva un fondo stradale ad aderenza migliorata realizzato con un getto di cementato oppure rivestito con pavimentazione ecologica. Tale circostanza si verifica nel tracciato Esc-T9A e Esc-T11A. La pavimentazione ecologica sarà costituita da una miscela di inerti, cemento, acqua, opportuni additivi e specifici pigmenti atti a conferire al piano stradale una colorazione il più possibile naturale e coerente con il contesto.

Globalmente i tracciati stradali sopra descritti sono attraversati in più punti da linee elettriche aeree in media e bassa tensione che non impediscono la transitabilità delle strade, in fase esecutiva, occorrerà verificare puntualmente con il supporto della ditta deputata alla realizzazione dei trasporti se, in funzione dei mezzi realmente utilizzati, alcune di tali linee risultassero effettivamente di intralcio. Qualora in qualche caso risultasse necessario intervenire, occorrerà posare a terra o innalzare i cavi per poi ripristinarli al termine del trasporto.

Figura 35 - Potenziali interferenze per linee elettriche sui tracciati per le wtg ESC10 e ESC13.





Lungo i tracciati rurali si trovano diversi appezzamenti di terreno e spesso si riscontra la presenza laterale di recinzioni e delimitazioni che, soprattutto in corrispondenza degli incroci o delle curve più accentuate, potrebbero ostacolare alcune manovre dei mezzi più ingombranti, qualora risultasse necessario intervenire e rimuovere i manufatti interferenti si procederà al loro ripristino, come nello stato pre intervento o come diversamente concordato con i proprietari dei fondi, al termine del trasporto.

Viabilità di nuova realizzazione

La viabilità di nuova realizzazione, necessaria per il completamento della viabilità di progetto, è costituita da alcuni tratti di stradelli sterrati da realizzare ex novo (in rosso nell'immagine della Figura 28) che hanno una lunghezza complessiva di circa 4,51 km (vedi elaborato AMIST_PC_T006), tali tratti hanno la funzione di consentire l'accesso alle aree di piazzola dalla viabilità esistente. Negli elaborati di progetto sono indicati come: stradello Est-T4N, T6N, T7N, T8N e Esc-T2N, T3N, T4N, T6N, T8N, T9N, T10N, T11N, T12N, T14N, per l'accesso alla sottostazione produttore SST_N.

La nuova viabilità verrà dimensionata tenendo conto degli ingombri dei mezzi di trasporto per i componenti degli aerogeneratori e quindi delle specifiche tecniche richieste dai produttori e trasportatori.

Una parte degli interventi sulla viabilità sarà di tipo permanente, in quanto anche dopo il termine delle operazioni di montaggio sarà utilizzata dai mezzi ordinari per la manutenzione del parco. Solo con la dismissione dell'impianto potranno essere rimossi e ripristinato lo stato antecedente.

Anche per tali tracciati la pendenza è sempre molto bassa e il fondo carrabile sarà di tipo sterrato, solo in piccoli tratti nei tracciati Esc-T2.1N, Esc-T9N e Esc-T11N qualora necessario nella fase esecutiva, si provvederà alla realizzazione di un fondo stradale ad aderenza migliorata realizzato con un getto di cementato oppure rivestito con pavimentazione ecologica. La pavimentazione ecologica sarà costituita da una miscela di inerti, cemento, acqua, opportuni additivi e specifici pigmenti atti a conferire al piano stradale una colorazione il più possibile naturale e coerente con il contesto.

Nell'area interessata dal progetto non si rileva la presenza di muretti a secco interferenti con i tracciati, in alcuni casi si è riscontrata la presenza di recinzioni metalliche e cancelli utilizzati per la perimetrazione delle proprietà rurali e dei fondi destinati alle attività di pascolo. Tali manufatti, se interferenti con le attività di cantiere, verranno rimossi e successivamente ripristinati a fine lavori secondo le caratteristiche iniziali.

Entità degli interventi sulla viabilità secondaria sterrata esistente e di nuova realizzazione

Naturalmente non tutta la viabilità esistente è attualmente adeguata al passaggio degli automezzi destinati al trasferimento dei componenti degli aerogeneratori e a tal fine verranno apportati alcuni interventi temporanei di modesta entità per l'adeguamento dei raggi di curvatura. Le strade di penetrazione agraria, che presentano una larghezza media che varia da 3,00 a 4,50 m, possono essere rese idonee al trasporto tramite la pulizia e livellamento dei bordi strada e ridotti movimenti di terreno. Nell'adeguamento, la carreggiata verrà portata fino ad una larghezza di 5 m, occupando complessivamente nuove aree per 11.532 m². La maggior parte di tali aree si presentano già prive di vegetazione di pregio e manufatti di particolare rilevanza, non costituiscono quindi particolari pesi ambientali. Gli adeguamenti richiederanno necessariamente l'eliminazione di arbusti e cespugli, nel caso in cui si trattasse di specie di rilievo, dovrà essere attuato quanto previsto nelle relazioni allegate allo studio di impatto ambientale relativamente alle mitigazioni e i ripristini ambientali, qualora possibile potranno essere rimosse per poi essere parzialmente reimpiantate in aree circostanti.

Anche la viabilità di nuova realizzazione necessaria per il raggiungimento delle singole turbine (vedi Elaborato AMIST_PC_T006) dovrà avere ad opere ultimate una larghezza di carreggiata pari a 5 m e la loro realizzazione richiede l'occupazione di nuove aree per 22.530 m².

Secondo quanto riportato negli elaborati grafici, la superficie attualmente occupata dai percorsi sterrati esistenti interessati dai trasporti adeguati e non, è di 26.908 m², mentre la superficie complessiva occupata a fine lavori comprendendo anche gli ampliamenti dell'esistente e i tracciati ex novo sarà di 60.970 m², ne discende che le nuove aree occupate per la realizzazione della viabilità complessiva è di 34.062 m².

Gli interventi sulla viabilità consistono globalmente nella realizzazione di modesti scavi e riporti necessari per il livellamento della sede stradale, nella realizzazione del sottofondo e delle ordinarie opere di regimazione idraulica (cunette, cavalca fossi e attraversamenti stradali). In corrispondenza degli allargamenti dove le strade interferiscono con manufatti per l'attraversamento idraulico si provvederà al prolungamento dei manufatti e dei tubolari esistenti per garantire la continuità al deflusso delle acque, tali opere di carattere temporaneo potranno essere facilmente rimosse al termine dei lavori.

Gli interventi sopra descritti sono stati illustrati ed analizzati in forma fotografica, planimetrica ed altimetrica nelle tavole progettuali (vedi tavole AMIST_PC_T006.1a-b-c, AMIST_PC_T006.2a-b-c, AMIST_PC_T006.3a-b-c-d-e-f-g-h-i-l-m-n, AMIST_PC_T006.4a-b-c). Sono stati valutati e quantificati i movimenti di terra necessari per scavi e riporti, bilanciandoli quanto più possibile, in modo da gestire in maniera opportuna le terre e rocce da scavo e allo stesso tempo limitare i costi di realizzazione. Nell'esecuzione dell'opera si farà in modo che la terra scavata venga riutilizzata il più possibile in prossimità del punto di scavo riducendo così i trasporti totali con autocarri.

In questa fase progettuale la valutazione delle lavorazioni necessarie alla realizzazione dell'opera è stata effettuata in base alle informazioni cartografiche riportate nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, alle immagini aeree e ai sopralluoghi in campo. Per l'elaborazione degli interventi relativi alla viabilità di progetto interna all'area produttiva e per le piazzole, si è acquisito un DTM derivato da base altimetrica in scala 1:5000 derivante da rilievi aerei. Tuttavia, è evidente che prima della fase realizzativa si debba procedere a ulteriori rilievi sul campo per una definizione esecutiva degli interventi.

5.3 Fondazioni aerogeneratori

Le fondazioni in calcestruzzo armato poste alla base di ciascuna torre eolica scaricano nel terreno il peso proprio e quello del carico di vento trasmesso dall'aerogeneratore. Ad opera ultimata la fondazione risulterà totalmente interrata ad una profondità di un metro ad eccezione

della parte stretta superiore denominata “colletto” o “sopralzo”. L’interramento della fondazione in C.A. avverrà con l’utilizzo della terra proveniente dagli scavi opportunamente rullata e compattata. Sulla superficie della terra verrà disposto uno strato di ghiaietto che ne permetterà il drenaggio superficiale e quindi la carrabilità.

Le fondazioni saranno realizzate ipotizzando un calcestruzzo avente classe di resistenza C50/60 N/mm², in funzione delle specifiche tipologiche del costruttore e come indicato nella relazione di calcolo preliminare e negli elaborati di progetto (vedi AMIST_PC_A009 e AMIST_PC_T007). La tipologia e classe di resistenza del cls potrà variare in fase di progettazione esecutiva e potrà prevedere due diverse classi di resistenza, una per il getto della prima fase (piastra) e una maggiore per il getto della seconda (sopralzo). Il getto della fondazione verrà realizzato su uno strato di pulizia costituito da un magrone in calcestruzzo con classe di resistenza C16/20 N/mm² dello spessore di 10 cm. Le armature saranno costituite da acciaio ad aderenza migliorata B450C.

Figura 36- Pianta della fondazione degli aerogeneratori.

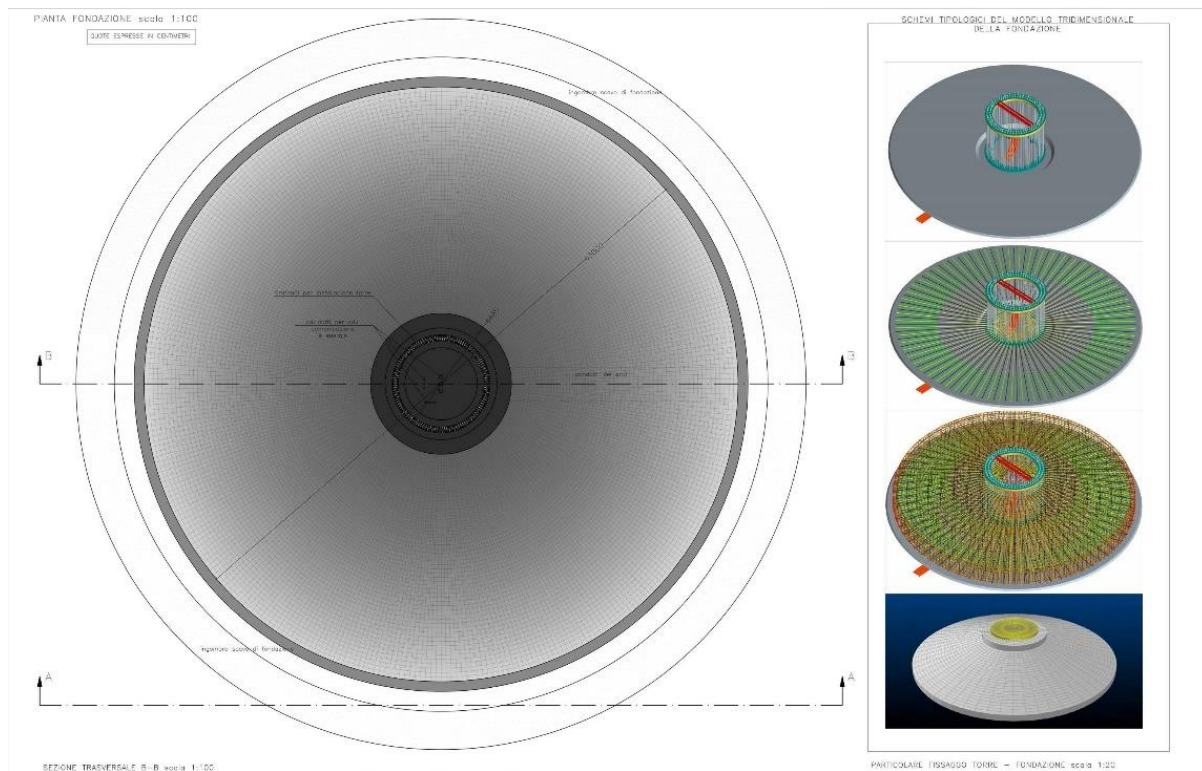
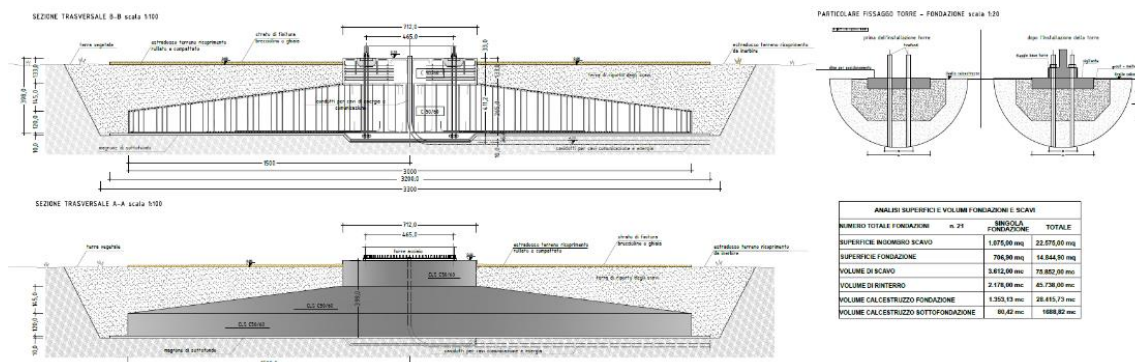


Figura 37 – Sezione della fondazione degli aerogeneratori.



La fondazione per queste tipologie di installazioni può avere diverse forme e modalità di realizzazione. Nel caso specifico si è deciso di avvalersi di una fondazione a base circolare ed è stato previsto un plinto a base circolare in cemento armato del diametro di 30 m, con altezza massima di circa 4,44 m (3,98 m + 0,36 m nella parte centrale + 0,1 m magrone), posato ad una profondità massima di 4,11 m circa dal piano campagna e sporgente circa 33 cm da terra.

Il plinto di fondazione è composto, al netto dell'approfondimento centrale di posa dell'Anchor Cage e del magrone di fondazione, da una parte inferiore cilindrica (h = 1,20 m), una intermedia troncoconica (h = 1,45 m), ed una superiore cilindrica di altezza 1,33 m (sopralzo o colletto) che sporge dal piano di campagna di circa 33 cm.

Il sistema di connessione torre-fondazione è costituito da un doppio anello da 120 tirafondi ciascuno ad alta resistenza, collegati inferiormente con una flangia circolare annegata nel calcestruzzo della fondazione e superiormente collegati a quella del primo concio della torre.

Il colletto terminale alto 1,33 m permetterà di mantenere una sporgenza da terra di 33 cm e allo stesso tempo di mantenere il grosso della fondazione interrato di 1 m sotto il piano di campagna. Tale geometria consentirà, a fine vita in fase di dismissione, con semplici e minime operazioni di demolizione del solo sopralzo, di ottenere, come richiesto nel documento "Studio per l'individuazione delle aree in cui ubicare gli impianti eolici (art.112 delle NTA PPR-art.18, comma 1 della L.R. 29 maggio 2007, n.2), un annegamento della struttura in calcestruzzo residua di almeno un metro sotto il profilo del suolo.

Per la realizzazione del plinto di fondazione sarà effettuato uno scavo di profondità pari a 3,75 m rispetto al piano di campagna, accresciuto nella parte centrale di ulteriori 36 cm per una profondità totale di 4,11 m. La superficie di ingombro della fondazione è pari a 707 m². Per il dimensionamento si è ipotizzato un aerogeneratore della potenza di 6,2 MW avente un'altezza massima del mozzo di 125 m dal piano di campagna e un diametro massimo del rotore di 162

m. In fase di progettazione esecutiva dovranno essere chiaramente considerati i dati tecnici esatti forniti dalla casa costruttrice per la specifica turbina da installare; infatti, il tempo intercorrente tra il periodo di progettazione e di installazione può portare a sensibili variazioni ed evoluzioni tecnologiche delle tipologie di aerogeneratori disponibili sul mercato.

Figura 38 – Fasi di realizzazione delle fondazioni



Sulla base delle risultanze delle indagini geologiche e delle prove atte a valutare complessivamente l'area di installazione del parco eolico, eseguite nei punti individuati come più rappresentativi, si è provveduto alla definizione delle dimensioni delle fondazioni considerando tuttavia il carico ammissibile del terreno più cautelativo e mantenendo in tale fase un dimensionamento ampiamente verificato in maniera tale che i calcoli esecutivi possano restituire fondazioni di dimensioni al massimo più contenute.

I calcoli statici ed il conseguente dimensionamento della struttura di fondazione saranno comunque condizionati, nella fase esecutiva, dallo studio puntuale e dalle indagini finalizzate

all'esatta definizione delle caratteristiche geomeccaniche del sito di installazione di ogni singolo aerogeneratore, le dimensioni del basamento potranno variare ma saranno sicuramente ridotte rispetto a quelle proposte in progetto.

La quantità totale di cls necessaria per ciascuna fondazione sarà di circa 1.353,13 m³, perciò saranno necessari un numero di autobetoniere pari a circa 150. Nella fondazione verranno alloggiare anche le tubazioni in corrugato a doppia parete e le corde di rame per i collegamenti della messa terra.

Alla fine delle lavorazioni i basamenti dovranno risultare totalmente interrati e l'unica parte che dovrà emergere, per circa 33 cm, sarà il colletto in calcestruzzo che ingloba la ghiera superiore, alla quale andrà fissato il primo elemento tubolare della torre.

5.4 Piazzole di montaggio

Durante la realizzazione del parco eolico in prossimità di ciascun aerogeneratore verrà realizzata una apposita piazzola di montaggio. Le dimensioni dell'area saranno tali da consentire le manovre di scarico dei componenti dai mezzi di trasporto, il loro temporaneo stoccaggio, il posizionamento della gru principale di sollevamento e montaggio e il posizionamento della gru ausiliaria. Le piazzole dovranno avere una superficie piana o con pendenza minima di dimensioni tali da contenere tutti i mezzi e le apparecchiature, garantendo ai mezzi all'interno di essa buona libertà di movimento (vedi Elaborato AMIST_PC_T008). È da evidenziare che per ridurre le superfici di stoccaggio delle piazzole e limitare il più possibile gli interventi di trasformazione dei luoghi, per alcuni elementi del tronco della torre, nello specifico per il primo e il secondo, si è previsto il montaggio diretto sulla fondazione riducendo la necessità di stoccaggio a soli quattro elementi.

Non tutti i componenti costituenti la turbina necessitano per il loro stoccaggio di una superficie livellata, scarificata e compattata come quella della piazzola; infatti, per il deposito delle pale è sufficiente garantire solo due punti di appoggio per tutta la loro lunghezza in modo da potervi deporre le "selle" che le accolgono. La superficie occupata da ogni singola pala dovrà essere priva di alberi e ostacoli alti e dovrà avere una pendenza limitata. Qualora per la presenza di ostacoli non eliminabili non sia possibile l'affiancamento delle tre pale si può prevedere uno stoccaggio separato, con la sola discriminante rappresentata dalla posizione della gru principale che deve necessariamente arrivare in maniera agevole al punto di carico e sollevamento. A tal proposito occorre precisare che le indicazioni sul posizionamento delle pale, riportato negli

schemi di progetto, potrebbero in fase esecutiva, subire delle leggere variazioni nell'ottica di ottimizzare le manovre e gli ingombri rispetto alle aree circostanti.

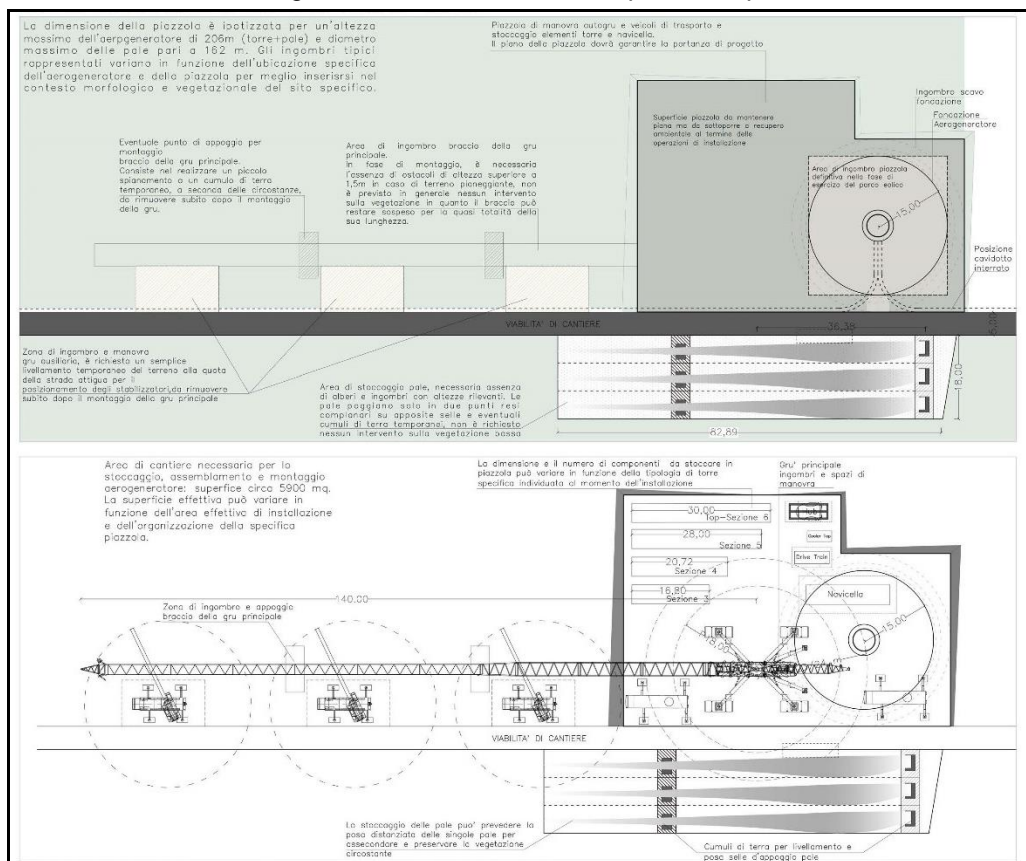
Figura 39 – Esempi di stoccaggio delle pale.



Le piazzole devono rispettare specifici requisiti dimensionali richiesti dalle società che producono e installano turbine eoliche e dalle società che effettuano i trasporti speciali e i montaggi. Infatti, proprio in funzione delle specifiche turbine da installare e dei mezzi che si utilizzeranno per trasporti e montaggi, si potrebbero avere sensibili variazioni dimensionali dei mezzi d'opera e degli spazi di manovra. Il luogo d'appoggio maggiormente sollecitato deve essere generalmente strutturato in modo tale da avere una reazione d'appoggio per la gru superiore a 20t/m². Gli ingombri massimi di queste aree pianeggianti sono stati fissati in sede di progetto in circa 3292/4363 mq a seconda del tipo di piazzola prevista (vedi Elaborati AMIST_PC_T008, AMIST_PC_T008.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 8.9, 8.10, 8.11), per un totale di 80.402 mq. In aggiunta a questi spazi occorre considerare la superficie della strada che fiancheggia la piazzola dove in fase di montaggio sosterranno i mezzi di trasporto per lo scarico dei componenti della torre. L'area totale di ingombro durante la fase di installazione varierà in funzione della metodologia di montaggio del braccio della gru principale e dei componenti dell'aerogeneratore da stoccare a terra, nonché delle modalità di stoccaggio delle pale, dei conci della torre e dei componenti della navicella prima del sollevamento. Per tali

ragioni, la superficie di ingombro globale (che non dovrà essere interamente sistemata come l'area di montaggio) sarà di circa 5.900-7.063 m² per piazzola a seconda della distribuzione planimetrica.

Figura 40 - Schematizzazione piazzola tipo



Gli spazi per il montaggio del braccio della gru principale non richiedono interventi sul terreno dovendo essere semplicemente garantita la libertà spaziale lungo il braccio della gru (lungo tutta la sua estensione non dovranno esserci alberi o ingombri più alti di 1,5-1,8 m). Dovranno essere assicurati uno o due punti intermedi di appoggio solo qualora l'orografia del terreno non ne presenti già di idonei. Le aree richieste per le gru ausiliarie di supporto alle operazioni di montaggio del braccio della gru principale non richiedono interventi particolari sul terreno, dovranno semplicemente essere livellate alla quota della strada adiacente, presentare una modesta pendenza ed essere libere da ostacoli per permettere lo stazionamento della gru e il posizionamento degli stabilizzatori. Se la strada d'accesso alla piazzola lo permette, le gru ausiliare deputate al montaggio del braccio della gru principale, potranno essere stabilizzate lungo la strada stessa.

Figura 41 – Spazi per il montaggio delle gru principale



L'area attorno all'aerogeneratore, ad installazione ultimata, per una superficie pari a quella di proiezione della fondazione (circa 900 mq pari ad un quadrato di 30x30 m) e l'area dello stradello d'accesso alla torre, dovranno rimanere carrabili per permettere l'ordinaria manutenzione degli aerogeneratori. La restante area della piazzola verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro e dotata di opportuni arginelli. La piazzola anche nella sua configurazione finale dovrebbe mantenere le dimensioni della piazzola di cantiere in modo da consentire le operazioni di manutenzione straordinaria esterne all'aerogeneratore durante tutta la fase di esercizio dell'impianto. Qualora per qualche piazzola venisse prescritta, dagli enti deputati al rilascio dei titoli abilitativi, la riconfigurazione dei luoghi secondo lo stato ante opera, si procederà alla rimozione della parte esterna a quella sopra descritta necessaria per l'accesso alla torre. Come ormai rilevato dall'esperienza consolidata negli anni di gestione dei parchi eolici, la vegetazione autoctona dopo pochi anni è in grado di ricolonizzare le aree utilizzate in fase di cantiere grazie alla stesura dello strato di terra vegetale proveniente dallo scotico superficiale preliminare. Se si dovesse riconformare e ridurre la piazzola alle dimensioni minime necessarie per la sola gestione ordinaria del parco, alla prima necessità di intervento di manutenzione straordinaria (quasi sempre necessario nell'arco di vita dell'impianto eolico come, ad esempio, la sostituzione di parti meccaniche o elettromeccaniche) occorrerebbe riconformare la piazzola originaria e vanificare totalmente il reinsediamento della vegetazione avvenuto negli anni passati.

Per cercare di minimizzare i movimenti di scavi e riporti si è cercato, in fase di definizione del layout di progetto e sopralluoghi in campo, di posizionare le piazzole in aree pianeggianti o sub-pianeggianti o con pendenze lievi e comunque non superiori al 15%, pur rispettando i limiti di

distanza tra un aerogeneratore e l'altro e le vincolistiche specifiche nei punti individuati per l'installazione della torre degli aerogeneratori.

La sistemazione superficiale della piazzola sarà conclusa con le operazioni di compattazione e la stesura di materiale vagliato, brecciolino o ghiaia non sdruciolevole, per uno spessore di 20-30 cm. Solo alla fine delle installazioni si provvederà alla stesa di uno strato di circa 15 cm di terra vegetale nella parte eccedente l'area quadrata di 30 m di lato attorno alla base della torre. La terra vegetale ha lo scopo di permettere il reinsediamento della vegetazione spontanea erbacea e arbustiva. Per favorire una più veloce rinaturalizzazione delle aree potrà prevedersi la semina di essenze erbacee o arbustive in funzione di quanto previsto negli studi ambientali allegati.

Figura 42 – Operazioni di realizzazione della piazzola e sistemazione finale



Come per le strade, anche per gli spazi adibiti a scarico e montaggio è necessario che l'acqua sia sempre drenata e che non ristagni sul piazzale. L'acqua deve essere incanalata in un punto di raccolta ed eliminata attraverso le pendenze di sistemazione e attraverso gli arginelli perimetrali, realizzati in corrispondenza della linea di incontro tra piazzale e scavo.

5.5 Analisi degli interventi previsti per la realizzazione delle singole piazzole

Di seguito si riporta una analisi globale degli interventi che verranno eseguiti per la realizzazione delle singole piazzole in progetto, per un'analisi più puntuale si rimanda agli elaborati di progetto (AMIST_PC_T008.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 8.9, 8.10, 8.11) mentre per gli aspetti ambientali alle relazioni specialistiche facenti parte dello SIA.

Piazzola aerogeneratore ESC01

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una leggera pendenza in direzione est, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 578,50 e 585,50 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante una strada interpodereale sterrata esistente. L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dall'assenza di vegetazione autoctona. La quota di progetto della piazzola è 582,30 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3658 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 1228 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2430 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.1).

Nell'area occupata dalla piazzola è presente un palo della linea elettrica locale in bassa tensione che dovrà essere rimosso e la linea deviata dalla zona di interferenza con la piazzola o interrata lungo la vicina strada sterrata.

Figura 43 - Area di intervento per la Piazzola ESC01



Figura 44 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC01



Piazzola aerogeneratore ESC02

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una leggera pendenza in direzione sud, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 579,00 e 583,50 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante una strada interpoderale sterrata esistente. L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dall'assenza di vegetazione autoctona. La quota di progetto della piazzola è 581,80 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3965 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 982 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2983 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

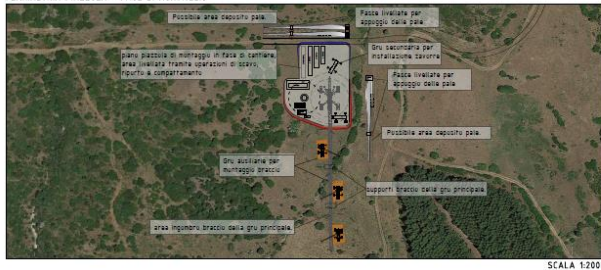
L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.1).

Figura 45 - Area di intervento per la Piazzola ESC02



Figura 46 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC02

PLANIMETRIA PIAZZOLA - FASE DI MONTAGGIO



PLANIMETRIA PIAZZOLA - FASE DI ESERCIZIO



Piazzola aerogeneratore ESC03

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una leggera pendenza in direzione sud-ovest, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 669,50 e 671,50 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante un breve tratto di stradello di nuova realizzazione che congiunge alla vicina strada sterrata esistente.

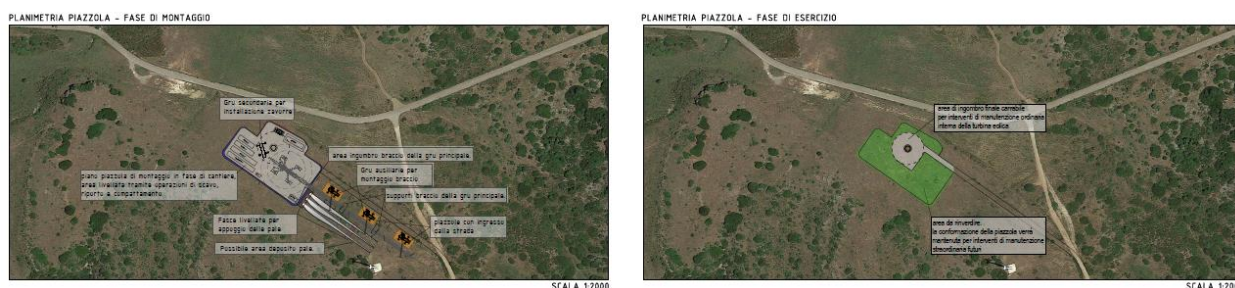
L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dall'assenza di vegetazione autoctona. La quota di progetto della piazzola è 670,95 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3891 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 939 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2952 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdire, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.2).

Figura 47 - Area di intervento per la Piazzola ESC03



Figura 48 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC03



Piazzola aerogeneratore ESC04

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una leggera pendenza in direzione sud, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 631,50 e 636,00 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante un tratto di stradello di nuova realizzazione che congiunge alla vicina strada sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di vegetazione rada e bassa con la prevalenza di cespugli. La quota di progetto della piazzola è 634,00 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3293 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 1020 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2273 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdata, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.2).

Figura 49 - Area di intervento per la Piazzola ESC04



Figura 50 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC04



Piazzola aerogeneratore ESC5

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una moderata pendenza in direzione sud, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 579,50 e 586,50 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante una strada interpodereale sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di vegetazione rada e bassa con la prevalenza di cespugli. La quota di progetto della piazzola è 583,20 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3925 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 750 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 3175 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.3).

Figura 51 - Area di intervento per la Piazzola ESC05

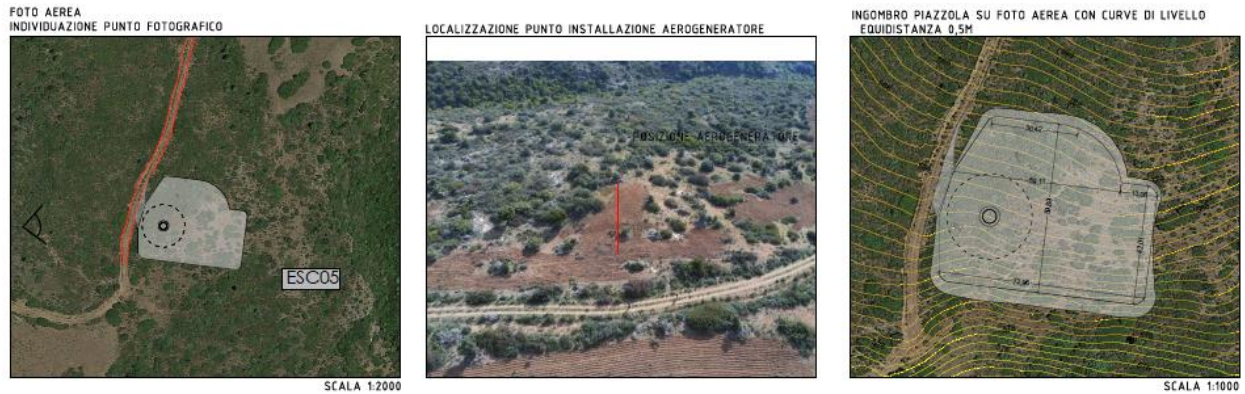
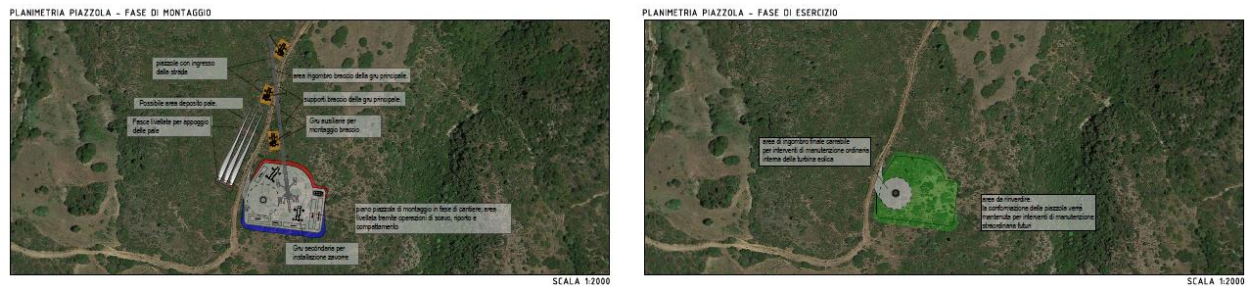


Figura 52 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC05



Piazzola aerogeneratore ESC06

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una moderata pendenza in direzione sud-est, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 547,00 e 553,00 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante un breve tratto di stradello di nuova realizzazione che congiunge alla vicina strada sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di vegetazione bassa con la prevalenza di cespugli. La quota di progetto della piazzola è 550,70 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3768 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 973 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2795 mq, pur mantenendo la sua

dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.3).

Figura 53 - Area di intervento per la Piazzola ESC06

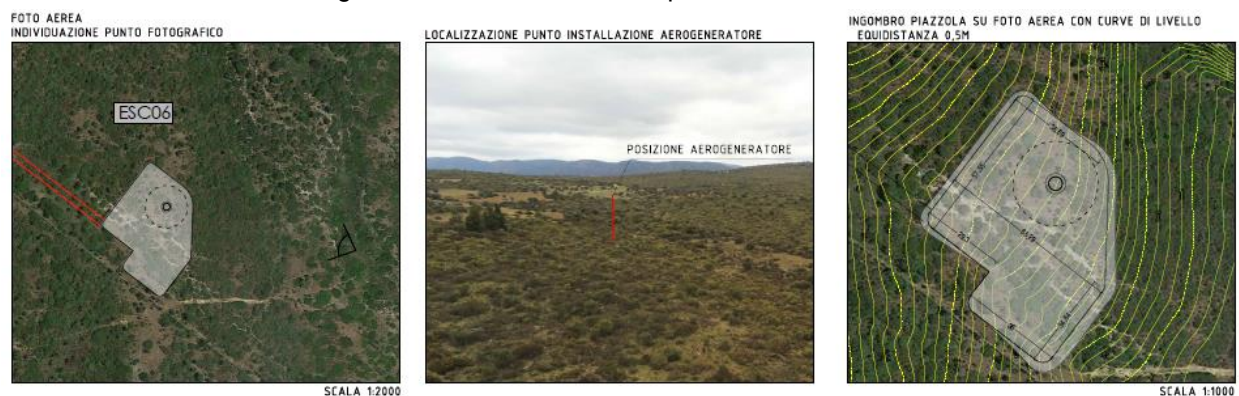
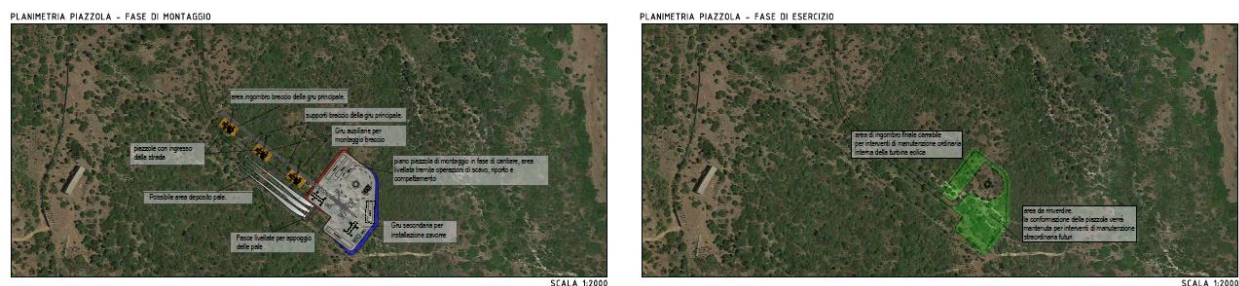


Figura 54 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC06



Piazzola aerogeneratore ESC07

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una leggera pendenza in direzione sud-est, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 521,50 e 525,00 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante un breve tratto di stradello di nuova realizzazione che congiunge alla vicina strada sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di vegetazione molto rada e bassa con la prevalenza di cespugli. La quota di progetto della piazzola è 524,40 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3997 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno

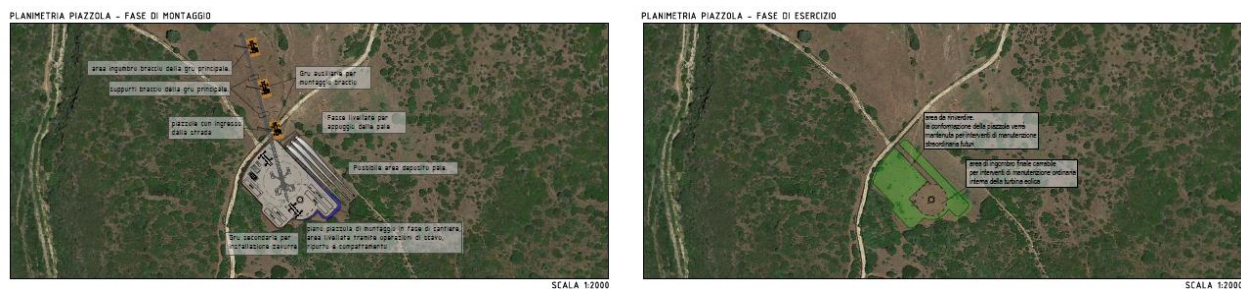
all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 1020 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2977 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.4).

Figura 55 - Area di intervento per la Piazzola ESC07



Figura 56 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC07



Piazzola aerogeneratore ESC08

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una moderata pendenza in direzione sud-ovest, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 515,00 e 520,50 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante un tratto di stradello di nuova realizzazione che congiunge alla vicina strada sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di vegetazione molto rada e bassa con la prevalenza di cespugli. La quota di progetto della piazzola è 518,05 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3755 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno

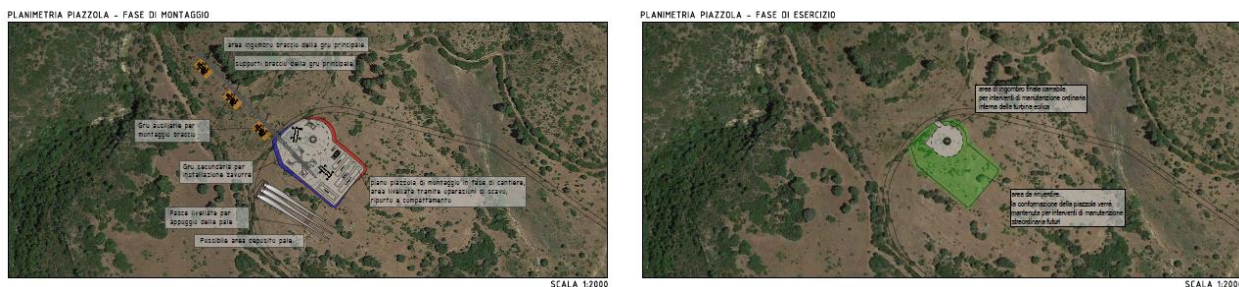
all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 794 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2961 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.4).

Figura 57 - Area di intervento per la Piazzola ESC08



Figura 58 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC08



Piazzola aerogeneratore ESC09

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una moderata pendenza in direzione sud-ovest, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 576,50 e 583,50 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante un breve tratto di stradello di nuova realizzazione che congiunge alla vicina strada sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di vegetazione bassa con la prevalenza di cespugli con la presenza di alcuni alberi perimetrali. La quota di progetto

della piazzola è 580,80 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3700 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 872 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2828 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.5).

Figura 59 - Area di intervento per la Piazzola ESC09



Figura 60 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC09



Piazzola aerogeneratore ESC10

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una leggera pendenza in direzione est, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 601,50 e 605,50 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante una strada vicinale sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dall'assenza di vegetazione autoctona

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (NU). – Gennaio 2023

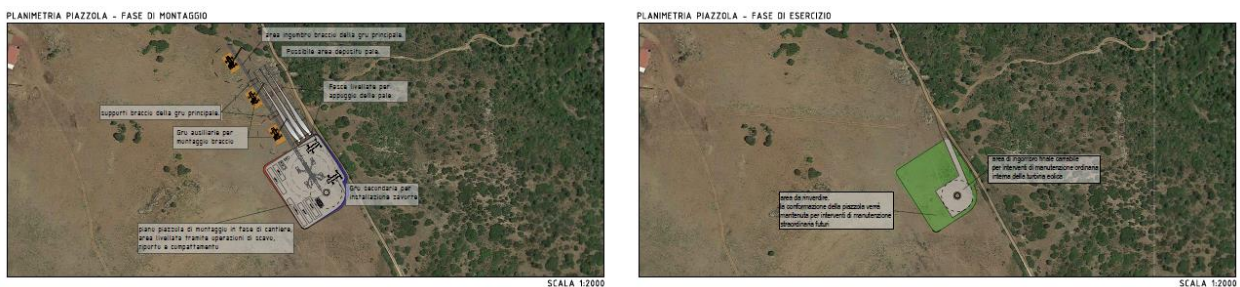
La quota di progetto della piazzola è 603,70 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 4055 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 1048 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 3007 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.5).

Figura 61 – Area di intervento per la Piazzola ESC10



Figura 62 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC10



Piazzola aerogeneratore ESC11

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (NU) - Gennaio 2023

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una moderata pendenza in direzione sud-ovest, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 510,50 e 517,00 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante una strada vicinale sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di vegetazione rada e bassa con la prevalenza di cespugli e con la presenza di alcuni alberi perimetrali.

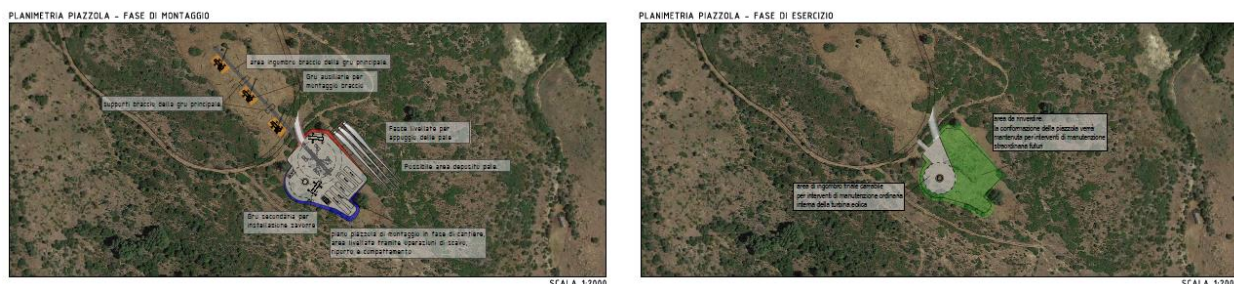
La quota di progetto della piazzola è 514,00 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3878 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 1089 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2789 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.6).

Figura 63 - Area di intervento per la Piazzola ESC11



Figura 64 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC11



Piazzola aerogeneratore ESC12

Piazzola aerogeneratore ESC13

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una moderata pendenza in direzione est e sud-est, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 482,50 e 488,00 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante un breve tratto di stradello di nuova realizzazione che congiunge alla vicina strada sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dall'assenza di vegetazione autoctona.

La quota di progetto della piazzola è 485,65 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 4176 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 1278 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2898 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.7).

Figura 67 - Area di intervento per la Piazzola ESC13



Figura 68 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC13



Piazzola aerogeneratore ESC14

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una moderata pendenza in direzione ovest e sud-ovest, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 450,50 e 458,50 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante un breve tratto di stradello di nuova realizzazione che congiunge alla vicina strada sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dall'assenza di vegetazione autoctona.

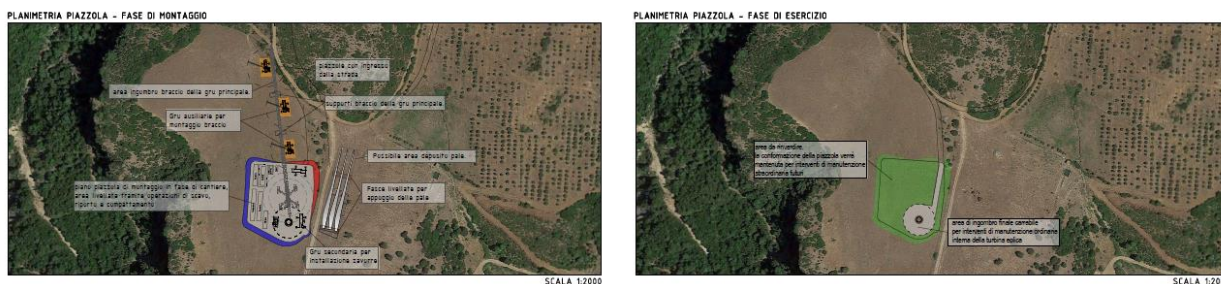
La quota di progetto della piazzola è 454,25 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 4164 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 962 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 3202 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.7).

Figura 69 - Area di intervento per la Piazzola ESC14



Figura 70 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola ESC14



Piazzola aerogeneratore EST01

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una moderata pendenza in direzione nord-est, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 680,50 e 687,00 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante una strada vicinale sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dall'assenza di vegetazione autoctona.

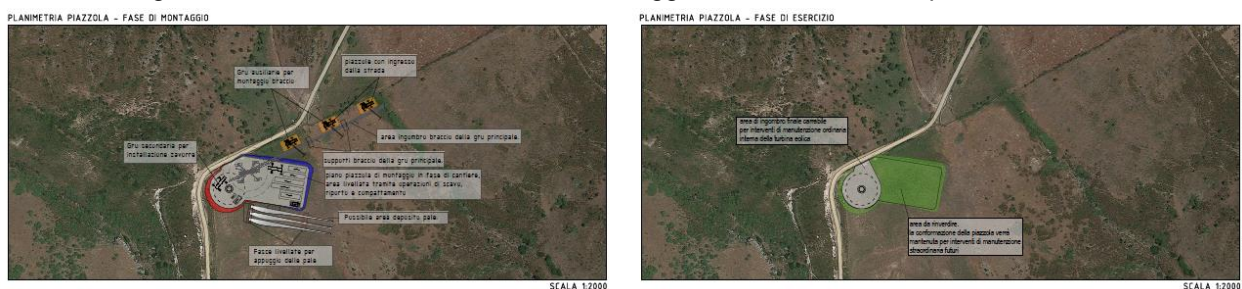
La quota di progetto della piazzola è 683,50 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3606 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 1203 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2403 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.8).

Figura 71 - Area di intervento per la Piazzola EST01



Figura 72 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST01



Piazzola aerogeneratore EST03

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una leggera pendenza in direzione sud-est, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 628,50 e 634,00 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante una strada interpodereale sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di vegetazione bassa con la prevalenza di cespugli.

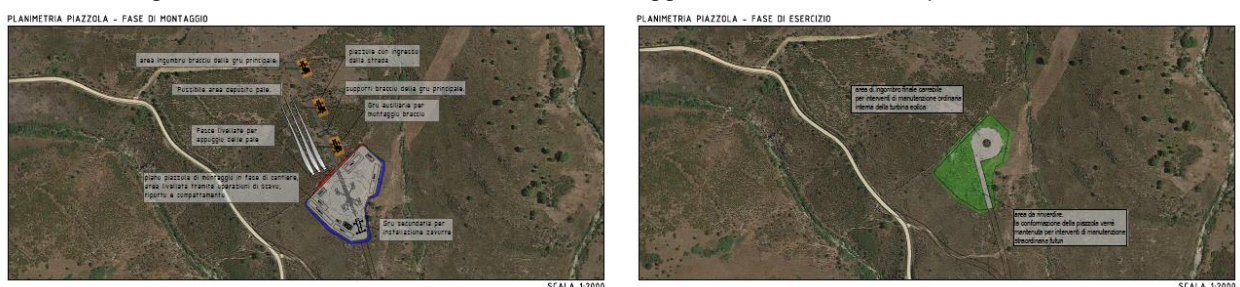
La quota di progetto della piazzola è 630,90 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3545 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 983 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2562 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.8).

Figura 73 - Area di intervento per la Piazzola EST03



Figura 74 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST03



Piazzola aerogeneratore EST04

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una leggera pendenza in direzione nord-est, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 596,00 e 600,50 m s.l.m. L'accesso alla piazzola avviene mediante un breve tratto di stradello di nuova realizzazione che congiunge alla vicina strada sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dall'assenza di vegetazione autoctona.

La quota di progetto della piazzola è 598,10 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 4362 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 815 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 3547 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.9).

Figura 75 - Area di intervento per la Piazzola EST04

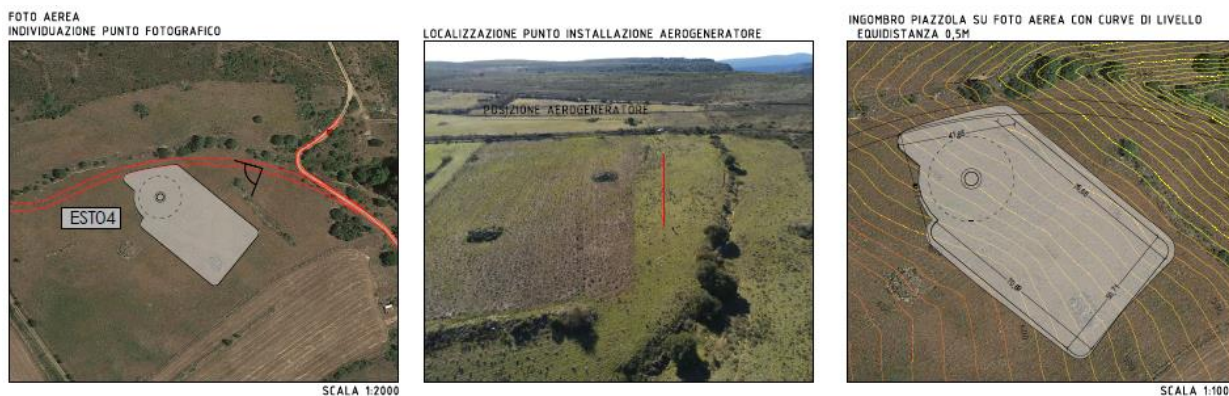
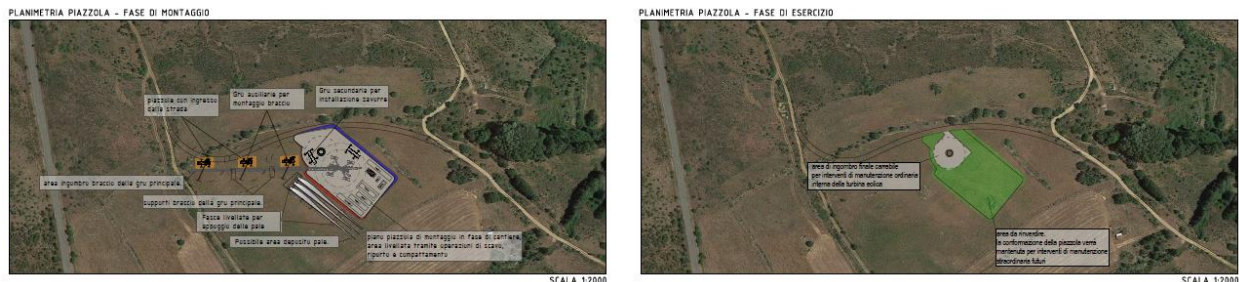


Figura 76 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST04



Piazzola aerogeneratore EST05

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una leggera pendenza in direzione sud-est, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 597,50 e 602,00 m s.l.m.

L'accesso alla piazzola avviene mediante una strada interpodereale sterrata esistente. L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata in gran parte dall'assenza di vegetazione autoctona ed in una parte perimetrale dalla presenza di vegetazione bassa con la prevalenza di cespugli.

La quota di progetto della piazzola è 599,60 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3537 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 837 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2700 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.9).

Figura 77 - Area di intervento per la Piazzola EST05



Figura 78 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST05



Piazzola aerogeneratore EST06

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una leggera pendenza in direzione nord-est, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 609,00 e 613,50 m s.l.m.

L'accesso alla piazzola avviene mediante un tratto di stradello di nuova realizzazione che congiunge la piazzola verso due vicine strade sterrate esistenti, una vicinale e l'altra interpodereale.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dall'assenza di vegetazione autoctona.

La quota di progetto della piazzola è 611,30 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 4045 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 876 mq, mentre la restante area della

piazzola di circa 3169 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.10).

Figura 79 - Area di intervento per la Piazzola EST06

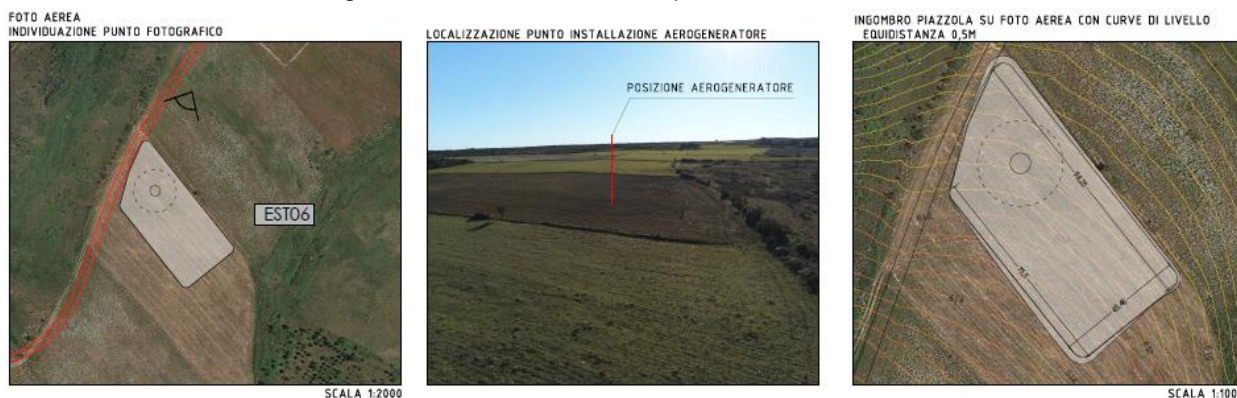


Figura 80 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST06



Piazzola aerogeneratore EST07

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una leggera pendenza in direzione nord-est, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 574,00 e 577,00 m s.l.m.

L'accesso alla piazzola avviene mediante un breve tratto di stradello di nuova realizzazione che congiunge alla vicina strada sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dall'assenza quasi totale di vegetazione autoctona.

La quota di progetto della piazzola è 575,85 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3777 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 1005 mq, mentre la restante area della

piazzola di circa 2772 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.10).

Figura 81 - Area di intervento per la Piazzola EST07

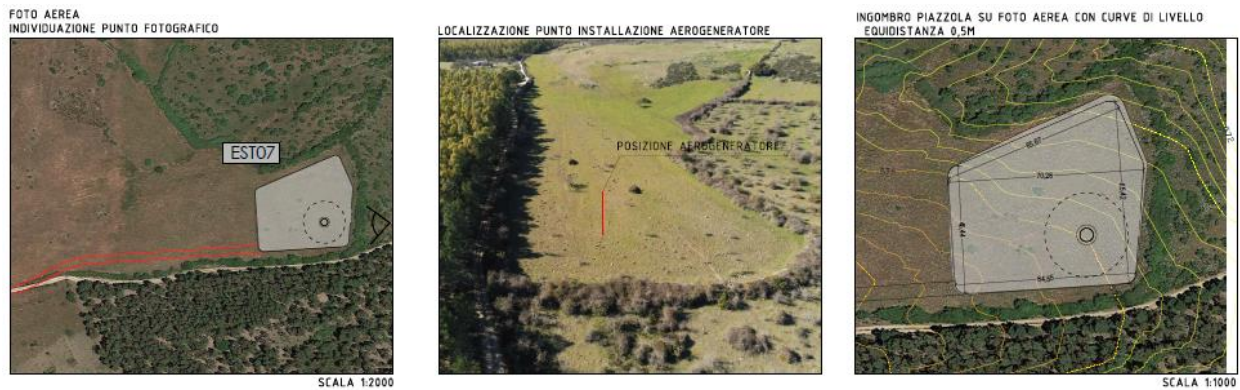


Figura 82 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST07



Piazzola aerogeneratore EST08

L'area su cui è previsto l'intervento, presenta una moderata pendenza in direzione nord e nord-est, la quota del terreno sull'impronta della piazzola varia tra le quote 584,00 e 588,50 m s.l.m.

L'accesso alla piazzola avviene mediante un tratto di stradello di nuova realizzazione che congiunge alla vicina strada sterrata esistente.

L'ingombro della piazzola ricade in un'area caratterizzata dall'assenza quasi totale di vegetazione autoctona.

La quota di progetto della piazzola è 586,00 m s.l.m ed avrà una superficie sistemata in piano di 3375 mq. Una volta ultimati i lavori l'area attorno all'aerogeneratore che sarà ricoperta con uno

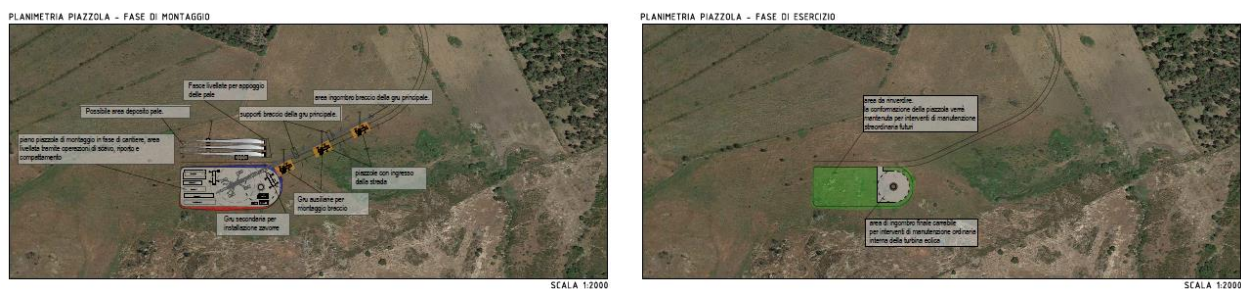
strato di brecciolino o ghiaia ha una superficie di circa 822 mq, mentre la restante area della piazzola di circa 2553 mq, pur mantenendo la sua dimensione verrà rinverdita, rivegetata e, per garantire l'allontanamento delle acque piovane, risagomata lungo il perimetro.

L'organizzazione planimetrica nella fase di montaggio è ipotizzata e schematizzata nell'immagine sotto e nella tavola di progetto allegata (AMIST_PC_T008.11).

Figura 83 - Area di intervento per la Piazzola EST08



Figura 84 - Schematizzazione fase di montaggio e fase di esercizio piazzola EST08



5.6 Superfici occupate e gestione delle terre

Da un'analisi globale degli interventi si possono trarre dati utili per le considerazioni finali e di bilancio fra i pesi, soprattutto ambientali, e benefici, sia ambientali che economici.

Se si considera che l'area di inviluppo della parte produttiva del parco è pari a circa 1217 ha e che la superficie effettivamente occupata al suolo in fase di cantiere, da parte degli aerogeneratori, piazzole, strade e sottostazione, è complessivamente di circa 15,78 ha (vedi tabella sotto), si può concludere che il parco eolico è rappresentato da un fattore di occupazione effettiva del suolo in fase di cantiere dell' 1,3% della superficie nominale del sito, quindi non in grado di costituire da solo una minaccia per l'equilibrio territoriale al suolo.

L'area totale di ingombro durante la fase di installazione varierà in funzione della metodologia di montaggio del braccio della gru principale e dei componenti dell'aerogeneratore da stoccare a terra, nonché delle modalità di stoccaggio delle pale, dei conci della torre e dei componenti della navicella prima del sollevamento. Per tali ragioni, la superficie di ingombro globale (che non dovrà essere interamente sistemata come l'area di montaggio) sarà di circa 5900mq/7063mq per piazzola a seconda della distribuzione planimetrica.

Le volumetrie in progetto sono limitate al solo fabbricato interno alla sottostazione elettrica, sono quindi irrilevanti se rapportate alla superficie dei lotti di intervento dell'intero progetto

Tutti i luoghi individuati per l'installazione degli aerogeneratori, ricadono in aree caratterizzate da pendenze lievi e moderate al di sotto del 15%.

Gli interventi sopra esposti che si configurano come occupazioni di suolo, costituenti sottrazione agli usi originari, possono essere così riassunti:

Tabella 13 – Conteggio superficie occupata

TIPO INTERVENTO	SUPERFICIE OCCUPATA
Sistemazione strade di progetto esistenti e nuove per accesso agli aerogeneratori e alla sottostazione produttore (carreggiata esistente + ampliamenti nuove strade: 26908+11532+22530) <i>La valutazione è stata volutamente assunta per eccesso, considerando anche le superfici delle strade vicinali e interpoderali già esistenti che verranno comunque adeguate e utilizzate a servizio anche del parco eolico</i>	60.970 mq
Piazzole (area in piano)	80.402 mq
Ingombri esterni al piano piazzole (aree banche di riporto e scavo)	10.209 mq
Sottostazione elettrica utente	6.205 mq
TOTALE	157.786 mq

L'occupazione effettiva del suolo, sottratto agli usi attuali, si riduce rispetto a quella indicata sopra se ci si riferisce alla situazione di gestione del parco (post realizzazione), rappresentata dall'ingombro fisico dei manufatti fuori terra e dalle aree necessarie nella fase di gestione dell'impianto. Si deve considerare che in fase gestionale i tracciati dei cavidotti costituiranno una semplice servitù ma saranno sempre totalmente interrati lungo i tracciati stradali e le sue pertinenze, le superfici sottratte agli usi attuali, sono costituite essenzialmente:

- dall'ingombro della circonferenza di base della torre;

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (NU). – Gennaio 2023

- da un'area carrabile attorno al palo di circa 900 m² per ciascun aerogeneratore;
- dallo stradello sterrato residuo interno al piano piazzola per il raggiungimento di tale area carrabile pari a circa 100 m² per piazzola;
- dai brevi tratti di nuove strade in progetto pari a 22.530 m², nonché dall'ingombro del piazzale sottostazione pari a 6.205 m².

Il peso globale dell'intervento come totale delle superfici sopra riportate, percepito sulla sottrazione di suoli agli usi tradizionali nella fase gestionale, è quantificabile in circa 5,0 ha, tale valore è irrilevante anche rispetto alla superficie utilizzata in fase di cantiere per la realizzazione delle fondazioni, delle piazzole, delle strade con cavidotti, della sottostazione e dell'intero parco. Inoltre, relativamente alla fase di esercizio del parco eolico, l'esperienza maturata della società proponente nella gestione di altri parchi eolici di proprietà, consente di affermare come l'esercizio del parco non apporterà alcun pregiudizio alle condizioni di fruibilità del sito, ma al contrario le migliorerà e favorirà il proseguimento delle tradizionali pratiche di utilizzo dei terreni, attualmente prevalentemente di tipo agropastorale.

Non secondariamente occorre evidenziare i risvolti positivi legati oltre che alla migliore circolazione, anche al maggior controllo del territorio e l'apporto positivo alle campagne antincendio. Nella tabella di seguito è esemplificato il sunto degli interventi di scavo e riporto nonché il bilanciamento effettuato in progetto al fine di massimizzare il riuso nel cantiere delle terre scavate e la stima delle terre da conferire in discarica autorizzata.

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). - Marzo 2023

Tabella 14 – Riepilogo scavi e riporti

PARCO EOLICO AMISTADE - ESCALAPLANO - ESTERZILI - COSTITUITO DA 21 WTG VALUTAZIONI SCAVI/RIPORTI E BILANCIAMENTO DEI VOLUMI DI SCAVO espressi in mc											
	WTG	PIAZZOLE	NUOVE STRADE	STRADE IN ADEGUAMENTO		FONDAZIONI	CAVIDOTTI		SST E STRADELLO ACCESSO SST_A - SST-N	AREA CANTIERE E DI BETONAGGIO	TERRA VEGETALE ACCANTONATA DAGLI SCAVI 30% DEL TOT. NECESSARIO
		(tav_AMIST_PC_T008.1) (tav_AMIST_PC_T008.2) (tav_AMIST_PC_T008.3) (tav_AMIST_PC_T008.4) (tav_AMIST_PC_T008.5) (tav_AMIST_PC_T008.6) (tav_AMIST_PC_T008.7) (tav_AMIST_PC_T008.8) (tav_AMIST_PC_T008.9) (tav_AMIST_PC_T008.10) (tav_AMIST_PC_T008.11)	(tav_AMIST_PC_T006.3a) (tav_AMIST_PC_T006.3b) (tav_AMIST_PC_T006.3c) (tav_AMIST_PC_T006.3d) (tav_AMIST_PC_T006.3e) (tav_AMIST_PC_T006.3f) (tav_AMIST_PC_T006.3g) (tav_AMIST_PC_T006.3h) (tav_AMIST_PC_T006.3i) (tav_AMIST_PC_T006.3j) (tav_AMIST_PC_T006.3k)	(tav_AMIST_PC_T006.3a) (tav_AMIST_PC_T006.3b) (tav_AMIST_PC_T006.3c) (tav_AMIST_PC_T006.3d) (tav_AMIST_PC_T006.3e) (tav_AMIST_PC_T006.3f) (tav_AMIST_PC_T006.3g) (tav_AMIST_PC_T006.3h) (tav_AMIST_PC_T006.3i) (tav_AMIST_PC_T006.3j) (tav_AMIST_PC_T006.3k)	(tav_AMIST_PC_T007)		0% del volume di sabbia/terra vagliata di ricoprimento per protezione cavi realizzato con terra vagliata proveniente dagli scavi	(tav_AMIST_PC_T012)	(tav_AMIST_PC_T013)		
SCAVO	EST01	2479,00				3612,00					
RIPORTO		3889,00				2178,00					
SCAVO	EST03	2065,00			STRADELLO EST T3A_a_b	80,09	3612,00				
RIP		2734,00				615,73	2178,00				
SCAVO	EST04	2023,00	STRADELLO EST_T4N	165,94		3612,00					
RIP		3071,00		563,94		2178,00					
SCAVO	EST05	1250,00			STRADELLO EST_T5A	91,83	3612,00				
RIPORTO		2621,00				530,58	2178,00				
SCAVO	EST06	2221,00	STRADELLO EST_T6N	311,73	STRADELLO EST_T6A	486,42	3612,00				
RIP		1765,00		2182,62		667,08	2178,00				
SCAVO	EST07	400,00	STRADELLO EST_T7N	90,73		3612,00					
RIP		1880,00		120,38		2178,00					
SCAVO	EST08	1624,00	STRADELLO EST_T8N	65,48		3612,00					
RIP		1880,00		1192,70		2178,00					
SCAVO	ECS01	2837,00			STRADELLO ESC_T1A	79,87	3612,00				
RIP		3728,00				59,24	2178,00				
SCAVO	ECS02	1181,00	STRADELLO ESC_T2N- ESC_T2.1N	125,97	STRADELLO ESC_T2A-ESC_T2.1A	816,85	3612,00				
RIP		3091,00		425,83		136,74	2178,00				
SCAVO	ECS03	338,00	STRADELLO ESC_T3N	31,30		3612,00					
RIP		1740,00		143,50		2178,00					
SCAVO	ECS04	942,00	STRADELLO ESC_T4N	382,34		3612,00					
RIP		2713,00		69,16		2178,00					
SCAVO	ECS05	3095,00			STRADELLO ESC_T5A	669,08	3612,00				
RIP		4388,00				491,32	2178,00				
SCAVO	ECS06	1778,00	STRADELLO ESC_T6N	758,94	STRADELLO ESC_T6A	556,04	3612,00				
RIP		3830,00		42,30		841,88	2178,00				
SCAVO	ECS07	585,00			STRADELLO ESC_T7A	485,83	3612,00				
RIP		2372,00				565,69	2178,00				
SCAVO	ECS08	2664,00	STRADELLO ESC_T8N	490,02	STRADELLO ESC_T8A	237,12	3612,00				
RIP		2933,00		876,25		355,20	2178,00				
SCAVO	ECS09	2351,00	STRADELLO ESC_T9N	107,65	STRADELLO ESC_T9A	182,10	3612,00				
RIP		4224,00		40,75		258,07	2178,00				
SCAVO	ECS10	1112,00	STRADELLO ESC_T10N	1,56		3612,00					
RIP		2619,00		59,32		2178,00					
SCAVO	ECS11	2213,00	STRADELLO ESC_T11N	178,51	STRADELLO ESC_T11A	241,82	3612,00				
RIP		3462,00		47,18		104,05	2178,00				
SCAVO	ECS12	1821,00	STRADELLO ESC_T12N	13,45	STRADELLO ESC_T12A	304,87	3612,00				
RIP		3151,00		68,03		410,92	2178,00				
SCAVO	ECS13	1988,00	STRADELLO ESC_T13N	32,90		3612,00					
RIP		3522,00		0,98		2178,00					
SCAVO	ECS14	3609,00	STRADELLO ESC_T14N	813,17	STRADELLO ESC_T14A	523,60	3612,00				
RIP		5716,00		29,42		250,44	2178,00				

ADEGUAMENTI STRADALI LOCALIZZATI (tav_AMIST_PC_T006.2a-AMIST_PC_T006.2b-AMIST_PC_T006.2c)		
	SCAVO	RIPORTO
ADEG. 1	40,30	215,30
ADEG. 2	257,90	2519,30
ADEG. 3	236,90	577,40
ADEG. 4	216,15	735,20
ADEG. 5	135,30	1627,40
ADEG. 6	32,30	43,10
ADEG. 7	142,40	110,40
ADEG. 8	8,20	82,90
ADEG. 9	72,90	45,00
ADEG. 10	267,60	318,40

BILANCIO SCAVI/RIP	
SCAVO	156466,16
RIPORTO	155684,18
DISCARICA	781,98

Come si evince dalla tabella, le terre scavate sono quasi totalmente bilanciate dalle terre riportate. Il volume totale di terre scavate per la realizzazione delle sistemazioni stradali, delle piazzole, delle fondazioni, dei cavidotti e dell'area della sottostazione che ammonta in totale a circa 156.466 mc sarà per la maggior parte compensato dalle terre di riporto utilizzate per la realizzazione delle sistemazioni stradali, delle piazzole, delle fondazioni, dei cavidotti, dell'area della sottostazione e per i ripristini/ricoprimenti con terra vegetale a fine lavori.

La quasi totalità dei volumi di scavo verrà riutilizzato per le operazioni di riporto in prossimità del punto di provenienza, minimizzando così le operazioni di trasporto all'interno del sito. Una parte verrà stoccata nelle aree appositamente individuate in progetto, per essere poi utilizzate in altre zone del cantiere in tempi successivi. La minima volumetria in eccedenza verrà conferita in apposita discarica di inerti autorizzata.

Il bilancio delle terre e rocce da scavo sopra riportato si intende al netto del materiale necessario alla realizzazione dello strato di finitura superficiale delle piazzole e strade che prevede, come riportato nel computo metrico allegato, l'apporto di materiale proveniente da cava per la finitura superficiale per 8100 mc (ghiaia, pietrisco), della sabbia/terra vagliata per il rinfiacco e ricoprimento dei cavi all'interno dei cavidotti per 6329 mc, della terra vegetale necessaria ad integrare quella accantonata in cantiere durante lavorazioni per 6637 mc e del tout-venant necessario ad integrare il materiale prodotto in cantiere per la realizzazione delle massicciate stradali per 7208 mc.

Tutte le aree sulle quali si è intervenuti modificando lo stato originario dei suoli e non più oggetto di utilizzo durante tutta la vita del parco, dovranno essere ricondotti allo stato ante opera, anche attraverso l'utilizzo di tecniche e materiali riconducibili ed utilizzati dall'ingegneria naturalistica. Le piazzole manterranno la conformazione di progetto ma verranno rivegetate come indicato negli elaborati di progetto, in tal modo potranno essere disponibili nei casi di manutenzioni straordinarie degli aerogeneratori nell'arco di tutta la vita utile, senza dover quindi procedere alla loro ricostruzione con operazioni di scavo, riporto e compattazione che creerebbero una nuova eliminazione della vegetazione reinsediatasi negli anni.

5.7 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 AMIST_PC_T011 del Progetto definitivo illustra i principali interventi da attuare 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.

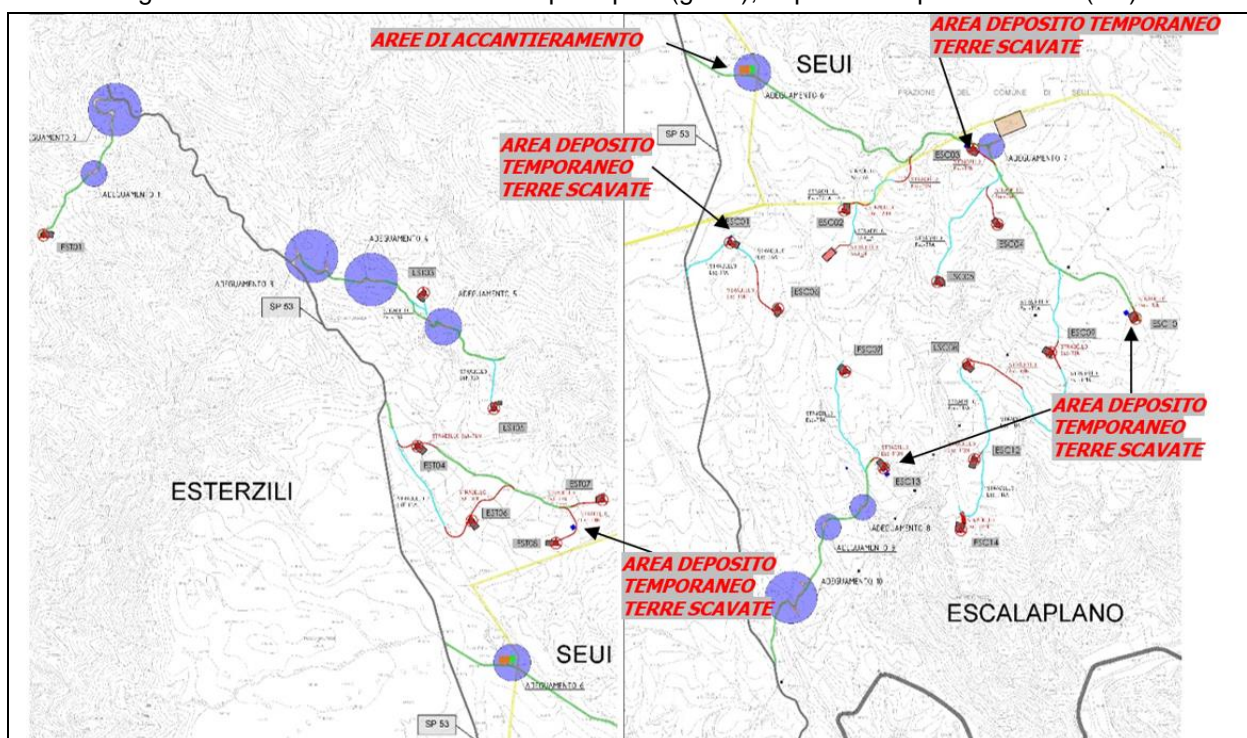
Laddove necessario, in particolare in prossimità delle opere di fondazione degli aerogeneratori, saranno realizzate cunette atte a recapitare le acque di corrivazione superficiale entro i compluvi naturali.

Si è tenuto conto della pendenza da fornire alle canalette di scolo per evitare fenomeni di intasamento causati da limitate pendenze o erosivi nel caso di elevate pendenze. La carreggiata avrà inoltre una sua pendenza trasversale di progetto, che non dovrà mai essere inferiore al 1,5% per permettere l'evacuazione lungo le canalette dell'acqua meteorica caduta sulla strada. Il manto stradale sarà reso il più possibile impermeabile tramite la compattazione sempre nei limiti del materiale stesso utilizzato.

5.8 Aree di accantieramento, aree provvisorie di stoccaggio terre e impianto mobile temporaneo di botonaggio

La dislocazione delle aree descritte nel seguito è indicata nelle tavole di progetto (AMIST_PC_T006) e nell'immagine sotto.

Figura 85 - Area di accantieramento principale (giallo), deposito temporaneo terre (blu).



Area di accantieramento principale (giallo ocra):

Per la realizzazione del progetto, che richiederà il coinvolgimento di diverse imprese esecutrici (imprese per i lavori civili, elettrici, elettromeccanici e di installazione wtg), occorrerà allestire un'area di accantieramento principale di che ospiterà i baraccamenti e servizi delle diverse ditte, i container per l'utensileria e gli spazi di manovra e parcheggio dei mezzi d'opera e un'area attigua per l'allestimento di una centrale temporanea di betonaggio. L'area individuata avrà una superficie totale di circa 6200 mq e dopo la sistemazione in piano verrà perimetrata con recinzioni temporanee di cantiere.

L'accantieramento principale è stato posizionato in un punto baricentrico rispetto allo sviluppo del progetto, in aderenza ad una strada pubblica asfaltata già esistente e in buono stato di manutenzione. L'area individuata () presenta un andamento morfologico pressoché pianeggiante, privo di vegetazione e già oggetto in passato di attività lavorative che hanno compromesso la flora esistente, tale scelta eviterà elevati movimenti terra e impatti sulla vegetazione esistente.

Figura 86 – Foto tratta da Google Earth dell'area di cantiere e di betonaggio

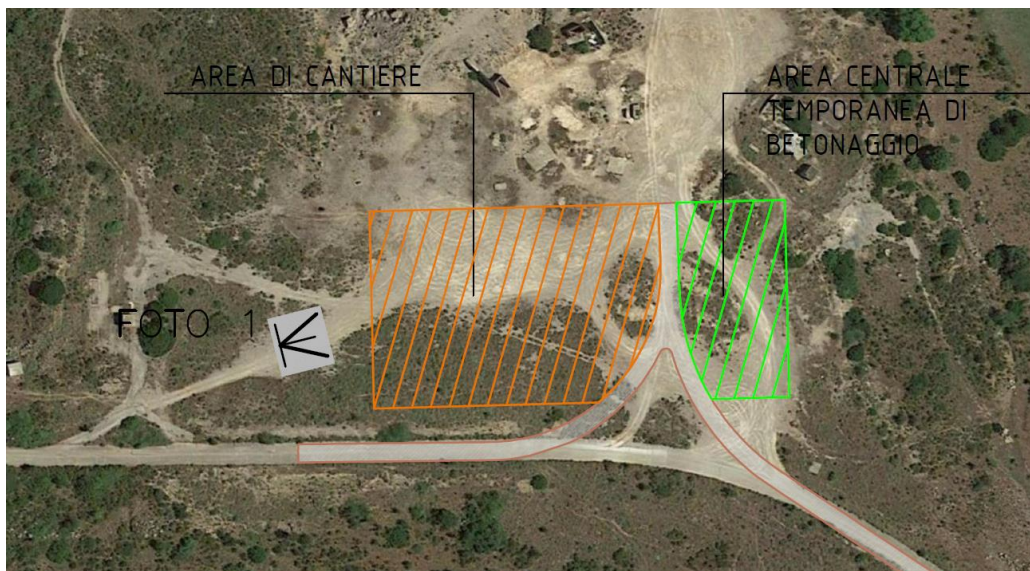
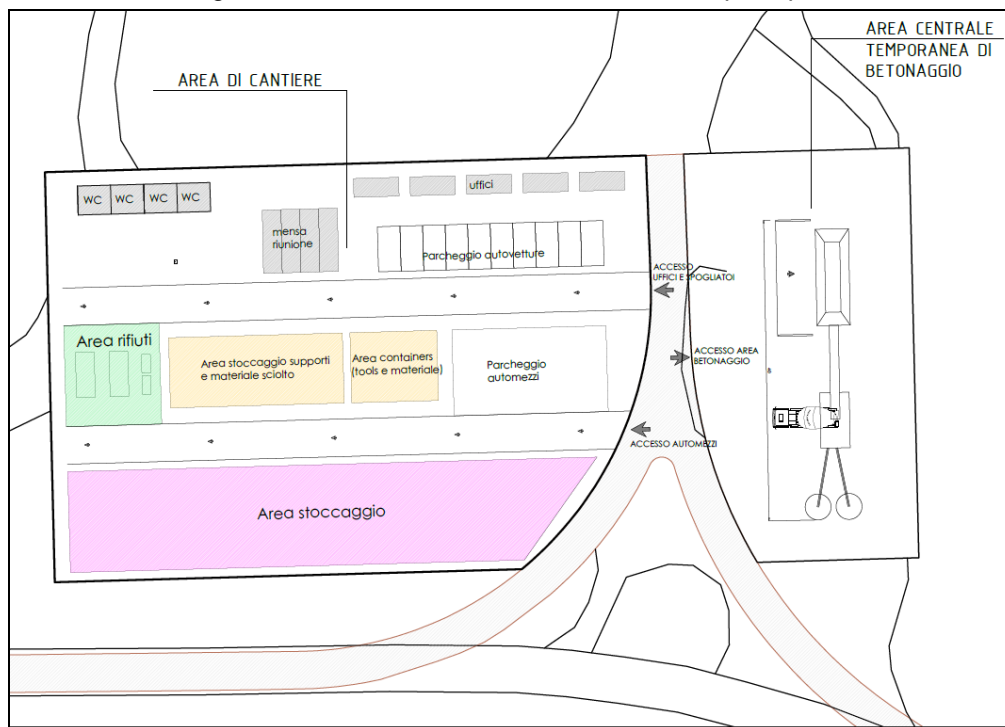


Figura 87 – Foto aerea scattata dal drone dell'area di cantiere individuata



Gli spazi individuati per l'accantieramento principale prevedono due perimetrazioni distinte e contigue, separate da un'area di manovra per i mezzi di trasporto, pensate per accogliere in una la logistica di cantiere e nell'altra una centrale temporanea di betonaggio come indicato nell'immagine sotto e nella tavola di progetto AMIST_PC_T013.

Figura 88 – suddivisione dell'area di cantiere principale



Considerata la distanza rilevante tra le locali centrali di produzione del calcestruzzo e il sito produttivo e, considerata la necessità di realizzare importanti quantitativi di getti in maniera continuativa per ogni singola fondazione, si è ritenuto opportuno prevedere già in fase progettuale l'individuazione di un'area atta ad ospitare l'installazione di una centrale mobile temporanea di betonaggio. Tale centrale di betonaggio mobile sarà in grado di supportare la produzione dei calcestruzzi provenienti dalle più prossime centrali di betonaggio fisse e garantire così la continuità dei getti delle fondazioni consentendone il completamento in una unica giornata lavorativa. La centrale temporanea di betonaggio dovrà essere scelta tra quelle di ultima generazione, per le quali sono richieste semplici attività preparatorie per l'installazione che può avvenire in assenza di opere di fondazione in cls e sono caratterizzate dalla semplicità di installazione, ma soprattutto dalla semplicità di rimozione totale per il successivo ripristino delle aree.

La presenza di una centrale di betonaggio di supporto consente anche, non secondariamente, di ridurre in maniera considerevole la circolazione delle autobetoniere lungo la viabilità pubblica principale.

Nell'elaborato *AM-IAS10008-13 Fotosimulazioni piazzole e cantiere* viene riportata la simulazione dell'area di cantiere.

Figura 89 – Fotosimulazione dell'area di cantiere



Considerata la distanza rilevante tra l'area di produzione del parco e il punto di connessione alla rete elettrica, si prevede di allestire una seconda area di accantieramento in corrispondenza

della sottostazione produttore in progetto dove però si sfrutteranno gli spazi interni alle aree interessate dall'intervento.

Deposito temporaneo terre (blu):

Durante la fase di esecuzione dei lavori occorrerà occupare ulteriori spazi per ospitare provvisoriamente parte delle terre provenienti dagli scavi. Tali superfici sono state individuate all'interno del sito produttivo, in prossimità degli aerogeneratori EST08, ESC01, ESC03, ESC10 e ESC13 in aree pianeggianti o sub pianeggianti con scarsa presenza di vegetazione.

La scelta di individuare più aree, dislocate in maniera tale da ricoprire le varie zone dell'impianto, consente di ottimizzare e ridurre sensibilmente le operazioni di trasporto all'interno del sito.

Le cinque aree individuate per il deposito temporaneo delle terre scavate hanno una superficie variabile tra 400 m² e 900 m² ciascuna per un totale di circa 4000 m² e saranno in grado di assicurare lo stoccaggio temporaneo di tutte le terre scavate e non immediatamente riutilizzate. Il materiale proveniente dagli scavi stoccato nelle aree sopradette verrà poi utilizzato per la sistemazione delle sedi stradali e per il ripristino finale dello strato vegetale superficiale in corrispondenza di piazzole, fondazioni, strade e in generale in corrispondenza dei rilevati realizzati.

Parte della terra asportata dal primo scotico superficiale nelle aree oggetto di intervento, verrà depositata in prossimità della piazzola interessata, solo la parte eccedente verrà trasportata nelle aree di stoccaggio provvisorio per essere poi riutilizzata al completamento delle opere, per i ripristini delle scarpatine stradali e delle superfici piane delle piazzole dove è prevista la rivegetazione e la restituzione agli usi precedenti.

Dal computo dei volumi effettuato in questa fase progettuale risulta che le terre scavate vengano quasi totalmente bilanciate da quelle necessarie ai riporti e ripristini, per la quota in esubero si procederà al loro conferimento in discarica autorizzata.

5.9 Interventi di ripristino, mitigazione e compensazione ambientale

5.9.1 Analisi sulla vegetazione

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. Si descriveranno, inoltre, le misure di compensazione da attuare anche su

aree esterne a quelle di intervento, individuate allo scopo di migliorare le prestazioni ambientali del progetto a vantaggio della qualità ambientale complessiva del territorio interessato dalle opere.

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.

Riassumendo i dati floro/vegetazionali rilevati (Per un dettaglio si rimanda alla relazione specialistica sulla vegetazione, *Elaborato AM-RTS 10013*) si può dire che, per quanto riguarda le tipologie di vegetazione, non è evidente la presenza di vegetazione interesse conservazionistico; infatti, l'analisi d'insieme del territorio ha messo in luce la prevalenza di comunità seriali facenti riferimento a **Garighe e macchie mesomediterranee calcicole** che si instaura a seguito della degradazione della macchia, della macchia-foresta e delle formazioni forestali termofili in genere e rappresentano **formazioni secondarie legate al *Quercion ilicis***.

Il raffronto tra le unità vegetali della Carta della vegetazione e quelle della Carta degli Habitat consente di escludere la presenza nelle aree di intervento di tipologie di interesse conservazionistico e, più in particolare, di cenosi inquadrabili tra gli habitat soggetti a tutela ai sensi della Direttiva 92/43/CEE; infatti, nonostante alcune aree indicate nella Carta degli Habitat siano inquadrare come "**Praterie aride mediterranee**" afferenti all'habitat prioritario 6220, in realtà attualmente non trattasi altro che di aree seminate a orzo e/o avena a rotazione.

Nel complesso, nelle aree interessate dal progetto appare evidente una triplice situazione vegetazionale, dove si riscontra, da un lato, la notevole presenza di specie indicatrici di nitrificazione dei suoli conseguenti al pascolo brado, in altre zone, la presenza di ambiti coltivati e, in pochi altri ambiti, vegetazione naturale, ma in contesti particolarmente rocciosi, che consentono di escludere qualsiasi tipologia di prato o prateria di interesse conservazionistico.

Le superfici interessate in maniera permanente, a seguito del ripristino nelle fasi successive all'installazione delle turbine dovrebbero essere pari a circa **73.580 mq**.

Tabella 15 - Quadro di sintesi delle superfici sottratte in maniera permanente

Siti di progetto	Mq interessati
Piazzole	19.320 (terreni agricoli + macchia mediterranea)

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (NU). – Gennaio 2023

Viabilità di servizio (nuovi tracciati stradali)	22.900 (terreni agricoli + macchia mediterranea)
Sottostazione elettrica (SSE)	26.370 (superfici interessate da macchia mediterranea)
Stazione utente (SU)	4.990 (superfici interessate da pascolo naturale)
Totale complessivo	73.580

A seguire (Tabella 16), si riporta il totale delle specie censite in tutte le aree di intervento, piazzole, adeguamenti stradali e deposito materiali, con l'avvertenza che con il termine **“vario”** usato per alcune specie si indicano un numero superiore ai 50 esemplari e che parte di queste verranno ripiantate.

Tabella 16 - Quadro di sintesi delle specie globalmente censite nelle aree di intervento

Specie	N. esemplari
Ginepro	156 + 20% = 187
Leccio*	10 + 20% = 12
Olivastro	43 + 20% = 52
Corbezzolo	51 + 20% = 61
Lentisco	232 + 20% = 278
Mirto	140 + 20% = 168
Elicriso*	200 + 20% = 240
Cisto	320 + 20% = 384
Rosmarino	166 + 20% = 199
Ginestra	150 + 20% = 180
Perastri	15 + 20% = 18
Totale	1.779

* Specie rilevate in misura ridotta, ma che durante le lavorazioni potrebbero essere coinvolte in quanto presenti nelle zone limitrofe

Le specie citate nell'analisi di dettaglio per le singole piazzole non sono state riportate nella Tabella sopra (es. pini, camedrio, rovo), in quanto non ritenute utili ai fini dell'utilizzo in fase di compensazione.

Al contrario, sono state riportate cautelativamente due specie (leccio e elicriso), anche se con esemplari presenti in misura ridotta nelle aree limitrofe, che potrebbero essere coinvolte dalle lavorazioni.

Si precisa che il numero degli esemplari citati è stato ragionevolmente aumentato rispetto alla somma di quelli riportati nelle Tabelle di dettaglio per ragioni cautelative (20% in più) in quanto impossibile poter fornire una stima puntuale.

5.9.2 Misure mitigative

Vista la tipologia degli interventi di carattere energetico/industriale (realizzazione di un impianto eolico) e verificate le peculiarità ambientali precedentemente trattate, si ritiene opportuno che dette opere siano realizzate tenendo conto delle indicazioni scaturite sia dall'analisi ecologica generale, sia da quella particolareggiata, come di seguito specificate.

In dettaglio, l'attività di studio e osservazione ha permesso di definire gli aspetti principali e le dinamiche ambientali, con particolare attenzione all'area vasta in cui ricade il progetto.

Nel complesso, il territorio ricopre un livello di interesse ambientale discreto, così come alcuni elementi biotici analizzati che in esso ricadono.

Per quanto riguarda gli aspetti floristici, è stata messa in evidenza l'assenza di specie soggette a tutela.

In merito alle tipologie vegetazionali e al patrimonio arboreo, non sono identificati impatti derivanti dalla realizzazione del progetto; infatti, le aree indagate non esprimono habitat di interesse comunitario o altre cenosi rare.

Considerando tutti gli aspetti appena esposti e le caratteristiche progettuali dell'intervento, si ritiene, che le **misure di mitigazione** possano riguardare i seguenti punti:

- I. Avviare i lavori preferibilmente all'inizio della stagione tardo estiva (settembre);
- II. Realizzare aree di accumulo di inerti in luoghi idonei e per il tempo strettamente necessario all'esecuzione dei lavori;
- III. Evitare di ammassare il materiale edile o di rifinitura come vernici, cemento, collanti, resine, etc. in punti tali da essere soggetti a pericoli di dispersione nell'ambiente circostante;
- IV. Al termine dei lavori effettuare la pulizia accurata e lo sgombero del materiale di risulta e di scarto, evitando la dispersione dei residui delle lavorazioni (contenitori per vernici, ferri per armature, cavi elettrici e non ecc.) o degli imballaggi (plastica, pallet etc.);
- V. Durante i lavori operare in modo da ridurre al minimo l'emissione di polveri, prevedendo l'innaffiamento delle aree di lavorazione, soprattutto durante le giornate ventose;

VI. Il terreno di scotico asportato per la realizzazione delle opere dovrà essere stoccato al fine di un successivo riutilizzo per i ripristini ambientali; in ogni caso, sarà opportuno effettuare una concimazione naturale prima/contestualmente al riutilizzo.

Quest'ultima misura rappresenta la più importante. Infatti, nell'area di studio il suolo, anche se non di qualità elevata (vedasi gli aspetti pedologici, relazione AM-RTS10009), rappresenta un elemento fondamentale nelle opere di ripristino ambientale.

Il territorio risulta molto roccioso e/o pietroso e, frequentemente, la presenza del suolo è limitato a strati di scarso spessore o in sacche tra le rocce.

Soprattutto nel ripristino delle piazzole degli aerogeneratori, le aree coinvolte, dopo aver subito la rimozione dello strato di scotico di 15 cm, saranno interessate da interventi di regolarizzazione, dagli scavi di sbancamento e riporti e dalla costipazione meccanica per strati successivi. L'area della piazzola oltre l'impronta di fondazione e zona di manutenzione ordinaria verrà ricoperta con circa 10-15 cm di terra vegetale, rinverdata, rivegetata e risagomata lungo il perimetro. Nelle aree delle piazzole caratterizzate dalla macchia mediterranea si provvederà al ripristino della situazione ante-operam mediante la messa a dimora delle seguenti specie: *Pistacia lentiscus*, *Juniperus oxycedrus*, *Myrtus communis* e *Rosmarinus officinalis*. In questi casi lo spessore dello scotico sarà idoneo e adeguato, a seconda della specie, a garantire il ripristino ambientale.

Come precedentemente detto, il terreno di scotico andrà opportunamente accantonato ma si deve aver cura di stoccare separatamente gli strati più superficiali (almeno 30 cm) da quelli più profondi.

Infatti, i due orizzonti hanno diverse caratteristiche pedo/edafiche e un diverso utilizzo: il primo è fondamentale nelle opere di ripristino ambientale, mentre il secondo è utile per le opere di soprastrutture di strade e piazzole.

Anche l'adeguamento della viabilità e delle piste va ad interessare piccole porzioni di superficie scarsamente coperta da vegetazione, pertanto, si ritengono più efficaci interventi volti a riportare terreno recuperato e/o vegetale permettendo la naturale ricolonizzazione di tali superfici e il loro recupero in maniera naturale.

Per quanto riguarda la regimazione delle acque meteoriche, la piazzola verrà realizzata con una lieve pendenza verso le estremità in modo da far defluire le acque piovane al di fuori della stessa favorendo il ruscellamento secondo l'andamento attuale delle acque superficiali. Lungo i

lati prospicienti le aree in scavo verrà realizzato un apposito arginello per convogliare le acque verso i punti di scolo.

5.9.3 Interventi di compensazione

L'analisi condotta sul territorio e sulla componente ambientale floristico/vegetazionale ha messo in evidenza una situazione abbastanza chiara, ovvero, che l'impianto è progettato su un'area con una scarsa presenza di suolo e una discreta rocciosità.

A causa di questa situazione, l'attività economica principale è caratterizzata dall'allevamento più o meno brado di bovini e, secondariamente, di ovini e caprini.

In particolare, i bovini e gli ovini hanno necessità di pascoli naturali e/o colture stagionali che siano disponibili tutto l'anno: questa esigenza si traduce in una continua ricerca di spazi coltivabili che, nella maggior parte dei casi, vanno conquistati a discapito della vegetazione naturale.

La vegetazione naturale, a sua volta, è caratterizzata, sempre per le stesse motivazioni, da formazioni vegetali basso arbustive, da garighe e, solo nelle zone con suoli più profondi, da aree agricole permanenti.

A questo punto appare evidente che operare misure di compensazione andando ad intervenire mediante reimpianto di essenze vegetali della macchia mediterranea, in un contesto nel quale, solitamente, la vegetazione naturale viene tolta per fare spazio alle coltivazioni, non appare una soluzione valida, oltre che suscettibile di inficiare il principio della compensazione.

A fronte di tale consapevolezza, è stata eseguita una ricognizione dell'area vasta di studio, alla ricerca di aree che potessero essere utilizzate per scopi compensativi.

La scelta è ricaduta in una zona posta a sud-ovest dell'abitato di Escalaplano utilizzata come discarica temporanea dei rifiuti urbani, mai risanata, ma per la quale si stanno già effettuando le operazioni di caratterizzazione per la futura bonifica (Figura 90). L'area ha una superficie di circa 9.400 mq ed è caratterizzata da 2 rilievi collinari tondeggianti posti ai lati del terreno e una porzione pianeggiante in mezzo con una leggera pendenza (Figura 91).

Tale soluzione costituisce il giusto compromesso tra le attività di trasformazione delle superfici (peraltro, poco vegetate), l'utilizzo storico e attuale del suolo e il recupero di un'area adibita a discarica che appare come una ferita aperta in un'area particolarmente suggestiva del comune di Escalaplano.

Si precisa che, qualora i modi e i tempi del progetto di bonifica non saranno coerenti con il progetto di compensazione, in accordo con l'amministrazione comunale, in fase esecutiva, verrà

individuata un'altra area dove attuare le misure di compensazione con finalità di restauro ecologico.

Figura 90 - Area della discarica ripresa da Google Earth, in rosso l'area di intervento



Figura 91 - Vista della cava ripresa dalla strada



Alla luce di queste osservazioni, e con il supporto della documentazione bibliografica acquisita, l'intervento di compensazione ambientale è stato impostato in modo tale da utilizzare le piante di cui è possibile il recupero dall'area sede dell'impianto eolico e integrarle con ulteriori essenze equivalenti.

L'analisi degli studi sulle condizioni vegetazionali dell'areale di progetto permette di delineare un intervento che prevede la realizzazione di una fascia di vegetazione arbustiva ed arborea che sia coerente nella scelta e negli accostamenti con le componenti floristico-vegetazionali presenti nell'area di progetto ed individuate nel Piano Forestale Ambientale della Sardegna e che, dunque, nel tempo vada a congiungersi con quella storicamente presente nell'area.

Le operazioni per riqualificare l'intera area verranno realizzate con la tecnica dell'Ingegneria Naturalistica, con lo scopo di ridurre il rischio di erosione del terreno negli interventi di consolidamento, prevedono pertanto l'utilizzo di piante vive o parti di esse (semi, radici, talee), da sole o in combinazione con materiali naturali inerti (legno, pietrame o terreno), materiali artificiali biodegradabili (biostuoie, geojuta) o materiali artificiali non biodegradabili (reti zincate, geogriglie, ecc.).

Come noto, l'impiego delle tecniche di Ingegneria Naturalistica presentano numerosi vantaggi, di tipo:

- Funzionale - le piante svolgono un'elevata funzione antierosiva, riducono la forza battente delle piogge, con le radici trattengono le particelle di terreno impedendo un loro dilavamento e aumentano la resistenza al taglio dei terreni;
- Ecologico - grazie alla elevata compatibilità ambientale e a una discreta biodiversità, si creano habitat paraturali per la fauna (luoghi di alimentazione, riproduzione, rifugio) e si consente un ridotto impatto ambientale nella fase di cantiere;
- Economico - i costi di realizzazione sono concorrenziali rispetto alle analoghe opere di ingegneria classica e i costi per il ripristino ambientale del cantiere sono ridotti.

5.9.3.1 Tipologia di opere

Si riportano di seguito le principali necessità di intervento sulle componenti suolo e vegetazione connesse alla riqualificazione dell'area in esame. In dettaglio, le operazioni di realizzazione di interventi a verde da adottare sono riportate nei paragrafi seguenti per tipologia di opere, quali:

- A. Fornitura e stesura di terra di coltivo;
- B. Messa a dimora di alberi e arbusti;
- C. Attivazione di un programma di manutenzione biennale.

A. Fornitura e stesura di terra di coltivo

É importante sottolineare che un'adeguata tecnica di ripristino ambientale può consentire l'instaurarsi di condizioni pedologiche accettabili in tempi brevi, che sono la premessa per il successo degli interventi di rivegetazione. In considerazione della situazione sito specifica sotto il profilo pedologico e vegetazionale, in questo contesto si prevede che l'operazione possa consistere nella fornitura e stesura di terra di coltivo a completamento di quanto già presente sul sito, in modo da ottenere uno strato opportuno, omogeneo su tutta la superficie per uno spessore di circa 20/40 cm.

É bene anche che nella messa in posto del materiale terroso sia evitato l'eccessivo passaggio con macchine pesanti e che siano prese tutte le accortezze tecniche per evitare compattamenti o, comunque, introdurre limitazioni fisiche all'approfondimento radicale o alle caratteristiche idrologiche del suolo.

Nella fase di stoccaggio del suolo si devono evitare in particolare eccessi di mineralizzazione della sostanza organica.

Nel caso in oggetto, si prevede che parte del terreno vegetale necessario sia reperito nell'area di cantiere, tramite il riutilizzo del terreno vegetale asportato per la realizzazione dell'opera, e parte provenga, invece, da cave di prestito o piani scavo autorizzati in zona. In ogni caso, le specifiche tecniche del materiale stesso dovranno essere fornite in sede esecutiva.

B. Messa a dimora di alberi e arbusti

Si tratta della messa a dimora di giovani alberi e arbusti autoctoni in fitocella, di produzione vivaistica.

Verranno messi a dimora nel periodo che va da fine autunno a febbraio su suolo non ghiacciato, a seguito di scavo di una buca di dimensioni molto più grandi della zolla delle radici, cosicché il terreno soffice lavorato agevoli lo sviluppo di radici secondarie, assicurando alla pianta una posizione salda e una nutrizione adeguata.

Sul fondo dello scavo verrà distribuito uno strato di argilla espansa che favorisce lo scolo dell'acqua evitando ristagni a livello delle radici.

Durante l'operazione di posa il colletto dovrà rimanere al di sopra della superficie del terreno.

La piantagione deve avvenire secondo un sesto d'impianto irregolare e con specie diverse disposte a mosaico in ragione di un esemplare arborea e quattro esemplari arbustivi ogni 50 mq circa.

Per i primi anni le piante devono essere dotate di pacciamatura alla base per ridurre la concorrenza con le specie erbacee e cilindro in rete per protezione dalla fauna.

Non verranno invece ripiantati la ginestra, il cisto ed il lentisco che sono essenze che naturalmente andranno a insediarsi nell'area.

Alcune specie quali l'olivastro, il mirto ed i perastri potranno essere espianate dall'area di progetto e ripiantumate direttamente nel sito.

Si prevede di piantare circa 350/400 individui nell'area adibita a discarica.

La tabella sotto illustra il numero di piante abbattute e la stima del numero di piante recuperabili durante le operazioni del cantiere.

Tabella 17 - Stima degli esemplari coinvolti nel progetto di compensazione

Specie	Stima n. piante da espianare	Stima n. piante recuperabili in fase di cantiere
Ginepro	187	0
Leccio	12	0
Olivastro	52	43
Corbezzolo	61	30
Lentisco	278	
Mirto	168	80
Elicriso	240	
Cisto	384	
Rosmarino	199	
Ginestra	180	
Perastri	18	18
Totale	1.779	171

Sulla base del n. di piante recuperabili in fase di cantiere (171) e delle indagini di dettaglio che verranno effettuate durante i sopralluoghi futuri in fase esecutiva, verrà stimato il n. di piante da acquistare presso vivai in zona.

C. Attivazione di un programma di manutenzione biennale

Il monitoraggio delle opere eseguite prevede una verifica con cadenza semestrale delle caratteristiche botaniche, biometriche e naturalistiche finalizzato a tenere sotto controllo gli aspetti strutturali e di attecchimento delle piante, sia di quelli di integrazione nel contesto floristico, vegetazionale e paesaggistico:

- verifica della percentuale di attecchimento di tutta la componente vegetale;
- monitoraggio degli eventuali danni da fauna selvatica/domestica;
- rilievi floristici per determinare lo stato di ripresa della vegetazione spontanea;
- verifica della presenza di specie infestanti e ruderali;
- analisi dello strato arbustivo/arboreo in riferimento ai sestri di impianto iniziali;
- calcolo del numero di fallanze per specie di arbusti e alberi;
- verifica della necessità/opportunità di effettuare delle potature di irrobustimento;
- analisi percettiva dell'effettivo livello schermante dovuto alla vegetazione di progetto da eseguirsi tramite rilievo fotografico.

Il responsabile del programma di monitoraggio/manutenzione avrà i seguenti compiti:

- effettuare i monitoraggi botanici, biometrici e naturalistici secondo le scadenze previsto (I° e II° anno);
- in base alle risultanze delle verifiche e alle necessità di interventi di manutenzione redigere un elenco di attività da svolgere a carico di ditta specializzata;
- controllare la corretta esecuzione di tali interventi, identificare eventuali misure correttive non previste;
- redigere rapporti periodici.

Il programma degli interventi di manutenzione prevederà, in linea di massima, i seguenti interventi:

- irrigazioni di soccorso per almeno le prime 2 stagioni da eseguire tramite autobotti;
- sostituzione delle fallanze;
- risistemazione/sostituzione/eliminazione dei presidi antifauna, e sostituzione delle specie deperienti;
- eliminazione delle specie vegetali non pertinenti con l'habitat naturale;
- eventuale infittimento delle aree ripristinate a verde tramite ulteriore piantagione di specie autoctone;
- eradicazione delle specie erbacee infestanti e ruderali.

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (NU). – Gennaio 2023

Gli interventi di manutenzione (Tabella 18) seguiranno, ovviamente, la periodicità dei monitoraggi, ragion per cui saranno generalmente effettuati nel I° e nel II° anno a seguito dell'impianto degli esemplari sopra indicati.

Nella Tabella sottostante si individuano i mesi all'interno dei quali possono essere svolte le attività previste dal progetto e gli interventi di manutenzione.

Tabella 18 - Opere previste e interventi di manutenzione per il I° e il II° anno

LAVORI	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Stesa e modellamento terra di coltivo												
Messa a dimora alberi e arbusti												
Manutenzioni I e II anno												
Irrigazione di soccorso con autobotti												

Per le attività di compensazione si stima che il costo dell'intervento sarà di circa 50.000 euro. Solo in sede esecutiva, a seguito dell'individuazione dei quantitativi relativi ad ogni opera e attività, verrà stimato il costo specifico dell'intervento. Nella tabella seguente si riporta la stima dei costi unitari sulle attività da eseguire.

Tabella 19 - Quadro di sintesi dei costi stimati

Descrizione	U.D.M.	Costo unitario
Fornitura e posa di terreno vegetale proveniente dal cantiere del Parco eolico	m3	9,00 €
Opere connesse alla piantumazione delle essenze acquistate	cad.	11,00 €
Opere connesse alla piantumazione delle essenze ripiantate	cad.	5,50 €
Acquisto delle essenze vegetazionali	cad.	33,00 €
Monitoraggio e manutenzione biennale	anno	8.250,00 €
Imprevisti		+ 5% sul totale

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.

Il Decreto Ministeriale 10 settembre 2010 e le Regole per la Sicurezza richiedono la "dimostrazione della gittata massima degli elementi rotanti in caso di rottura accidentale".

Questo documento riporta il calcolo della gittata massima della pala con riferimento all'aerogeneratore Vestas 162 da 6,2 MW (altezza al mozzo 125 m diametro rotore 162 m) utilizzato nel progetto del parco eolico "Amistade" nei Comuni di Esterzili ed Escalaplano.

Le considerazioni fatte per l'aerogeneratore Vestas di altezza 125 m e diametro rotore 162 m, sono da ritenersi di carattere generale e applicabili a qualsiasi aerogeneratore avente stesse dimensioni e stessa velocità di rotazione nominale.

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.

7.1.2 Inquadramento del problema

La rottura accidentale di un elemento rotante (la pala o un frammento della stessa) di un aerogeneratore ad asse orizzontale può essere considerato un evento raro, in considerazione della tecnologia costruttiva ed ai materiali impiegati per la realizzazione delle pale stesse.

Tuttavia, al fine della sicurezza, la stima della gittata massima di un elemento rotante assume un'importanza rilevante per la progettazione e l'esercizio di un impianto eolico.

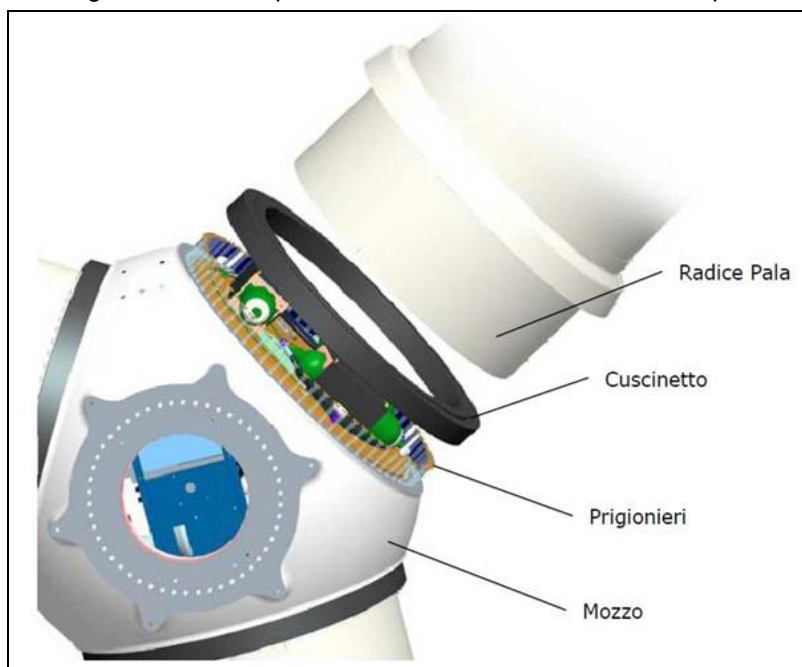
Ci sono principalmente due cause che possono portare alla rottura dell'elemento rotante;

- il distacco di una pala completa dal rotore dell'aerogeneratore;
- danni sulla pala a causa delle conseguenze dirette e indirette di una fulminazione.

Nel primo caso ciò che comporta il distacco di una pala completa dal rotore dell'aerogeneratore, può essere determinato dalla rottura della giunzione bullonata fra la pala e il mozzo.

Il longherone è dotato di attacchi filettati che consentono di collegarlo al mozzo con bulloni (prigionieri) serrati opportunamente durante l'installazione della turbina. Il precarico conferito ai prigionieri durante il serraggio ha un'influenza determinante sulla resistenza dei prigionieri stessi ai carichi di fatica e, per questo motivo, è previsto un controllo di tale serraggio durante le operazioni di manutenzione programmata della turbina.

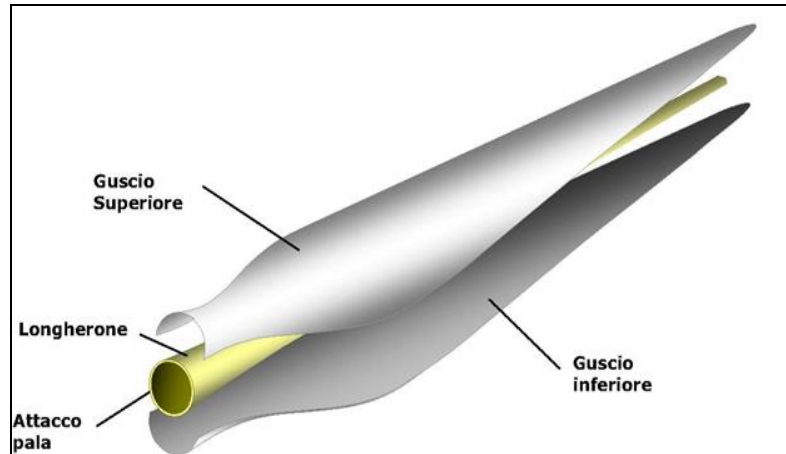
Figura 92 – Esempio di danno dovuto al distacco della pala.



Per il secondo caso occorre fare delle opportune considerazioni.

Le pale sono costituite da una parte strutturale (longherone) posta all'interno della pala e da una parte esterna (gusci) che ha sostanzialmente la funzione di forma del profilo. Le tre parti, il longherone e i due gusci, sono unite fra loro mediante incollaggio e, alla fine del processo produttivo, costituiscono un corpo unico.

Figura 93 – Componenti della pala



Ciononostante, nella remota ipotesi in cui ci sia un danneggiamento del materiale che compone i gusci o i rinforzi interni della pala, è assolutamente impossibile che si stacchi un frammento terminale della pala, dal momento che – per come la pala è costruita - non esistono giunzioni trasversali rispetto allo sviluppo della pala, ma esclusivamente la giunzione longitudinale tra i due semigusci. L'unica remota possibilità di danneggiamento riguarda una “separazione” parziale dei due semigusci. In questo scenario i rinforzi interni e la parte di semiguscio non danneggiata tratterrebbero la parte di guscio ipoteticamente rovinata e la macchina andrebbe automaticamente in pausa evitando categoricamente la possibilità di proiezione di un frammento di pala ad alta velocità.

Secondariamente è necessario precisare che le WTG sono dotate di un sistema di sicurezza in grado di mandare in pausa la macchina a seguito di sbilanciamenti del rotore, eccessivo carico aerodinamico sulla pala o scostamenti sensibili tra velocità del vento e power curve.

Il danneggiamento di una pala, che per quanto già spiegato evidentemente precede qualunque ipotesi di proiezione di un frammento della stessa, farebbe funzionare il rotore in condizioni non bilanciate, e porterebbe necessariamente il sistema di sicurezza a rilevare almeno una delle tipologie di errori codificate come di seguito:

- “Tower Acceleration”: dovuto a un forte sbilanciamento del rotore;
- “Power Curve Error”: dovuto a un forte scostamento rispetto alla Power Curve attesa (che potrebbe essere generato da una variazione del profilo pala);
- “Tilt yaw Control”: dovuto ad un eccessivo carico sulla pala misurato da un sensore.

Ciascuna di queste anomalie mette la macchina in pausa, e ferma quindi il rotore in attesa di

un intervento tecnico.

Si richiama inoltre il fatto che la macchina è dotata di un sistema di protezione contro le fulminazioni per la torre, per l'hub e per le pale.

In conclusione L'utilizzo di questi materiali e sistemi di controllo limita sino quasi ad annullare la probabilità di distacco di parti della pala mentre la stessa è in rotazione, anche in caso di gravi rotture le fibre che compongono la pala la mantengono, di fatto, unita in un unico pezzo (seppure gravemente danneggiato), ed i sistemi di controllo dell'aerogeneratore riducono pressoché istantaneamente la velocità di rotazione, eliminando la possibilità che un frammento di pala si stacchi e venga proiettato verso l'alto a velocità elevate.

7.1.3 Calcolo della gittata di una pala eolica

Nel calcolo che segue si è assunto che tutte le condizioni di rottura sopra descritte avvengano quando il rotore è in posizione upwind e con una velocità del vento pari a 25 m/s. Questa condizione è anch'essa conservativa in quanto dà la massima gittata fuori dal piano.

Sono state fatte alcune considerazioni sul caso di calcolo più conservativo e quello più vicino al caso reale.

7.1.3.1 CASO 1: MOTO IRROTAZIONALE VALUTATO IN BASE AL PRINCIPIO DELLA BALISTICA APPLICATA AL MOTO DEI PROIETTILI SENZA ATTRITO VISCOSO

Assenza di moti intorno agli assi XX, YY e ZZ e dell'attrito viscoso dell'aria

- Nessuna forza di portanza;
- Nessuna forza resistente.

Nel caso notevole di un corpo non puntiforme, le equazioni che governano il moto sono rispettivamente la prima e la seconda equazione della dinamica:

$$M \cdot g = Ma_G$$

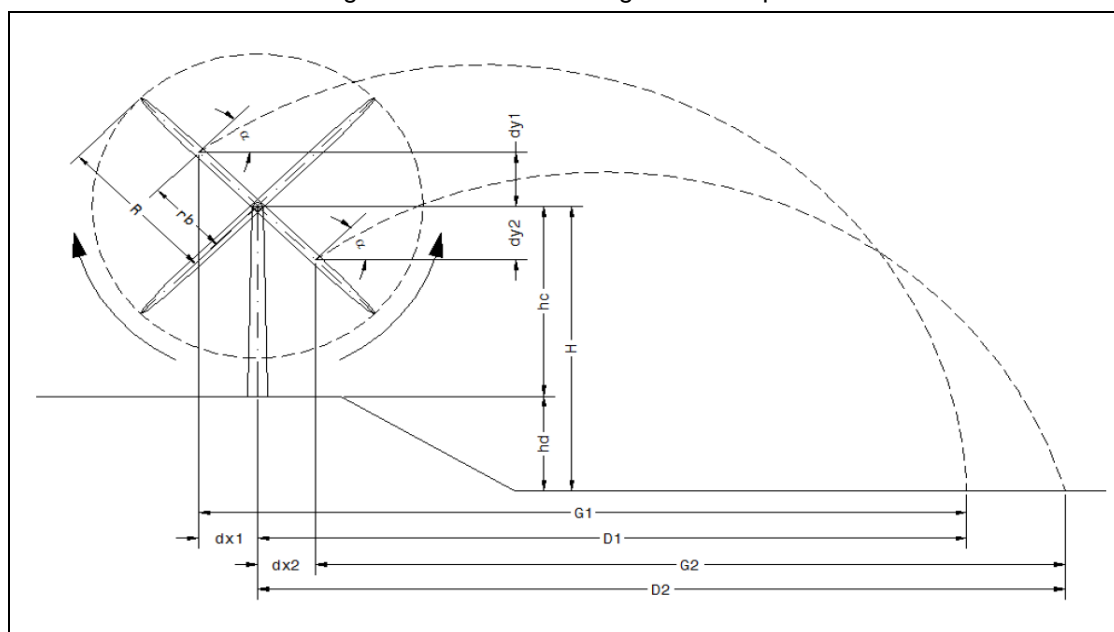
$$I \frac{d\omega}{dt} = 0$$

Supponendo di concentrare tutto il corpo nel centro di massa, il momento della forza peso è nullo (avendo scelto G come polo dei momenti). Pertanto, la seconda equazione, non essendoci forze di attrito viscoso, ci dice che il corpo durante la traiettoria che percorre mantiene l'assetto posseduto al momento del distacco.

La soluzione del problema viene dalla risoluzione della prima equazione ed evidenzia che la pala si muoverà con il moto di un corpo puntiforme e, di conseguenza, ne compirà il caratteristico andamento parabolico.

Il moto del punto G si può pensare come la composizione di due moti: uno rettilineo uniforme in direzione orizzontale, e uno uniformemente accelerato (con accelerazione modulo g) in direzione verticale. Ne segue che la traiettoria seguita dal suo centro di massa, ha un andamento parabolico. La gittata è la distanza tra il punto in cui viene lanciato il corpo (con velocità iniziale inclinata verso l'alto rispetto all'orizzontale) e il punto in cui esso ritorna al suolo.

Figura 94 – Traiettoria di gittata della pala



Per studiare la gittata di un corpo che si muove con moto parabolico (cioè sotto l'azione della sola forza peso e trascurando l'attrito con l'aria) utilizzeremo un sistema di riferimento cartesiano xy in cui l'origine O degli assi del sistema coincide con il punto da cui il corpo viene lanciato.

Si ha che:

$$a_x = 0 \quad a_y = -g.$$

Direzione x : il MOTO è RETTILINEO UNIFORME

Direzione y : il MOTO è UNIFORMEMENTE ACCELERATO

Da cui

$$v_x = v_{x0}$$

$$v_y = gt + v_{y0}$$

La velocità v_0 ha componenti nelle due direzioni:

$$v_x = v_0 \cos \theta$$

$$v_y = v_0 \sin \theta$$

Integrando si ha:

$$x = x_0 + v_{x0}t$$

$$y = \frac{1}{2}gt^2 + v_{y0}t + y_0$$

La gittata è la distanza percorsa dal corpo in direzione x prima di toccare terra.

Questo valore si trova imponendo che nella equazione sia nullo y e determinando così l'istante t in cui avviene il transito (e in questo caso l'impatto) alla quota $y = 0$

$$\frac{1}{2}gt^2 + v_{y0}t + y_0 = 0$$

Risolvendo l'equazione si ha:

$$t = \frac{-v_{y0} \pm \sqrt{v_{y0}^2 - 4\left(\frac{1}{2}gy_0\right)}}{g}$$

Questa equazione va sostituita nella seguente relazione in modo da calcolare la gittata massima

$$x = x_0 + v_{x0}t$$

Nel caso di gittata di rottura di una pala di un aerogeneratore si assumono le seguenti considerazioni:

Si suppone di porre $x_0 = 0$, e y_0 pari alla quota del baricentro G del sistema ipotizzato rispetto alla quota del piano di campagna.

$$y_0 = H_{\text{torre}} + Y_b$$

Dove

$$Y_b = r_b \sin \theta$$

con r_b distanza del centro di massa della pala eolica dal centro del mozzo

Si suppone che il moto sia circolare uniforme, per cui la velocità periferica è direttamente proporzionale al raggio secondo la formula

$$V_0 = V_b = \frac{2\pi n}{60} r_b$$

Il calcolo della gittata massima è stato sviluppato per l'aerogeneratore della VESTAS V162 dove si ipotizza che la rottura avvenga quando l'aerogeneratore è alla massima velocità di rotazione.

Figura 95 - Caratteristiche VESTAS V162

Diametro Rotore[m]	81
Altezza del mozzo[m]	125
Distanza del baricentro dalla radice della pala	22,48
Distanza del baricentro dal mozzo	24,20
Lunghezza della pala	79,282
Potenza nominale [MW]	6,2
Velocità rotore [rpm]	12,1
Velocità di <u>Cut-in</u> [m/s]	3,0
Velocità di <u>Cut-out</u> [m/s]	25,0
Velocità nominale [m/s]	30,66

4.1 Blade without the transport equipment (79 m blade)

0027438496

Table 4.1: Weight, dimensions, and CG of a 79 m blade without the transport equipment

Wind turbine type	L [mm]	L _w [mm]	L _{CG} [mm]	H [m-m]	H _{CG} [m-m]	W [metric tonnes]	D _o [mm]
EnVentus™ V162	7928-2	4437	22480 ± 200	4700	1574	22.800 ± 0.570	3290

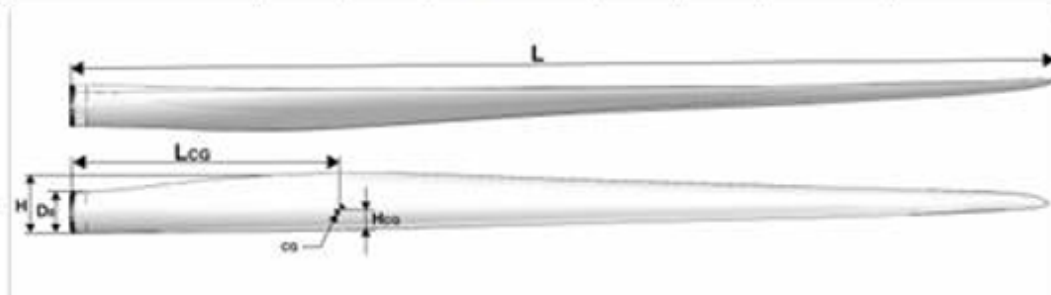


Figure 4.1: A 79 m blade without the transport equipment

Dall'analisi dell'equazione si può osservare che si avranno tante gittate quanti sono gli angoli di rottura dell'elemento rotante, il valore della gittata massima del corpo si ha per un angolo pari a 22,50 gradi e sarà pari a **197,97 m**. Questa gittata è comprensiva della distanza $dx_2 = rb \cos \theta$ come rappresentato in figura sotto.

A questa distanza, per porci nelle condizioni peggiori, va aggiunta la distanza della punta della pala rispetto al baricentro e cioè una distanza di 56,8 m (Vedi Figura 94).

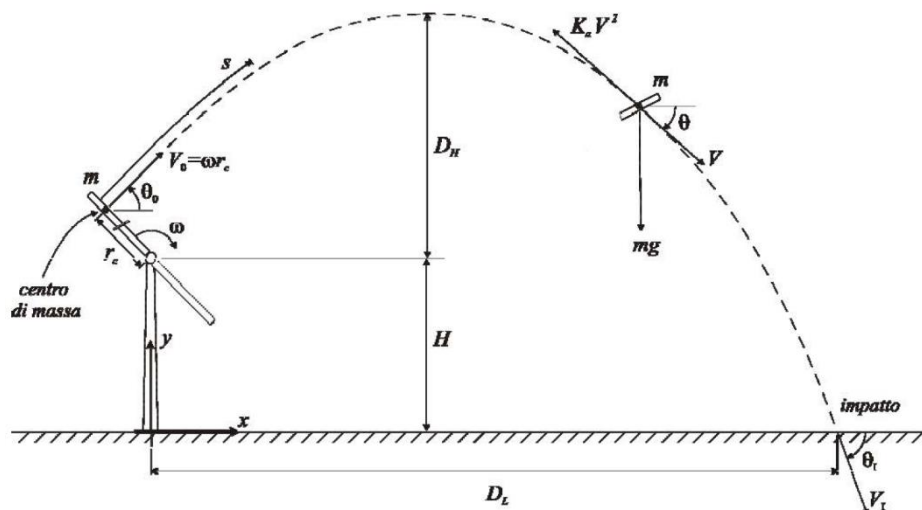
Sotto queste ipotesi la distanza comprensiva della lunghezza della pala è pari a **254,77 m**

7.1.3.2 CASO 2: MOTO IRROTAZIONALE CONSIDERANDO L'ATTRITO VISCOSO DELL'ARIA

Assenza di moti intorno agli assi XX, YY e ZZ. L'asse XX è allineato con la traiettoria. L'asse YY giace sul piano verticale

- Nessuna forza di portanza;
- La forza resistente agisce nel piano XY.

Figura 96 – Moto irrotazionale



In generale, la forza di attrito viscoso dipende, oltre che dalla velocità, anche dal fluido in cui l'oggetto si muove, dalla forma e dalle dimensioni dell'oggetto in movimento che, se scelti con criteri aerodinamici, riducono la formazione di vortici nel fluido.

Finché la velocità dell'oggetto è contenuta entro certi limiti, il flusso dell'aria attorno al corpo è laminare e la forza di attrito viscoso tra il corpo e l'aria cresce in modo direttamente proporzionale alla sua velocità.

Non appena cominciano a formarsi vortici nell'aria il flusso non è più laminare e l'attrito viscoso inizia ad aumentare in modo più rapido, e cioè direttamente proporzionale al quadrato della sua velocità.

Noi supporremo il caso descritto in cui la velocità è tale da non creare vortici (regime di Stokes), caso che è comunque cautelativo in quanto la resistenza aerodinamica del turbolento, come detto, è proporzionale al quadrato della velocità, valore sostanzialmente più elevato.

Se un oggetto di massa m viene lanciato con una velocità iniziale di modulo v_0 che forma un angolo α rispetto all'orizzontale oltre a un campo di gravità costante è presente una forza di attrito viscoso

$$F = - \gamma * v$$

il moto dell'oggetto è descritto dalle equazioni

$$x(t) - x_0 = (v_x / \gamma) * (1 - e^{- \gamma * t});$$

$$y(t) - y_0 = (v_y / \gamma) * (1 - e^{- \gamma * t}) - 0,5 * g * t^2$$

dove γ è il coefficiente di attrito, g è l'accelerazione di gravità, (x_0, y_0) sono le coordinate del punto da cui viene lanciato l'oggetto, prese come origine del sistema di riferimento, e (v_x, v_y) sono le componenti della velocità iniziale dell'oggetto lungo i due assi.

Il valore del coefficiente di attrito γ uguale a 0,134 è stato ricavato estrapolandolo da calcoli effettuati da Vestas, calcoli effettuati per diversi aerogeneratori in studi precedenti.

Se applichiamo le formule sopra descritte al caso in esame il valore della gittata diventa pari a **115,56 m** che sommato alla lunghezza della pala dalla punta fino al baricentro diventa **172,36 m**.

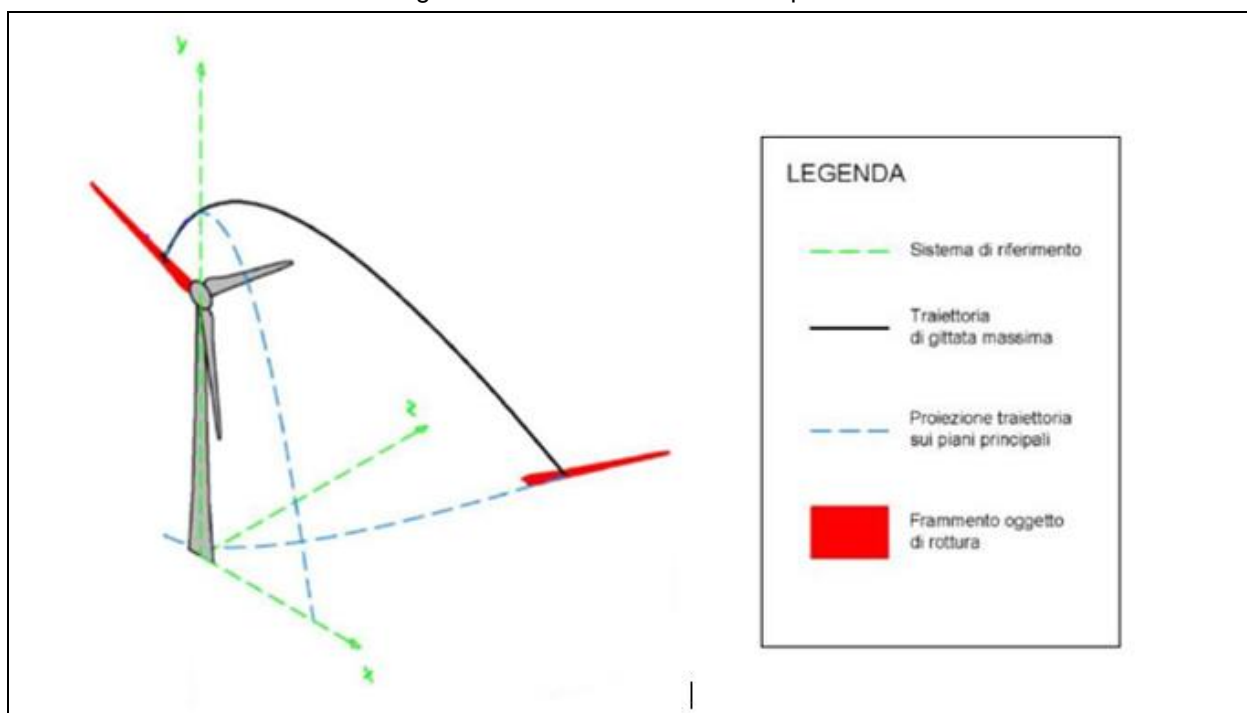
7.1.3.3 CASO 3: MOTO ROTAZIONALE COMPLESSO

In questo caso si considera il moto della pala al distacco dal rotore nel suo complesso considerando anche i moti di rotazione intorno agli assi XX, YY e ZZ. Questo è il caso più reale

della traiettoria di una pala. La rotazione della pala intorno all'asse ZZ è causato dalla conservazione del momento della quantità di moto.

L'incidenza del vento out-of-plane sulla pala genera un momento intorno all'asse YY (centro di massa e centro aerodinamico della pala non sono coincidenti). Il vento incidente out-of-plane sulla pala genera ancora un momento intorno all'asse XX (centro di massa della sezione di pala lungo la corda non coincide con il centro aerodinamico). La resistenza della pala sia in-plane che out-of-plane è generata dalla rotazione intorno agli assi XX e YY.

Figura 97 – Moto rotazionale complesso



I calcoli fatti per il CASO 2, pur considerando l'effetto viscoso, non considerano il moto rotazionale dovuto all'effetto del vento sulla pala trasversale al moto, se si tiene conto di queste forze aggiuntive di resistenza che si esercitano sulla pala, la gittata "reale" risulta **inferiore di circa il 20%**.

7.1.4 Considerazioni aggiuntive e valutazione conclusiva

Dalle considerazioni esposte si può concludere che ha senso effettuare un calcolo di gittata della pala intera in quanto esiste un punto di discontinuità, l'attacco bullonato che unisce la pala al mozzo, ed esiste un'ipotesi, seppur remota, sulla possibilità di cedimento di tale attacco.

Mentre l'effetto di distacco di una porzione della pala è da escludere in quanto è del tutto improbabile che ciò avvenga viste le caratteristiche realizzative della pala in questione.

Il valore della gittata reale della pala in seguito a rottura dell'attacco andrebbe effettuato considerando tutte le forze agenti sulla pala. Questo calcolo (CASO 3) risulta molto complicato e non necessario per il caso in esame. Per la valutazione della gittata della pala è stato utilizzato il calcolo del CASO 2 che risulta comunque ampiamente cautelativo.

Si conclude che la gittata della pala in seguito alla rottura dell'attacco mozzo-pala può essere assunto paria a 115,56 m che sommato alla lunghezza della pala dalla punta fino al baricentro diventa 172,36 m. All'interno dei buffer di 172,36 non è presente nessun fabbricato ad uso abitativo (si veda la tavola AMIST_PC_T014) per cui il rischio causato dalla rottura dell'attacco mozzo-pala della pala dell'aerogeneratore di progetto è accettabile.

8 DISMISSIONE E RIPRISTINO DEI LUOGHI

Le moderne turbine eoliche di media-grande taglia hanno ad oggi un'aspettativa di vita di circa 25-30 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 25-30 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.

Oltre a fornire le suddette garanzie per la reale dimissione degli impianti, il progetto di ripristino documenta il soddisfacimento dei seguenti criteri (paragrafo 4.3.6 dello "Studio per l'individuazione delle aree in cui ubicare gli impianti eolici (art. 112 delle NTA del PPR– art. 18, comma 1 della L.R. 29 maggio 2007, n. 2)"):

- annegamento della struttura di fondazione in calcestruzzo sotto il profilo del suolo per almeno 1 m.
- rimozione completa delle linee elettriche e conferimento agli impianti di recupero e trattamento secondo la normativa vigente;
- obbligo di comunicazione, a tutti i soggetti pubblici interessati.

Infatti, il piano di dimissione prevede, alla cessazione dell'attività produttiva, le modalità di rimozione della infrastruttura, le modalità di smaltimento del materiale dismesso e di tutte le opere connesse e il ripristino dei siti secondo le vocazioni proprie del territorio, comprese le strade di accesso e di servizio e le aree di supporto all'impianto che, a lavori ultimati dovranno essere sistemate con materiali provenienti dagli scavi in sito.

Il progetto di dismissione dell'impianto eolico in oggetto, denominato "Amistade", sito nei comuni di Escalaplano e Esterzili, terrà conto della particolare ubicazione e caratterizzazione del sito, dei criteri di costruzione e dei rapporti intercorrenti fra il proponente l'investimento e l'Autorità locale.

La fase di *decommissioning* delle turbine in progetto, della durata complessiva stimata in circa 350 giorni lavorativi, consisterà nelle attività di seguito descritte e riportate in dettaglio nello specifico elaborato progettuale (Elaborato AMIST_PC_A005 - *Piano di dismissione*).

A conclusione della vita operativa del parco e delle operazioni di dismissione, una volta accertata l'inopportunità della permanenza per altri usi; la rete viaria di nuova realizzazione verrà in parte dismessa, in particolare verranno eliminati i tratti di pista realizzati ex novo di collegamento fra la viabilità e le piazzole degli aerogeneratori.

Dopo lo smontaggio degli aerogeneratori verrà effettuata anche la rimodellazione del profilo del terreno relativo alle piazzole secondo lo stato ante operam. Il materiale eventualmente mancante verrà recuperato da quello in avanzo dalla rimozione di altre operazioni di riconfigurazione o proveniente da cave di prestito. Una volta ottenuto il profilo morfologico originario del terreno ante operam, verrà prevista la stesura di circa 10÷15 cm di terreno vegetale precedentemente scoticato. Per quanto riguarda il ripristino ambientale, come per la rete viaria, si ripristinerà la vegetazione presente antecedentemente la realizzazione dell'impianto. Nelle aree di piazzola si ritiene che la soluzione migliore per il ripristino ambientale sia quella di consentire la ricolonizzazione delle superfici ricoperte dal terreno vegetale con la flora autoctona presente in prossimità dell'area (Vedi es. nell'elaborato AMIST_PC_T011 Particolari costruttivi di mitigazione ambientale e stabilizzazione dei versanti).

Per quanto concerne la dismissione delle strutture edilizie della sottostazione produttore, verrà prevista la demolizione selettiva con la quale si aumenta la possibilità di riciclo e riutilizzo dei materiali.

Relativamente alla stazione utente si effettuerà una demolizione selettiva mediante un processo articolato in più fasi distinte, così configurata:

- rimozione di parti mobili esterne come le impermeabilizzazioni e le coperture e di tutti i materiali pericolosi;
- rimozione di impianti tecnici quali impianti elettrici, di condizionamento e delle installazioni sanitarie;
- rimozione di serramenti esterni ed interni;

- rimozione della pavimentazione e delle tramezzature;
- demolizioni di parti strutturali in cemento armato e relativo stoccaggio in contenitori separati.

Lo scopo è quello di separare gli elementi riusabili da utilizzare fuori dal cantiere e le varie frazioni di rifiuto: legno, ferro, vetro, metalli, plastica, materiali di natura lapidea.

Ci sono importanti vantaggi nella demolizione selettiva come la riduzione dei costi di trasporto, perché ogni cassone di materiale può essere condotto direttamente al luogo di smaltimento, e la possibilità di avere a disposizione materiali omogenei privi di impurità, quindi di maggior qualità.

I cavidotti non verranno rimossi per i tratti su viabilità esistente, essendo interrati, non determinano impatti sul paesaggio né occupazioni di nuovo suolo, e poiché il materiale del cavo risulta sostanzialmente inerte, non costituisce un pericolo per l'inquinamento delle falde sotterranee. Inoltre, è auspicabile pensare che i cavi già posati possano essere utilizzati da e-distribuzione per l'elettrificazione rurale, dismettendo eventualmente i cavi in Media Tensione attualmente aerei. Verranno invece dismessi i cavi MT nei tratti che interessano la "nuova viabilità" anch'essa da dismettere. L'operazione di dismissione nei tratti di nuova viabilità degli elettrodotti prevede le seguenti operazioni:

- Scavo a sezione ristretta lungo la trincea dove sono stati posati i cavi;
- Rimozione, in sequenza, di nastro segnalatore, tritubo, cavi MT e corda di rame;
- Dopo aver rimosso in sequenza i materiali, saranno ricoperti gli scavi con il materiale di risulta. Naturalmente, dove il percorso interessa il terreno vegetale, sarà ripristinato come ante-operam, effettuando un'operazione di costipatura del terreno.

I materiali da smaltire, escludendo i conduttori dei cavi MT che hanno un loro valore commerciale (dovuto alla presenza di alluminio) e la corda in rame dell'impianto di terra, sono il nastro segnalatore, il tritubo, ed eventuali materiali edili di risulta dello scavo. Tutti i materiali estratti dagli scavi saranno trasportati in appositi centri di smaltimento/recupero.

Per gli aerogeneratori la dismissione comporterà lo smontaggio dapprima delle pale, di seguito della navicella e poi, per ultime, delle sezioni componenti la struttura tubolare di sostegno (5-6 in funzione della turbina installata). Lo smontaggio avverrà con l'impiego di due gru, una principale e una gru ausiliaria.

Le pale, una volta smontate, verranno posizionate tramite le gru su autoarticolati in maniera tale da poter provvedere al trasporto presso il costruttore per il loro ricondizionamento e il

successivo riutilizzo (tale modalità di dismissione delle pale si è già attuato nelle attività di reblading del parco eolico di Ulassai di proprietà del proponente).

Tutte le parti metalliche costituenti il mozzo, il moltiplicatore, i gruppi idraulici e i radiatori verranno conferire presso centri specializzati nel recupero dei materiali metallici.

Relativamente alle sezioni d'acciaio costituenti la torre, si effettuerà una prima riduzione delle dimensioni degli elementi smontati in loco da parte di imprese specializzate nel recupero dei materiali ferrosi al fine di evitare problemi di trasporto conseguenti alla circolazione stradale di mezzi eccezionali. Alle imprese specializzate competeranno gli oneri di demolizione, trasporto e conferimento all'esterno del sito, ma potranno spettare parte dei proventi derivanti dalla vendita dei rottami.

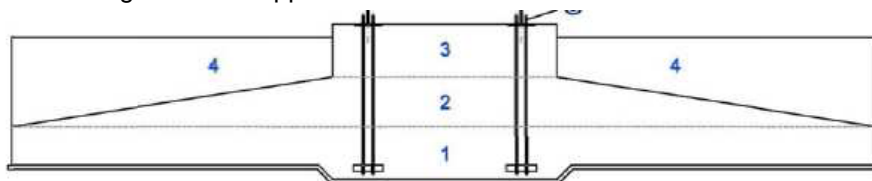
Le navicelle saranno smontate e avviate a vendita o a recupero materiali per le parti metalliche riciclabili, o in discarica autorizzata per le parti non riciclabili.

I componenti elettrici, costituiti da quadri di protezione, inverter e trasformatori, saranno rimossi e conferiti presso idoneo impianto di smaltimento; in ogni caso tutte le parti ancora funzionanti, come i trasformatori e gli inverter, potranno prioritariamente essere commercializzati nelle reti di vendita specializzate.

Come già anticipato la dismissione delle fondazioni degli aerogeneratori prevederà l'annegamento della struttura di fondazione in calcestruzzo sotto il profilo del suolo per almeno 1 m.

Tale condizione viene garantita tramite la demolizione e rimozione totale del solo soprizzo finale della fondazione (colletto n.3 nell'immagine), progettato appunto per risultare interrato di almeno un metro e garantire una più facile dismissione;

Figura 98 – Rappresentazione della struttura di fondazione.



La produzione di rifiuti derivante dallo smantellamento di un impianto eolico è veramente molto esigua, la maggior parte delle componenti delle diverse strutture, può essere riciclata e reimmessa nel processo produttivo come materia riciclabile anche di pregio.

I rifiuti prodotti sono classificati ai sensi della parte IV “Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati” del Codice dell’Ambiente D.Lgs. 152/2006. Nell’art.181, la priorità che deve esser data alla riduzione dello smaltimento finale dei rifiuti attraverso:

- Il riutilizzo, il riciclo o le altre forme di recupero;
- L'adozione di misure economiche e la determinazione di condizioni di appalto che prevedano l'impiego dei materiali recuperati dai rifiuti al fine di favorire il mercato dei materiali medesimi;
- L'utilizzazione dei rifiuti come combustibile o come altro mezzo per produrre energia.

Secondo l’art. 184 comma 1, i rifiuti vengono classificati, secondo l'origine, in urbani e rifiuti speciali e, secondo le caratteristiche di pericolosità, in rifiuti pericolosi e rifiuti non pericolosi.

Al comma 3, invece, si enuncia che tra i rifiuti speciali vi sono:

- b) i rifiuti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione, nonché i rifiuti che derivano dalle attività di scavo, fermo restando quanto disposto dall'articolo 186;

Di seguito si riporta una tabella delle categorie principali di rifiuti derivanti dal processo di dismissione di un parco eolico:

Tabella 20 – Categorie principali di rifiuti derivanti dalla dismissione

CODICE CER		DESCRIZIONE
13	01	scarti di oli per circuiti idraulici
13	02	scarti di olio motore, olio per ingranaggi e oli lubrificanti
13	03	oli isolanti e termoconduttori di scarto
13	08	rifiuti di oli non specificati altrimenti
15	01	imballaggi (compresi i rifiuti urbani di imballaggio oggetto di raccolta differenziata)
15	02	assorbenti, materiali filtranti, stracci e indumenti protettivi
16	02	scarti provenienti da apparecchiature elettriche ed elettroniche
16	03	prodotti fuori specifica e prodotti inutilizzati
16	06	batterie ed accumulatori

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (NU). – Gennaio 2023

17	01	cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche
17	02	legno, vetro e plastica
17	03	miscele bituminose, catrame di carbone e prodotti contenenti catrame
17	04	metalli (incluse le loro leghe)
17	05	terra (compreso il terreno proveniente da siti contaminati), rocce e fanghi di dragaggio
17	09	altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione

9 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:

Tabella 21 – Suddivisione delle attività per Appaltatore/Subappaltatore/Fornitore

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. - Realizzazione stazione produttore - Sistemazione ambientale delle piazzole. 	<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; - Elettrodotto AT tra stazione utente e stazione a 150kV.
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.

Per la sequenza di attività necessarie alla realizzazione del presente progetto può stimarsi una durata indicativa dei lavori di circa 19 mesi, per un dettaglio si veda quanto riportato nel cronoprogramma riportato nell'Elaborato AMIST_PC_A003 Cronoprogramma dei lavori.