

Impianto eolico di Collinas

Progetto definitivo – integrazioni volontarie

Oggetto:

COL-75.00 – Studio di trasportabilità

Proponente:



Sorgenia Renewables S.r.l.
Via Algardi 4
Milano (MI)

Progettista:



Stantec S.p.A.
Centro Direzionale Milano 2, Palazzo Canova
Segrate (Milano)

Rev. N.	Data	Descrizione modifiche	Redatto da	Rivisto da	Approvato da
00	27/03/2024	Prima Emissione – integrazioni volontarie	A.Scaparrotti	M. da Ros	P. Polinelli
Fase progetto: Definitivo			Formato elaborato: A4		

Nome File: COL.75 - Studio di trasportabilità.docx

Indice

1	PREMESSA	5
1.1	Contenuti della relazione.....	6
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	7
3	CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL TRASPORTO.....	9
3.1	CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI DEGLI AEROGENERATORI	9
3.1.1	PALE	9
3.1.2	MOZZO	9
3.1.3	NAVICELLA.....	9
3.1.4	TORRE	10
3.1.5	ALBERO MOTORE	10
3.1.6	UNITÀ DI TRASFORMAZIONE	10
3.1.7	MASSIME DIMENSIONI DI TRASPORTO	10
3.2	CARATTERISTICHE DEI MEZZI DI TRASPORTO ECCEZIONALE.....	11
4	ANALISI DELLE CRITICITÀ	13
4.1	INGOMBRI E PESO DEL TRASPORTO.....	13
4.1.1	PESO DEI VEICOLI	13
4.1.2	ALTEZZA LIBERA	14
4.2	VINCOLI PLANIMETRICI	14
4.2.1	RAGGI DI CURVATURA	14
4.2.2	DISTANZA CURVA-CONTROCURVA	15
4.2.3	LARGHEZZA STRADA	15
4.3	VINCOLI ALTIMETRICI	15
4.3.1	PENDENZA	15
4.3.2	RAGGI VERTICALI	16
4.4	OSTACOLI	16
4.4.1	CENTRI ABITATI	16
4.4.2	GUARDRAIL E SEGNALETICA	16
4.4.3	PONTI E ATTRAVERSAMENTI.....	17
4.4.4	ROTATORIE	17
5	VIABILITÀ PERCORSO.....	18
5.1	PERCORSO RACCOMANDATO	18

5.1.1	TRATTO PORTO INDUSTRIALE DI ORISTANO – AREA DI TRASBORDO	25
5.1.2	TRATTO AREA TRASBORDO – ACCESSO C01, C02, C03.....	30
5.1.3	TRATTO AREA TRASBORDO – ACCESSO C04, C05.....	31
5.1.4	TRATTO AREA DI TRASBORDO – ACCESSO C06	35
5.1.5	TRATTO AREA DI TRASBORDO – ACCESSO C07 - C08.....	38
6	CONCLUSIONI.....	43

Indice delle figure

Figura 2-1: Inquadramento territoriale dell'impianto di Collinas	7
Figura 2-2: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto eolico Collinas.....	8
Figura 3-1: Semirimorchio speciale per il trasporto pala	11
Figura 3-2: Esempio di blade lifter	11
Figura 3-3: Confronto tra mezzi di trasporto tradizionali ed eccezionali.....	12
Figura 4-1: Raggio verticale.....	16
Figura 5-1: Percorsi raccomandati per il transito dei componenti degli aerogeneratori	19
Figura 5-2: Tratto di percorso dal Porto Industriale di Oristano all'area di trasbordo con profilo altimetrico.....	20
Figura 5-3: Tratto di percorso dall'area di trasbordo ai punti di accesso agli aerogeneratori C01, C02 e C03.....	21
Figura 5-4: Tratto di percorso dall'area di trasbordo ai punti di accesso agli aerogeneratori C04 e C05 con profilo altimetrico	21
Figura 5-5: Tratto di percorso dall'area di trasbordo al punto di accesso all'aerogeneratore C06 con profilo altimetrico	22
Figura 5-6: Tratto di percorso dall'area di trasbordo ai punti di accesso agli aerogeneratori C07 e C08 con profilo altimetrico	23
Figura 5-7: Localizzazione dei principali interventi di modifica della viabilità esistente.	24
Figura 5-8: Porto Industriale di Oristano – apertura da realizzare (Intervento 1)	25
Figura 5-9: Immissione in SP49 – rimozione temporanea isole di traffico e segnaletica stradale (Intervento 2 - 3)	26
Figura 5-10: Esempi di interventi di potatura della vegetazione e di rimozione temporanea di segnaletica stradale lungo il tragitto.....	27
Figura 5-11: Immissione in SS131 da SP49 – rimozione temporanea isole di traffico e segnaletica stradale (Intervento 4 – 5)	28
Figura 5-12: Uscita dalla SS131 – rimozione temporanea dei guardrail (Intervento 6)	29
Figura 5-13: Immissione in SP53 da strada consortile di collegamento SS131/SP46 – rimozione temporanea isole di traffico e segnaletica stradale (Intervento 7)	30
Figura 5-14: Area di trasbordo	31
Figura 5-15: SP53 – potatura della vegetazione (Intervento 8 – 9)	32

Figura 5-16: By-pass di collegamento tra SP53 e la strada comunale Santa Maria (Intervento 10 – 11).....	32
Figura 5-17: Strada comunale Santa Maria – slarghi da realizzare (Intervento 12 -13 - 14 – 17)	33
Figura 5-18: Strada comunale Santa Maria – By-pass da realizzare (Intervento 15 – 16)	34
Figura 5-19: Tratti antistanti gli accessi agli aerogeneratori C04 e C05 – slarghi da realizzare (Intervento 18)	35
Figura 5-20: Immissione in strada consortile di collegamento SS131/SP46 da SP53 – rimozione temporanea isola di traffico e segnaletica stradale (Intervento 19)	36
Figura 5-21: Tratto tra la strada consortile di collegamento SS131/SP46 e la SP46 – rimozione temporanea isole di traffico e segnaletica stradale (Intervento 20 – 21)	37
Figura 5-22: Svoltata da SP5 in strada comunale Mogoro Lunamatrona – slargo da realizzare (Intervento 22)	38
Figura 5-23: Complanare est – garantire 6,5 m di altezza libera dal manto stradale (Intervento 23)	39
Figura 5-24: Immissione in SP52 da Complanare Est – rimozione temporanea isola di traffico e segnaletica stradale (Intervento 24)	40
Figura 5-25: SP52 – Realizzazione area di passaggio e rimozione cavo aereo (Intervento 25 – 26).....	41
Figura 5-26: Immissione in SP49 da SP52 – Rimozione isole di traffico, vegetazione e segnaletica stradale (Intervento 27 – 28).....	42
Figura 5-27: SP49 e Viale dei Lecci – Realizzazione slarghi e rimozione temporanea degli ostacoli (Intervento 29 – 30).....	42

1 PREMESSA

La società Sorgenia Renewables S.r.l, d'ora in avanti il proponente, intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nella provincia del Sud Sardegna, in agro del comune di Collinas.

L'impianto sarà costituito da 8 aerogeneratori di potenza unitaria nominale fino a 6 MW, per una potenza installata complessiva fino a 48 MW.

Data la potenza dell'impianto, superiore ai 10.000 kW, il servizio di connessione sarà erogato in alta tensione (AT), ai sensi della Deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 23 luglio 2008 n.99 e s.m.i.

Gli aerogeneratori forniscono energia elettrica in bassa tensione (690V) e sono pertanto dotati di un trasformatore MT/BT ciascuno, alloggiato all'interno dell'aerogeneratore stesso e in grado di elevare la tensione a quella della rete del parco. La rete del parco è costituita da un cavidotto interrato in media tensione (30kV), tramite il quale l'energia elettrica viene convogliata dagli aerogeneratori alla sottostazione elettrica (SSE) di trasformazione AT/MT di proprietà del proponente che sarà collegata in antenna ad una nuova stazione elettrica (SE) di smistamento a 380/150/36 kV della RTN, da inserirsi in modalità entra-esce sulla linea a 380 kV "Ittiri-Selargius" (nel seguito "nuova SE").

Le opere progettuali sono quindi sintetizzate nel seguente elenco:

- parco eolico composto da 8 aerogeneratori, da 6 MW ciascuno, con torre di altezza fino a 125 m e diametro del rotore fino a 170 m, e dalle relative opere civili connesse quali strade di accesso, piazzole e fondazioni;
- impianto di rete, consistente in una nuova SE di smistamento a 380/150/36 kV della RTN da inserirsi in modalità entra-esce sulla futura linea a 380 kV "Ittiri-Selargius". Il progetto delle opere di rete, predisposto dal proponente Green Energy Sardegna 2 S.r.l., ha ottenuto il benestare di Terna in data 19/12/2023 ed è attualmente in fase di Valutazione di Impatto Ambientale al MASE (Codice procedura (ID_VIP/ID_MATM):7859);
- impianto di utenza per la connessione alla RTN, consistente nella rete di terra, nella rete di comunicazione in fibra ottica, nel cavidotto in media tensione (30kV) interamente interrato e sviluppato principalmente sotto strade esistenti, nella SSE di trasformazione 150/30 kV di proprietà del Proponente e nell'elettrodotta a 150 kV di collegamento tra la SSE e la nuova SE.

I progetti del tipo in esame rispondono a finalità di interesse pubblico (riduzione dei gas ad effetto serra, risparmio di fonti fossili scarse ed importate) ed in quanto tali sono indifferibili ed urgenti, come stabilito dalla legge 1° giugno 2002, n. 120, concernente "Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11

dicembre 1997" e dal D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" e s.m.i..

1.1 Contenuti della relazione

La presente relazione, presentata come integrazione volontaria, ha l'obiettivo di illustrare le caratteristiche della viabilità che sarà adottata per il transito dei mezzi eccezionali, necessari al trasporto dei componenti dei nuovi aerogeneratori dell'impianto eolico in esame.

Nel capitolo 3 vengono evidenziati i requisiti, le linee guida nonché le tipiche criticità che sono alla base dell'identificazione e pianificazione di un progetto di viabilità. Nel capitolo 4 vengono descritte le caratteristiche dimensionali dei componenti dei nuovi aerogeneratori che verranno installati e dei mezzi eccezionali impiegati per il loro trasporto. Infine, nel capitolo 5 sono illustrati i possibili percorsi di collegamento al sito con particolare dettaglio al percorso maggiormente indicato per il transito dei componenti dal porto all'impianto.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito in cui sarà ubicato il parco eolico di nuova costruzione è collocato nel comune di Collinas, nella provincia del Sud Sardegna, in Sardegna.

L'impianto eolico di Collinas è localizzato a circa 45 km dal capoluogo, a circa 1,2 km dal centro urbano del comune di Collinas, ed a circa 8 km in direzione nord-ovest dal centro abitato del comune di Sanluri.

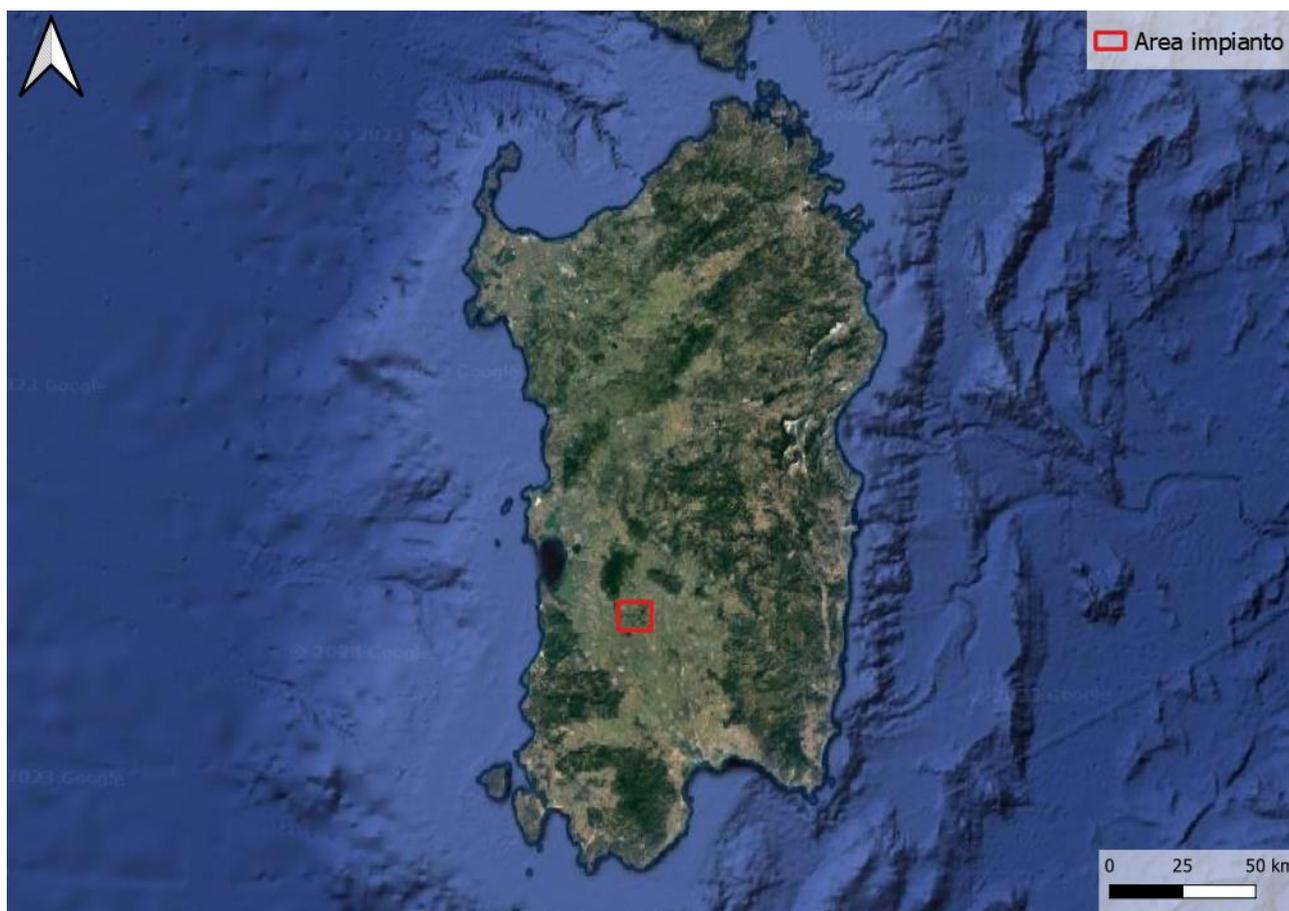


Figura 2-1: Inquadramento territoriale dell'impianto di Collinas

L'impianto eolico di Collinas è situato in una zona prevalentemente collinare caratterizzata da un'altitudine media pari a circa 300 m s.l.m., con sporadiche formazioni di arbusti e la presenza di terreni seminativi/incolti.

Il parco eolico ricade all'interno dei seguenti fogli catastali:

- Fogli 1,4, 7, 8, 9, 10, 22 nel comune di Collinas

In Figura 2-2 è riportato l'inquadramento territoriale dell'area nel suo stato di fatto e nel suo stato di progetto, con la posizione degli aerogeneratori su ortofoto.

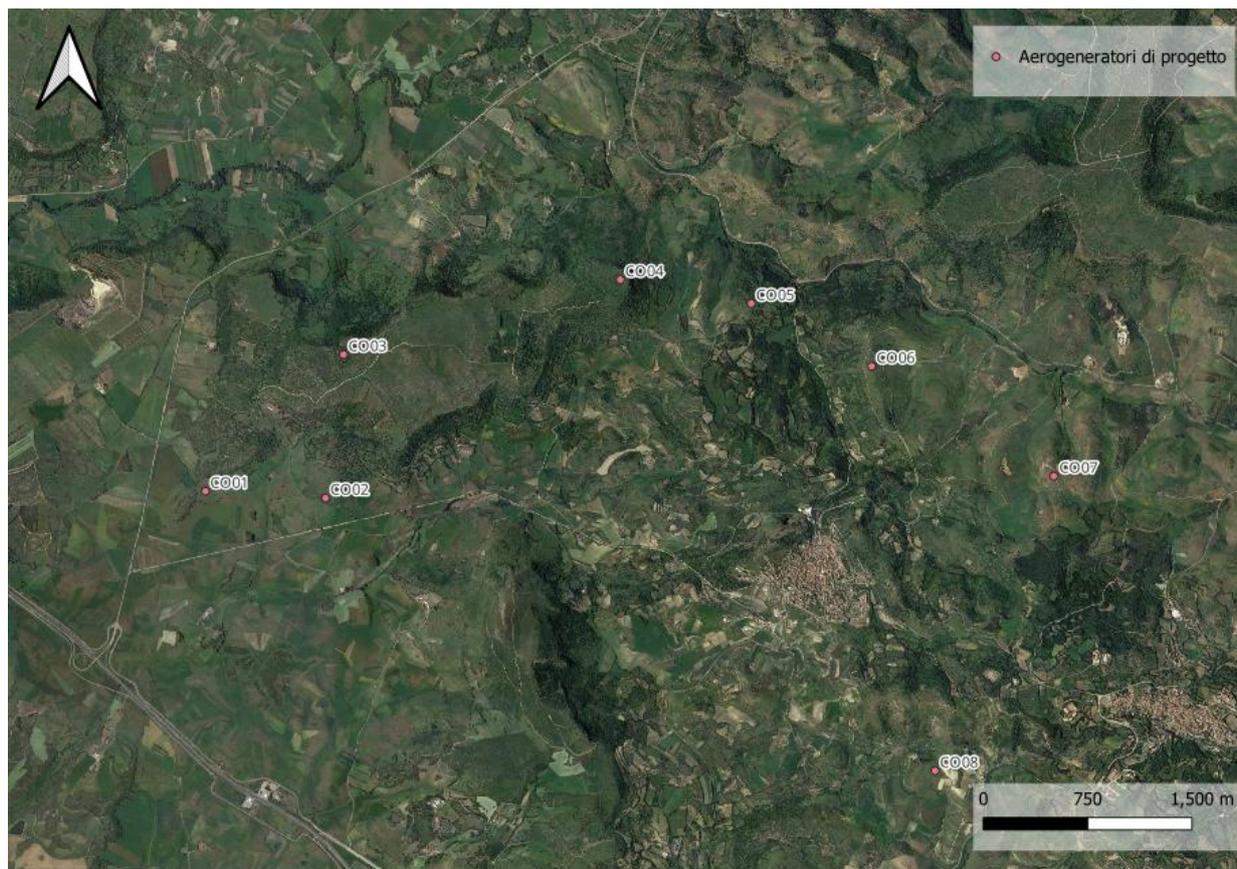


Figura 2-2: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto eolico Collinas

Si riporta in formato tabellare un dettaglio sulla localizzazione delle turbine eoliche di nuova costruzione, in coordinate WGS84 UTM fuso 32 N:

Tabella 2-1: Localizzazione geografica degli aerogeneratori di nuova costruzione

ID	Comune	Est [m]	Nord [m]
CO01	Collinas	481841	4388538
CO02	Collinas	482705	4388489
CO03	Collinas	482834	4389529
CO04	Collinas	484824	4390072
CO05	Collinas	485765	4389899
CO06	Collinas	486631	4389443
CO07	Collinas	487941	4388648
CO08	Collinas	487087	4386511

3 CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL TRASPORTO

Il presente capitolo ha l'obiettivo di illustrare le caratteristiche dimensionali (geometria e peso) sia dei componenti da trasportare, sia dei mezzi di trasporto eccezionale.

3.1 CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI DEGLI AEROGENERATORI

L'intervento di realizzazione dell'impianto eolico in oggetto di studio, prevede l'installazione di aerogeneratori di potenza nominale fino a 6,0 MW ciascuno, caratterizzati da un diametro del rotore con dimensione massima di circa 170 m. Il costruttore e il modello degli aerogeneratori da installare verranno individuati in fase di acquisto della macchina, in seguito ad una selezione tra i diversi produttori di aerogeneratori presenti in quel momento sul mercato.

Di seguito, si riportano le caratteristiche geometriche dell'aerogeneratore impiegato per il progetto. I valori di peso e dimensioni ivi riportati sono da considerarsi approssimativi e privi degli strumenti di trasporto, di carico/scarico e di kit assemblaggio.

3.1.1 PALE

Le dimensioni di ciascuna pala sono riportate nella tabella seguente:

Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]	Peso [ton]
79,350	4,320	3,294	21,700

3.1.2 MOZZO

Le dimensioni del mozzo sono riportate nella tabella seguente:

Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]	Peso [ton]
4,980	4,401	4,040	64,000

3.1.3 NAVICELLA

Le dimensioni della navicella (inclusa Unità di Trasformazione e Generatore) sono riportate nella tabella seguente:

Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]	Peso [ton]
18,176	4,200	4,350	83,670

3.1.4 TORRE

Le dimensioni di ciascuna sezione della torre sono riportate nella tabella seguente:

Sezione	D inferiore [m]	D superiore [m]	lunghezza [m]	Peso [ton]
1	4,400	3,980	29,000	63,000
2	4,400	4,400	28,840	69,000
3	4,400	4,400	24,640	78,000
4	4,650	4,400	18,760	75,000
5	4,650 + flangia inferiore 0,350	4,650	11,670	84,000

3.1.5 ALBERO MOTORE

Le dimensioni dell'albero motore sono riportate nella tabella seguente:

Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]	Peso [ton]
7,500	2,700	3,000	94,040

3.1.6 UNITÀ DI TRASFORMAZIONE

Le dimensioni dell'unità di trasformazione sono riportate nella tabella seguente:

Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]	Peso [ton]
-	-	-	15,000

3.1.7 MASSIME DIMENSIONI DI TRASPORTO

Dall'analisi dei dati precedentemente evidenziati risulta la presenza di una gerarchia di criticità dimensionali tra i vari componenti di progetto. Nello specifico, si riportano nella seguente tabella i valori massimi riferiti alle diverse dimensioni per il trasporto in oggetto.

Dimensione critica	Elemento	Valore
Lunghezza	Pala	79,350 [m]
Larghezza	Torre (Sez. 5)	4,650 + flangia inferiore 0,350 [m]
Altezza	Torre (Sez. 1)	29,000 [m]
Peso	Albero motore	94,040 [ton]

3.2 CARATTERISTICHE DEI MEZZI DI TRASPORTO ECCEZIONALE

Come si evince dal paragrafo precedente, i componenti più critici risultano essere la pala e le sezioni di torre. Per il loro trasporto si fa uso di mezzi di trasporto eccezionale quali il semirimorchio speciale, come visibile in Figura 3-1. Nel caso delle pale, è inoltre possibile impiegare un blade lifter, visibile in Figura 3-2. Montato su un semovente o tra linee di assi modulari, questo adattatore permette di caricare componenti di turbine eoliche, sollevarle ad un angolo di circa 90°, orientarle e ruotarle di 360° attorno al proprio asse. Un terzo asse di rotazione verticale si può rendere disponibile su richiesta, il che consente un ulteriore angolo di rotazione laterale di 20°, opzione raccomandata per l'utilizzo in aree fortemente urbanizzate. Il veicolo è configurato generalmente su un SPMT a 8 assi e con una capacità di 500 ton/m. Per il trasporto degli altri componenti ci si potrà avvalere di mezzi eccezionali quali semirimorchi a culla o ribassati, come illustrati in Figura 3-3 dove viene evidenziata la differenza tra i trasporti tradizionali e quelli in cui non vi è connessione tra i due assi di appoggio.

Si specifica che i convogli predisposti al trasporto di Torri - Navicelle - Drive train - Hub sono idonei al traino nei due sensi di marcia e le rispettive motrici sono predisposte al traino anteriore. Importante è notificare inoltre che, a causa della necessità di effettuare dei convogli eccezionali, la pala deve essere autoportante e il rispettivo rimorchio idoneo al sollevamento idraulico della stessa.

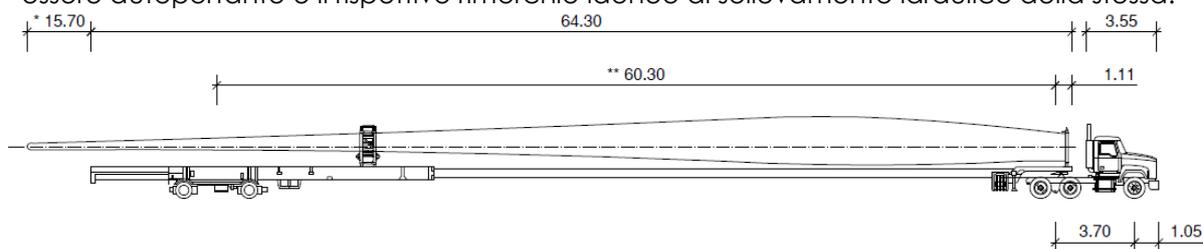


Figura 3-1: Semirimorchio speciale per il trasporto pala



Figura 3-2: Esempio di blade lifter



Figura 3-3: Confronto tra mezzi di trasporto tradizionali ed eccezionali

4 ANALISI DELLE CRITICITÀ

L'analisi della trasportabilità ha come obiettivo principale quello valutare la fattibilità del trasporto dei vari componenti delle turbine per la costruzione dell'impianto eolico.

Ai fini di selezionare i potenziali percorsi di accesso al sito, è necessario procedere in primo luogo con la valutazione degli ingombri dei componenti principali e successivamente con lo studio della viabilità stradale dal porto accessibile più vicino fino al sito di installazione.

Nella scelta del percorso ottimale esistono dei requisiti chiave risultanti dagli ingombri dei componenti e dalle direttive del produttore degli aerogeneratori. Occorre inoltre precisare che nell'identificazione del percorso più idoneo concorrono delle considerazioni temporali derivanti da una serie di tempi "tecnici di attesa" che possono posticipare la realizzazione di progetto (autorizzazioni al transito comunale, regionale e privato; tempistiche di trasporto; reperimento dati tecnici; autorizzazioni sovrintendenze beni culturali e ambientali). Da qui, dunque, lo scopo del lavoro: individuare il miglior percorso come equilibrio fra tempi di esecuzione e lavori da eseguire.

Le strade necessarie al raggiungimento del parco eolico sono state varate e valutate per consentire il trasporto di tutti i componenti nel tentativo di utilizzare prevalentemente strade esistenti e limitando al massimo i lavori stradali (ampliamento della carreggiata, rimozione temporanea di segnaletica, rimozione temporanea delle ringhiere, abbassamento temporaneo delle pareti laterali sulla carreggiata, riempimento delle grondaie lungo il bordo della strada, ecc.).

4.1 INGOMBRI E PESO DEL TRASPORTO

4.1.1 PESO DEI VEICOLI

La capacità di carico delle strade del parco eolico è almeno di 2 Kg/cm². Inoltre, come criterio aggiuntivo, le strade del parco eolico sono progettate per sopportare un carico sull'asse del camion di 12 Ton.

La verifica della capacità portante sarà effettuata mediante prova di carico statica a piastra in sito. Il laboratorio accreditato che effettua la prova di carico statica a piastra dovrà stabilire i criteri di accettazione per confermare la capacità portante richiesta.

Nel caso in cui il trasporto o la mobilitazione della gru verrà effettuato utilizzando lo strato di sottofondo, le prove di carico a piastra verranno effettuate sullo strato di sottofondo seguendo gli stessi criteri di accettabilità di cui sopra; la progettazione della base stradale dovrà pertanto considerare il trasporto sullo strato di sottofondo.

Il peso del convoglio è un elemento critico nell'individuazione del percorso; il carico massimo utilizzato di 12 tonnellate per asse, è richiesto dagli enti proprietari delle strade. Qualora si renda

necessario superare tale limite potranno essere richiesti dagli Enti proprietari delle strade gli studi di portanza dei ponti di terzo livello.

La gravità dei carichi comporta una maggiore accortezza in fase di pianificazione, specialmente nel caso di attraversamento di ponti, per i quali è necessario siano noti tutti punti critici. Il medesimo comportamento andrebbe tenuto nel caso di strade con un'insufficiente diffusione dell'asfalto, poiché il carico eccessivo potrebbe portare a rottura di queste ultime.

A tal scopo, nella fase successiva della progettazione, si prevede di interpellare l'ente gestore di ogni ponte soggetto ad attraversamento al fine di verificarne le opportune condizioni ed i dati di progetto. Nel caso di documentazione/informazione assente, il proponente verificherà tramite test la resistenza di tali opere.

4.1.2 ALTEZZA LIBERA

L'altezza libera della strada deve essere di minimo 4,7 m dal punto più alto del manto stradale. Questo valore minimo di 4,7 m dipende dalla disponibilità degli speciali rimorchi idraulici a letto basso per trasporto delle sezioni della torre, dalle dimensioni finali delle sezioni della torre e dalla protrusione dell'estremità della pala.

Qualsiasi ostacolo o pericolo permanente sopraelevato (ad esempio, linee elettriche e telefoniche) deve essere segnalato con appositi indicatori visivi che saranno mantenuti per tutta la durata della costruzione e installazione del parco eolico. Tutte le linee elettriche e delle telecomunicazioni aeree dovranno essere ad almeno 6 m dal manto stradale. Inoltre, nei tratti di collegamento tra l'area di trasbordo e gli accessi agli aerogeneratori, tutti gli ostacoli dovranno essere ad almeno 6,5 m dal manto stradale.

In aggiunta, dall'area di trasbordo in poi, vicino alle curve, sia 100 metri prima che 100 metri dopo, nel mezzo della carreggiata, sarà necessario garantire uno spazio aereo libero da qualsiasi ostacolo (come rami e cavi) per consentire il sollevamento della pala.

4.2 VINCOLI PLANIMETRICI

4.2.1 RAGGI DI CURVATURA

La presenza di curve con raggio ridotto rappresenta un ostacolo al transito delle pale a causa della significativa lunghezza, come ad esempio nel caso delle rotatorie. Le criticità di questo tipo sono analizzate singolarmente per ottimizzarne la risoluzione; tuttavia, spesso si procede con la rimozione della segnaletica e con il passaggio, quando possibile, all'interno o all'esterno della curva stessa. Altre soluzioni includono il passaggio al di sopra delle aree delimitate da guardrail o il passaggio con piastre d'acciaio, purché si abbia cura del cambio di gradiente.

In conformità con le direttive dettate dal produttore si raccomanda un raggio di curvatura non inferiore a 70 m per i tratti del percorso dove non è previsto l'impiego del blade lifter.

4.2.2 DISTANZA CURVA-CONTROCURVA

L'assenza di curve dal raggio di curvatura eccessivamente ridotto è condizione necessaria ma non sufficiente al transito del trasporto; è infatti necessario che due curve consecutive con centri ai lati opposti della strada siano sufficientemente distanziate. In conformità con le direttive dettate dal produttore si raccomanda una distanza minima di 160 m tra curva e contro-curva.

4.2.3 LARGHEZZA STRADA

Ai fini di garantire sufficiente spazio per un trasporto dei componenti degli aerogeneratori in sicurezza, è necessario che la pista rispetti una larghezza utile minima di 4,5 m. I requisiti di larghezza sono funzione del raggio curvatura e crescono con il diminuire di quest'ultimo; tipicamente, gli stessi costruttori di aerogeneratori forniscono direttive su come correlare questi due parametri.

Inoltre, laddove è previsto il passaggio di gru cingolate la larghezza utile minima della carreggiata deve essere aumentata e concordata con la compagnia fornitrice di tali mezzi.

4.3 VINCOLI ALTIMETRICI

4.3.1 PENDENZA

La pendenza è uno dei principali fattori critici nella pianificazione del trasporto e rappresenta un vincolo che è funzione delle traiettorie da percorrere e delle condizioni del manto stradale. È buona norma quella di rispettare le direttive dettate dal produttore degli aerogeneratori e valutare, in caso di pendenze più ripide, l'uso del doppio puller in tiro e frenatura.

Con conseguente aumento dei costi, potrebbe essere necessario utilizzare unità trattori con un adeguato gancio e veicoli di spinta aggiuntivi in modo da superare le pendenze più ripide anche in condizioni di superficie/costruzione inadeguate. All'incremento in lunghezza dell'intero trattore corrisponde una maggiore considerazione nella pianificazione stradale, specialmente in termini di raggi di curva.

In conformità con le direttive dettate dal produttore, per le strade di nuova realizzazione, la massima pendenza longitudinale per tratti rettilinei non supera il 9 % per strade sterrata e il 14% per strade pavimentate.

Nel caso di curve con raggio ridotto e ampio angolo, la massima pendenza longitudinale da considerarsi è stata ridotta proporzionalmente alla complessità della curva, e comunque il valore massimo non eccede il 7 % nel caso di strada sterrata, ed il 14% nel caso di strada pavimentata.

La pendenza laterale non dovrà comunque essere superiore al 2%.

Nei tratti su cui è previsto il passaggio di gru cingolate la massima pendenza longitudinale andrà valutata così da prevedere eventuali adattamenti per il transito di tali mezzi.

La pendenza laterale in discesa risulta un altro elemento da tenere in considerazione. A seconda della stagione e delle condizioni meteorologiche, i requisiti per le pendenze possono variare, pertanto potrebbe essere necessario utilizzare ulteriori trattori o veicoli per la decelerazione.

4.3.2 RAGGI VERTICALI

Il raggio verticale è un parametro che caratterizza la variazione della pendenza; per garantire un transito ottimale è necessario non soltanto che la pendenza sia limitata, ma che essa muti gradualmente. Per il tipo di aerogeneratore impiegato, il produttore raccomanda un raggio minimo di 500 m.

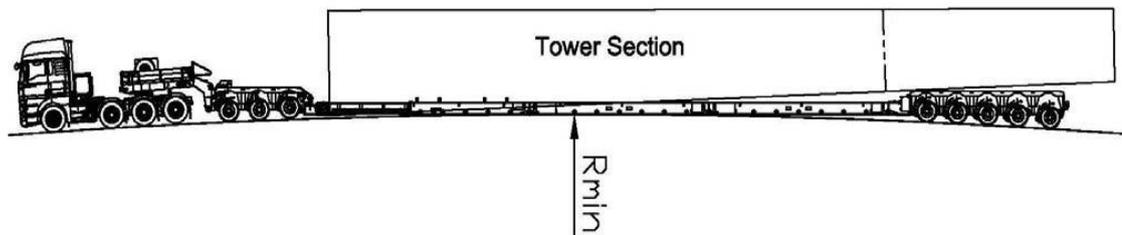


Figura 4-1: Raggio verticale

4.4 OSTACOLI

4.4.1 CENTRI ABITATI

Nonostante delle modifiche alle opere di ingegneria civile possano essere impiegate per risolvere alcune criticità, generalmente il passaggio attraverso aree urbane e zone abitative risulta molto problematico ed è quindi preferibile il passaggio per tangenziali che consentano di evitarle.

4.4.2 GUARDRAIL E SEGNALETICA

Nell'affrontare talune curve, il trasporto può spesso trovarsi all'esterno della carreggiata nella sua parte sospesa. In questi casi, i normali guardrail non costituiscono intralcio alla viabilità in quanto sono sorvolati dal trasporto. Di contro, i parapetti a doppia altezza e l'eventuale segnaletica possono limitare il transito; a seconda dei casi, può dunque essere necessaria la rimozione del secondo raggio di protezione. Riguardo la segnaletica, è possibile utilizzare una connessione meccanica maschio-femmina per il supporto del segnale con un'altezza inferiore a 60 cm. L'auto apripista stesso li rimuoverà e li ricollegherà dopo che il camion è passato.

4.4.3 PONTI E ATTRAVERSAMENTI

È necessario prestare particolare attenzione ai ponti e ad altri tipi di attraversamenti per assicurarsi che la loro capacità portante massima sia sufficiente a consentire il passaggio di veicoli carichi. Una semplice ispezione visiva potrebbe non essere sufficiente e dunque sarà necessaria un'analisi dei dati di progetto per ogni ponte o, in sua assenza, dei test per valutarne la resistenza. In caso di capacità portante insufficiente, sarà necessario cercare un itinerario alternativo o mettere in atto soluzioni tecniche adeguate a consentire il transito sicuro dei camion, da valutare con il produttore degli aerogeneratori.

4.4.4 ROTATORIE

Nell'affrontare alcune rotatorie, il raggio di curvatura e la larghezza della carreggiata potrebbero limitare lo spazio di manovra per i trasporti. Fattore di facile risoluzione attraverso la rimozione dei segnali e dei guardrail, la potatura della vegetazione o interventi civili di lieve entità.

5 VIABILITÀ PERCORSO

Questo capitolo affronta la valutazione della trasportabilità degli elementi costituenti gli aerogeneratori, a partire dall'individuazione del porto più idoneo allo sbarco degli stessi fino all'ingresso della viabilità interna al servizio dell'impianto.

L'intero studio è stato condotto, considerando il trasporto su gomma per tutti i componenti dell'aerogeneratore, con particolare attenzione agli elementi più impattanti e precisamente: pale (trasporto più esteso in lunghezza di circa 80 m), torre (trasporto più esteso in larghezza di circa 5 m) e albero motore (trasporto più pesante circa 95 ton).

In caso di curve con raggi di curvatura insufficienti, per minimizzare o addirittura escludere interventi di adattamento, sono state prese in considerazione nuove tecniche di trasporto che riducono al minimo lo spazio di manovra del veicolo. Infatti, rispetto alle tradizioni tecniche di trasporto, è stato valutato anche l'uso di mezzi che consentono di modificare il modello di carico durante il trasporto e di conseguenza limitare i raggi di curvatura, e quindi le dimensioni della carreggiata, i movimenti della terra e l'impatto sul territorio, sono ridotti al minimo.

5.1 PERCORSO RACCOMANDATO

Il percorso raccomandato per il transito di tutti i componenti degli aerogeneratori conduce dal Porto Industriale di Oristano, individuato per lo sbarco e il prelievo per carico su gomma dei componenti degli aerogeneratori, fino all'area di trasbordo, dalla quale si dirama per raggiungere i diversi accessi al sito di progetto.

- Per raggiungere l'area di trasbordo dal Porto Industriale di Oristano le strade da percorrere saranno, nell'ordine: SP49, SS131, strada consortile di collegamento SS131/SP46, SP53. L'area di trasbordo, di dimensioni 100 m x 150 m, andrà realizzata a lato della strada SP53. Tale area sarà utilizzata per caricare i componenti sulle gru/ rimorchi speciali/ blade lifter, da utilizzare da questo punto del tragitto in poi.
- Il punto di accesso agli aerogeneratori C01, C02 e C03 è adiacente all'area di trasbordo.
- Dall'area di trasbordo le strade da percorrere per il raggiungimento del punto di accesso agli aerogeneratori C04 e C05 sono, nell'ordine: SP53, strada comunale Santa Maria.
- Per raggiungere il punto di accesso all'aerogeneratore C06 dall'area di trasbordo, invece, le strade da percorrere saranno, nell'ordine: SP53, strada consortile di collegamento SS131/SP46, SP69, strada comunale Mogoro Lunamatrona.
- Infine, le strade da percorrere per raggiungere il punto di accesso agli aerogeneratori C07 e C08 dall'area di trasbordo sono, nell'ordine: SP53, strada consortile di collegamento SS131/SP46, Complanare Est, SP52, SP49, Viale dei Lecci (per C08).

Il percorso di cui sopra è stato raccomandato perché consente il transito dei componenti con degli interventi temporanei sulla viabilità di minore rilievo rispetto ad altri tragitti, ed è raffigurato e descritto rispettivamente nella Figura 5-1.

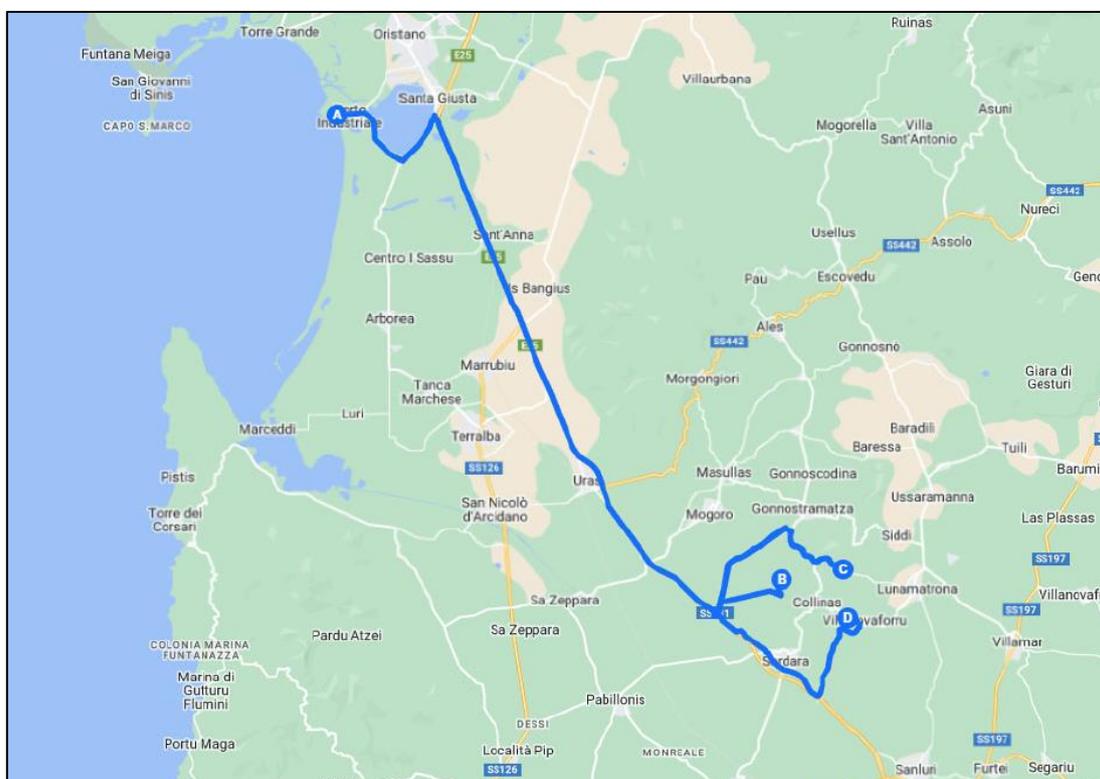


Figura 5-1: Percorsi raccomandati per il transito dei componenti degli aerogeneratori

Il tratto del percorso che va dal Porto Industriale di Oristano all'area di trasbordo è caratterizzato da una lunghezza di circa 41 km e dal profilo altimetrico riportato nella seguente figura.

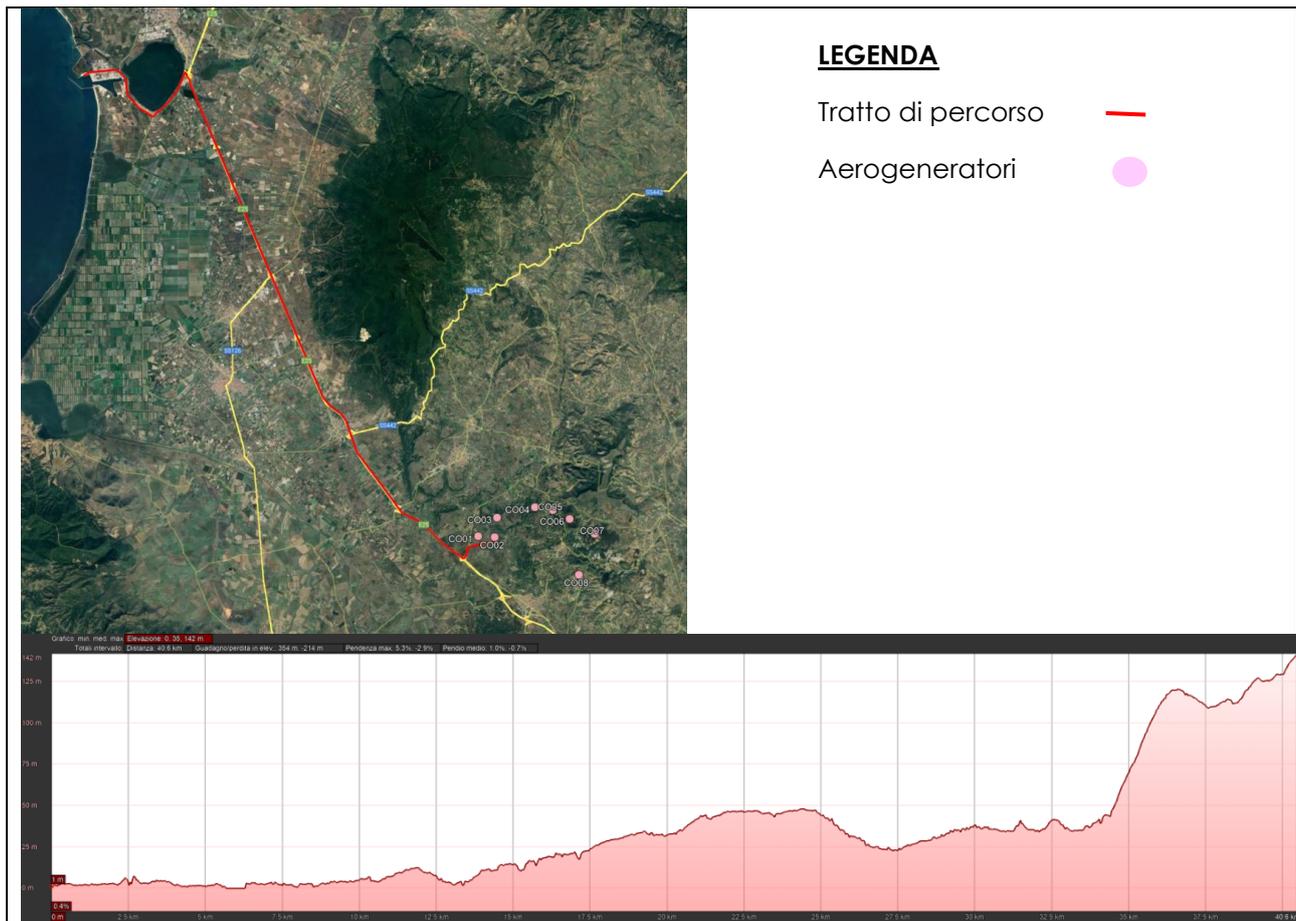


Figura 5-2: Tratto di percorso dal Porto Industriale di Oristano all'area di trasbordo con profilo allometrico.

L'area di trasbordo risulta adiacente ai punti di accesso agli aerogeneratori C01, C02 e C03, come riportato nella seguente figura.

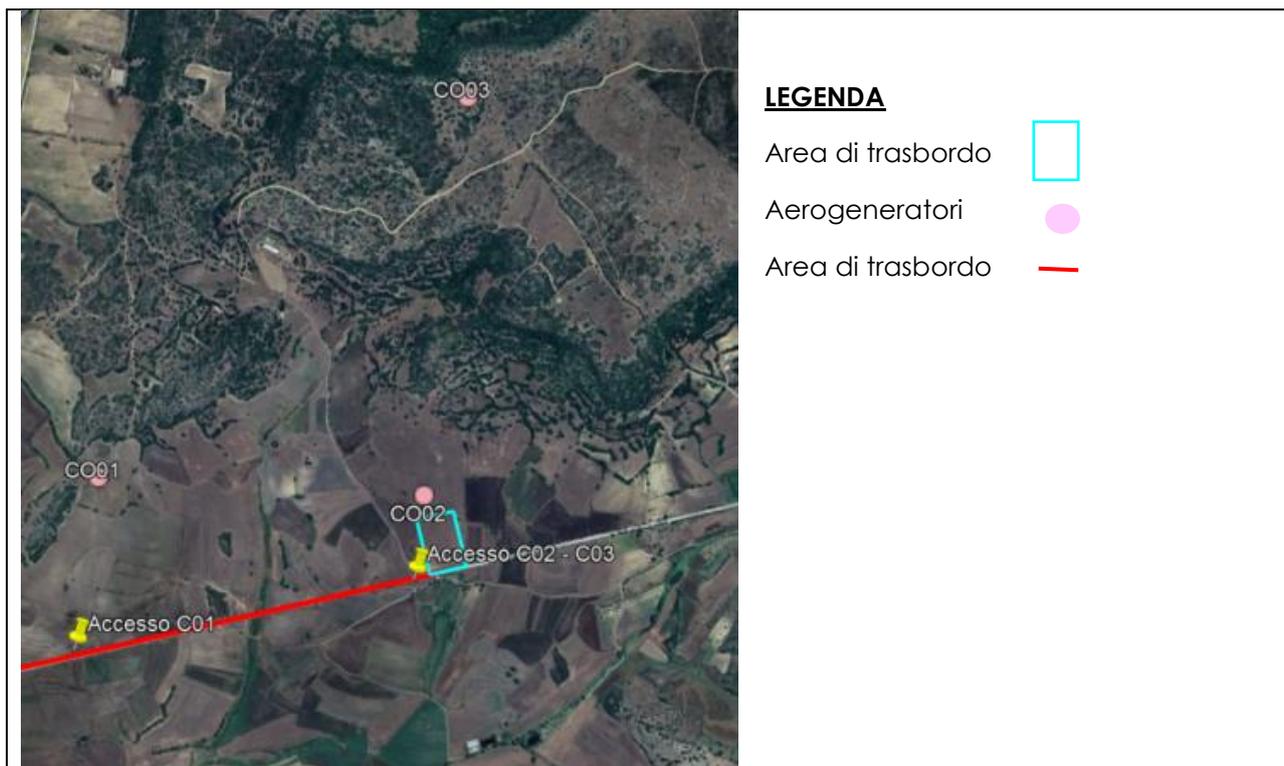


Figura 5-3: Tratto di percorso dall'area di trasbordo ai punti di accesso agli aerogeneratori C01, C02 e C03.

Il tratto del percorso che va dall'area di trasbordo ai punti di accesso agli aerogeneratori C04 e C05 è caratterizzato da una lunghezza di circa 3 km e dal profilo altimetrico riportato nella seguente figura.

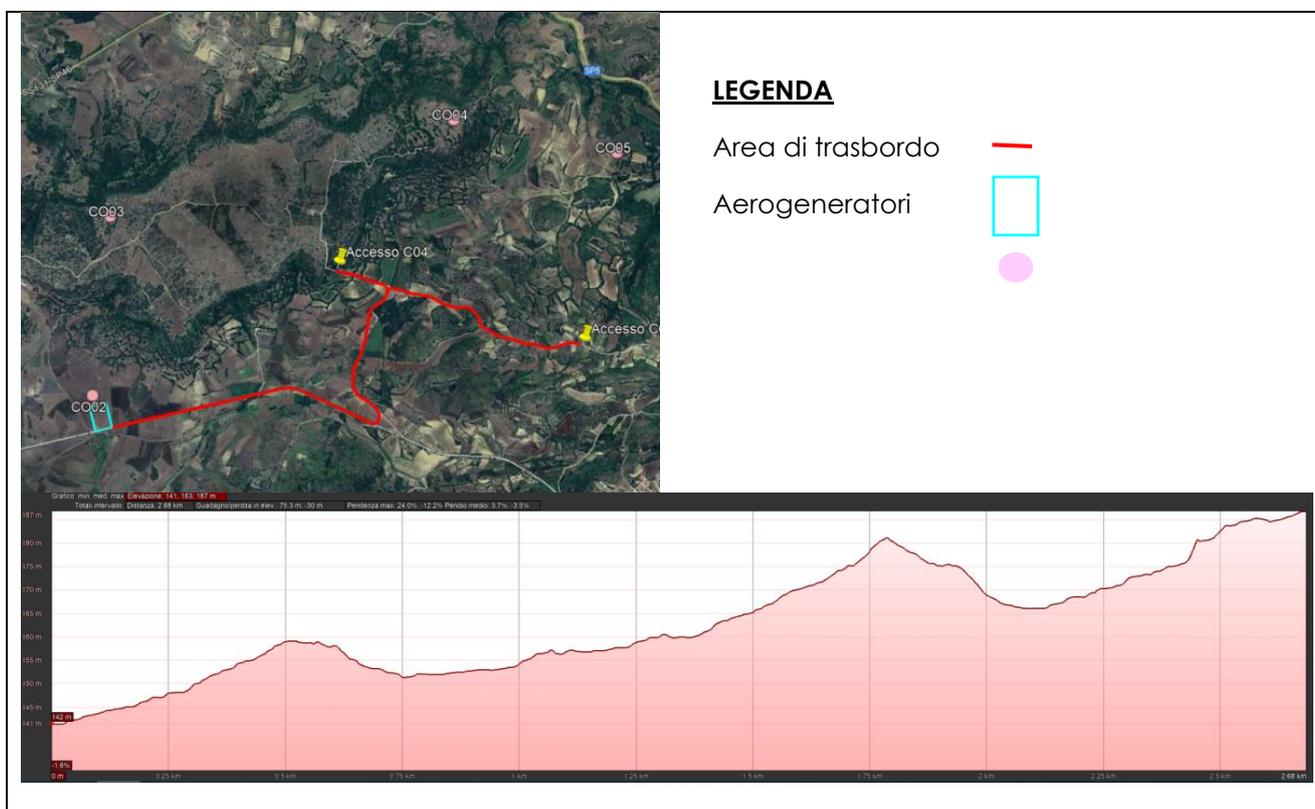


Figura 5-4: Tratto di percorso dall'area di trasbordo ai punti di accesso agli aerogeneratori C04 e C05 con profilo altimetrico

Il tratto del percorso che va dall'area di trasbordo al punto di accesso all'aerogeneratore C06 è caratterizzato da una lunghezza di circa 12 km e dal profilo altimetrico riportato nella seguente figura.

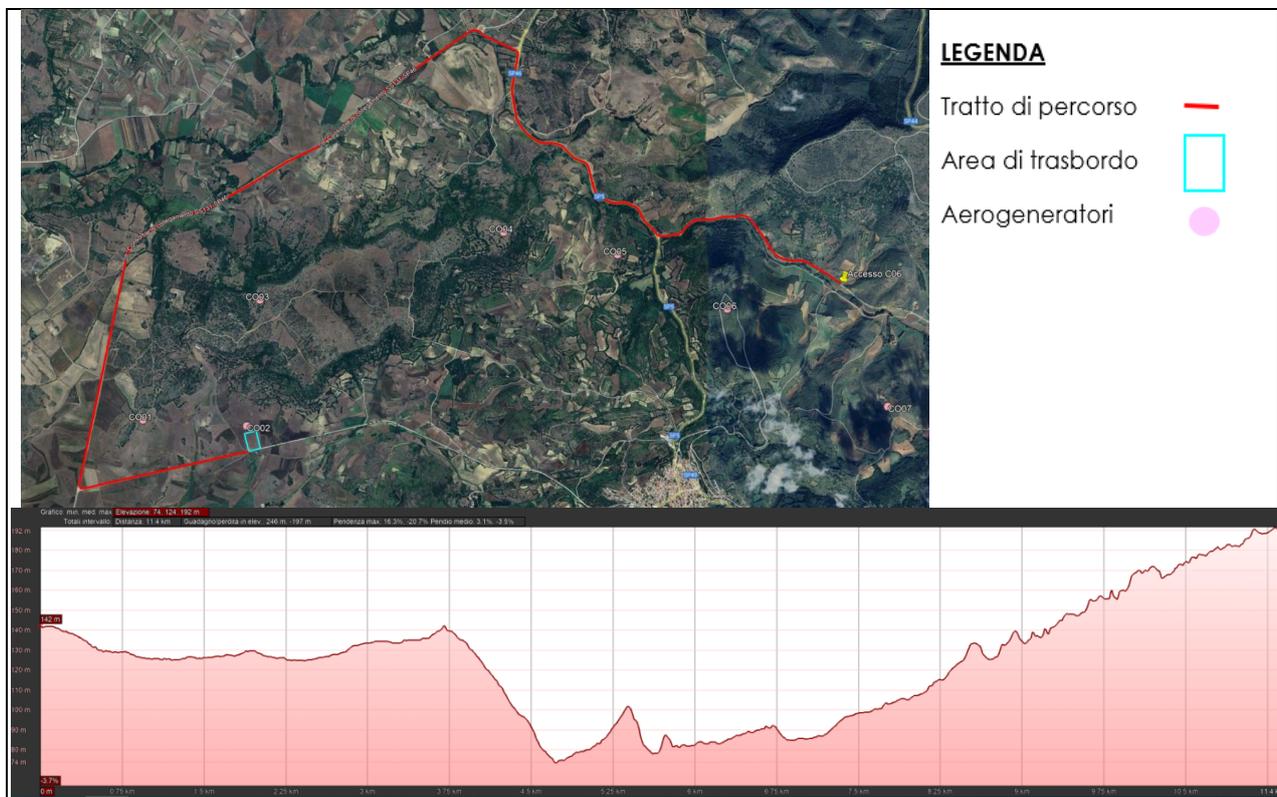


Figura 5-5: Tratto di percorso dall'area di trasbordo al punto di accesso all'aerogeneratore C06 con profilo altimetrico

Il tratto del percorso che va dall'area di trasbordo ai punti di accesso agli aerogeneratori C07 e C08 è caratterizzato da una lunghezza di circa 16 km e dal profilo altimetrico riportato nella seguente figura.

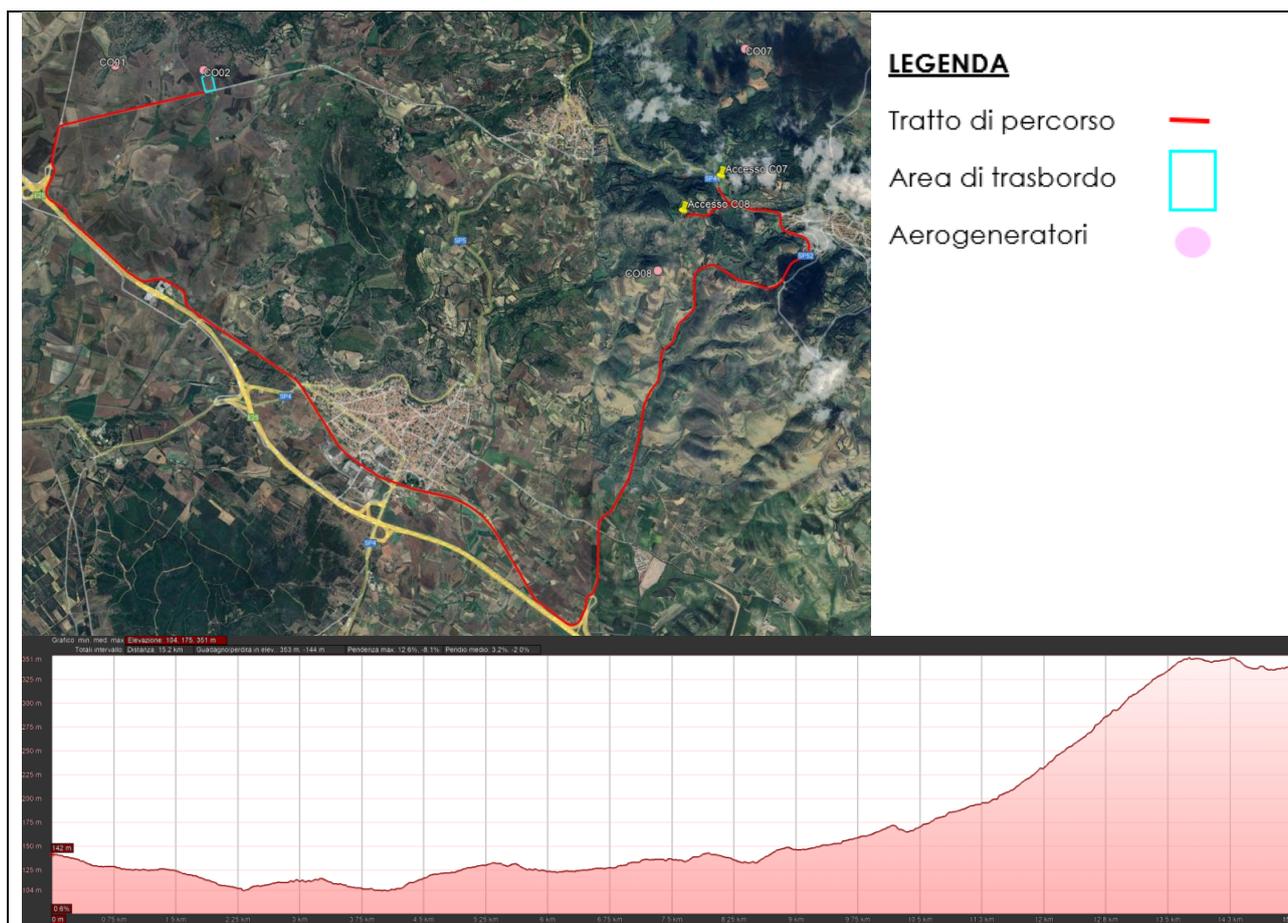


Figura 5-6: Tratto di percorso dall'area di trasbordo ai punti di accesso agli aerogeneratori C07 e C08 con profilo altimetrico

Sul percorso sono presenti diverse rotatorie, guardrail, segnali stradali, vegetazione sporgente e ostacoli di altro tipo che andranno rimossi temporaneamente per consentire il passaggio dei mezzi.

Inoltre, nei tratti che dall'area di trasbordo conducono agli accessi degli aerogeneratori, sono previsti interventi di compattazione e livellamento del manto stradale e di realizzazione di by-pass, slarghi e aree di passaggio.

Di seguito si riporta la localizzazione dei principali interventi in progetto.

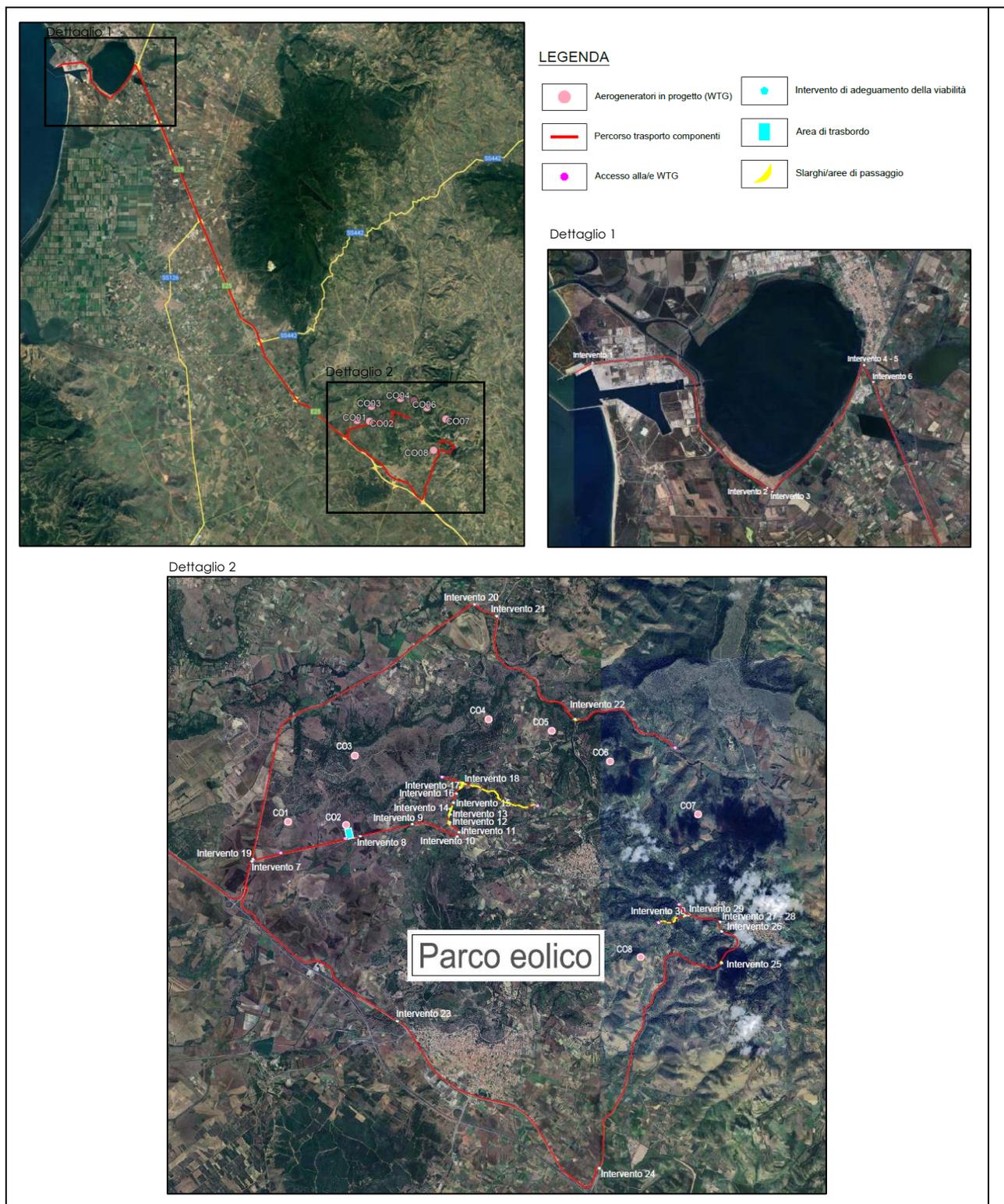


Figura 5-7: Localizzazione dei principali interventi di modifica della viabilità esistente.

Si rimanda all'elaborato "COL-74 – Adeguamento viabilità esterna" per una visione d'insieme del percorso e degli interventi previsti lungo lo stesso.

5.1.1 TRATTO PORTO INDUSTRIALE DI ORISTANO – AREA DI TRASBORDO

In questo paragrafo si riportano le maggiori criticità e i maggiori interventi da attuare per consentire il transito dei mezzi di trasporto dei componenti degli aerogeneratori nel tratto di percorso dal Porto Industriale di Oristano fino all'area di trasbordo, rappresentato in Figura 5-2 e di lunghezza pari a circa 41 km.

La Figura 5-8 include uno scatto dello spiazzale e dell'uscita dal porto; sarà necessario realizzare un'apertura di larghezza minima pari a 6 m per consentire il transito dei mezzi.

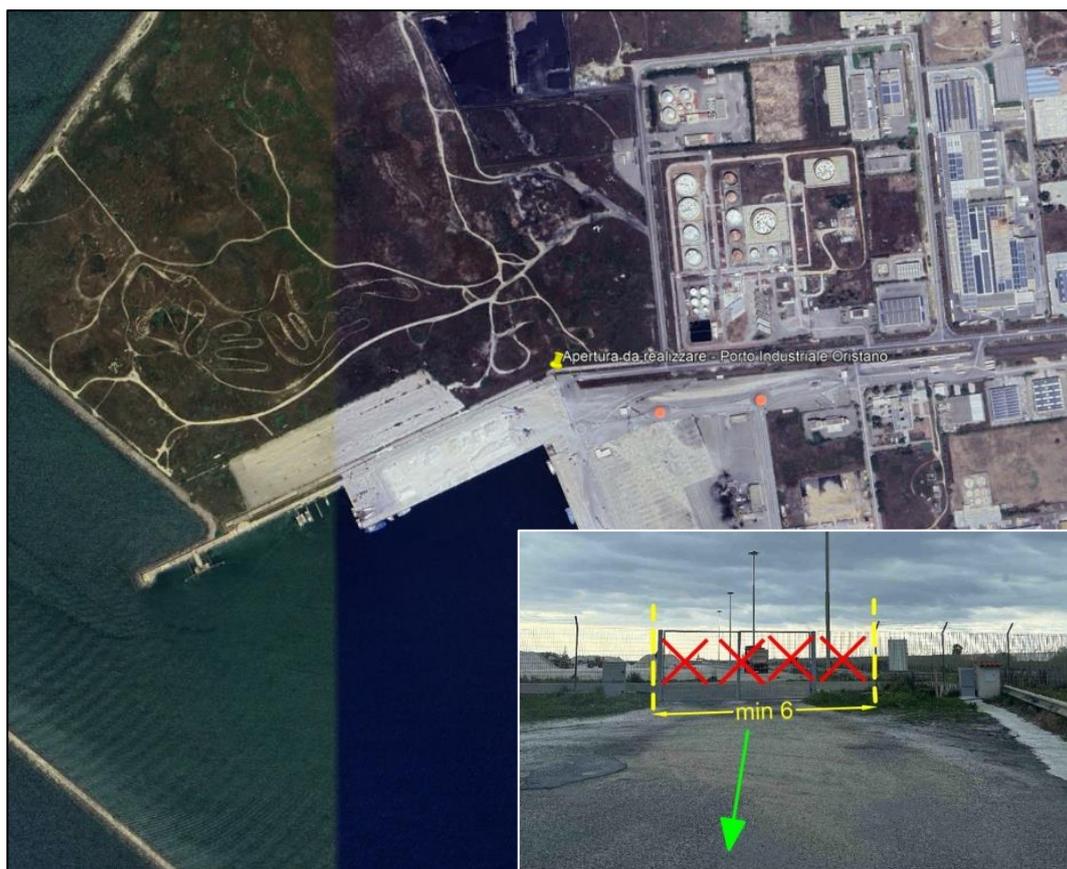


Figura 5-8: Porto Industriale di Oristano – apertura da realizzare (Intervento 1)

All'immissione nella SP49 è necessaria la rimozione temporanea di alcune isole di traffico e della segnaletica stradale, come riportato nella figura successiva. Possono in alternativa essere previsti interventi temporanei di modifica delle isole di traffico per renderle attraversabili dai mezzi pesanti, quali l'installazione di rampe (previa rimozione della segnaletica stradale sopra di esse).



Figura 5-9: Immissione in SP49 – rimozione temporanea isole di traffico e segnaletica stradale (Intervento 2 - 3)

Lungo tutto il tragitto saranno necessari diversi interventi di rimozione temporanea della segnaletica stradale e di potatura della vegetazione. La segnaletica sarà ripristinata al termine delle attività di trasporto.

Nella seguente figura si riportano delle fotografie di tratti sui quali sono previsti questi interventi a titolo esemplificativo.

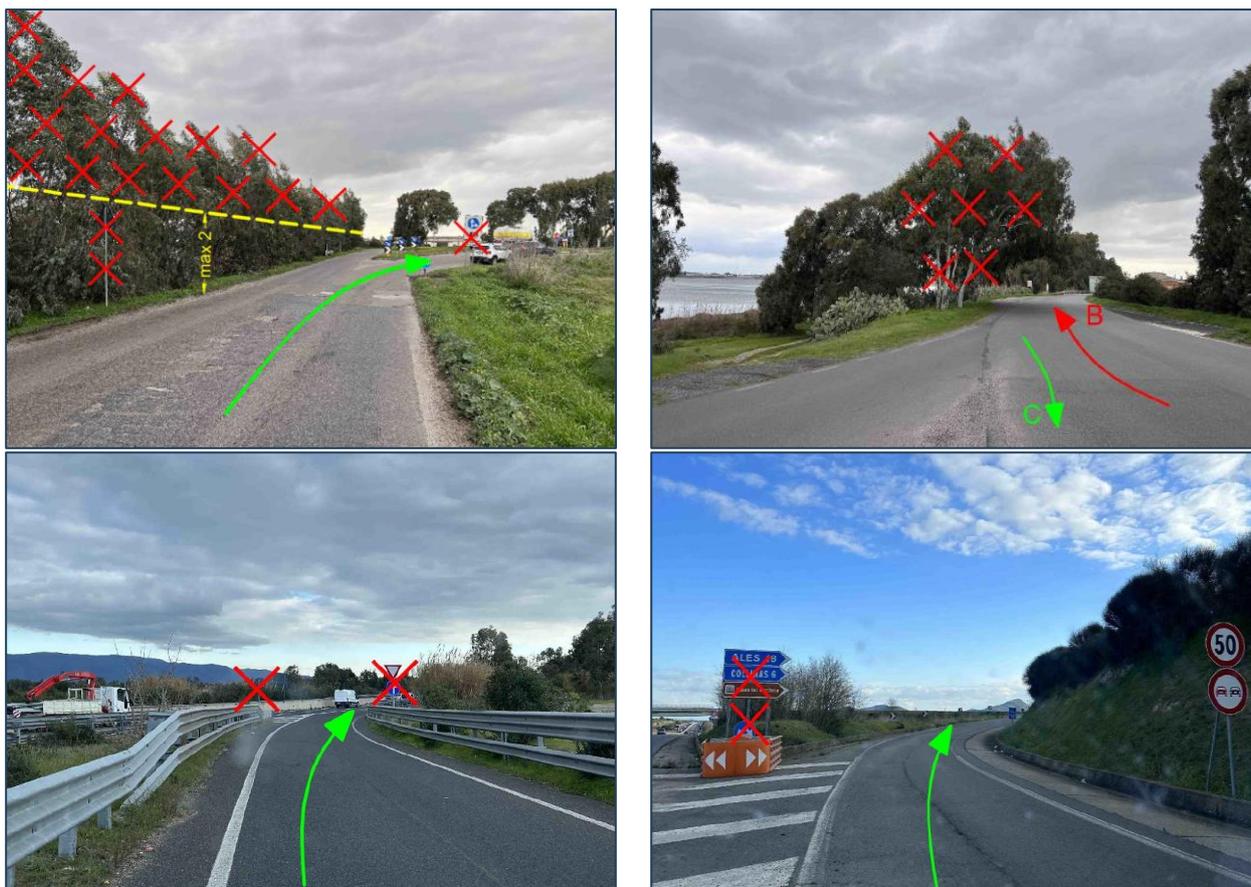


Figura 5-10: Esempi di interventi di potatura della vegetazione e di rimozione temporanea di segnaletica stradale lungo il tragitto

All'immissione nella SS131 dalla SP49 è necessaria la rimozione temporanea di alcune isole di traffico e della segnaletica stradale, come riportato nella figura seguente. Possono in alternativa essere previsti interventi temporanei di modifica delle isole di traffico per renderle attraversabili dai mezzi pesanti, quali l'installazione di rampe (previa rimozione della segnaletica stradale sopra di esse).



Figura 5-11: Immissione in SS131 da SP49 – rimozione temporanea isole di traffico e segnaletica stradale (Intervento 4 – 5)

Lungo il tragitto saranno necessari diversi interventi di rimozione temporanea dei guardrail. Al termine delle operazioni di trasporto, i guardrail saranno ripristinati come da situazione ante operam. Nella figura successiva si riportano, a titolo esemplificativo, delle fotografie di tratti sui quali sono previsti questi interventi.



Figura 5-12: Uscita dalla SS131 – rimozione temporanea dei guardrail (Intervento 6)

All'immissione nella SP53 dalla strada consortile di collegamento SS131/SP46 è necessaria la rimozione temporanea di alcune isole di traffico e della segnaletica stradale, come riportato nella figura seguente. Possono in alternativa essere previsti interventi temporanei di modifica delle isole di traffico per renderle attraversabili dai mezzi pesanti, quali l'installazione di rampe (previa rimozione della segnaletica stradale sopra di esse).



Figura 5-13: Immissione in SP53 da strada consortile di collegamento SS131/SP46 – rimozione temporanea isole di traffico e segnaletica stradale (Intervento 7)

5.1.2 TRATTO AREA TRASBORDO – ACCESSO C01, C02, C03

In questo paragrafo si riportano le maggiori criticità e i maggiori interventi da attuare per consentire il transito dei mezzi di trasporto dei componenti degli aerogeneratori nel tratto di percorso dall'area di trasbordo fino al punto di accesso agli aerogeneratori C01, C02 e C03, rappresentato in Figura 5-3.

Sarà necessario realizzare un'area di trasbordo di 100 m x 150 m a lato della strada SP53 per caricare i componenti sulle gru/ rimorchi speciali/ blade lifter, da utilizzare da questo punto del tragitto in poi. Tale area di trasbordo è raffigurata nella figura successiva.



Figura 5-14: Area di trasbordo

5.1.3 TRATTO AREA TRASBORDO – ACCESSO C04, C05

In questo paragrafo si riportano le maggiori criticità e i maggiori interventi da attuare per consentire il transito dei mezzi di trasporto dei componenti degli aerogeneratori nel tratto di percorso dall'area di trasbordo fino al punto di accesso agli aerogeneratori C04 e C05, rappresentato in Figura 5-4 e di lunghezza di circa 3 km.

Su tale tratto, e anche su tutti gli altri tratti di collegamento tra l'area di trasbordo e gli accessi agli aerogeneratori, le strade andranno livellate e compatte. 5 m di spazio libero dovranno essere assicurati nei rettilinei e 5,5 m nelle curve. Gli ostacoli aerei andranno rimossi o posti ad altezze superiori a 6,5 m.

Saranno necessari, sia in questo tratto che negli altri tratti di collegamento tra l'area di trasbordo e gli accessi agli aerogeneratori, diversi interventi di potatura della vegetazione, dei quali si riportano alcuni esempi nella figura successiva.



Figura 5-15: SP53 – potatura della vegetazione (Intervento 8 – 9)

Sarà necessario realizzare un by-pass per consentire il collegamento tra la SP53 e la strada comunale Santa Maria secondo i requisiti di viabilità per trasportare i componenti in sicurezza. La seguente figura rappresenta l'indicazione del by-pass da realizzare.



Figura 5-16: By-pass di collegamento tra SP53 e la strada comunale Santa Maria (Intervento 10 – 11)

Sulla strada comunale Santa Maria sarà necessario realizzare n. 3 slarghi con ingombro massimo in direzione radiale di 5 m dal bordo della carreggiata, e n. 1 slargo con ingombro massimo di 4 m, i quali sono raffigurati nell'immagine successiva.



Figura 5-17: Strada comunale Santa Maria – slarghi da realizzare (Intervento 12 -13 -14 – 17)

Sulla strada comunale Santa Maria sarà, inoltre, necessario realizzare un by-pass, per consentire il rispetto dei requisiti di viabilità per trasportare i componenti in sicurezza. La seguente figura rappresenta l'indicazione del by-pass da realizzare.



Figura 5-18: Strada comunale Santa Maria – By-pass da realizzare (Intervento 15 – 16)

Negli ultimi tratti antistanti all'accesso all'aerogeneratore C04 e C05, saranno da realizzare alcuni slarghi temporanei, come riportato nella seguente figura.



Figura 5-19: Tratti antistanti gli accessi agli aerogeneratori C04 e C05 – slarghi da realizzare (Intervento 18)

5.1.4 TRATTO AREA DI TRASBORDO – ACCESSO C06

In questo paragrafo si riportano le maggiori criticità e i maggiori interventi da attuare per consentire il transito dei mezzi di trasporto dei componenti degli aerogeneratori nel tratto di percorso dall'area

di trasbordo fino al punto di accesso all'aerogeneratore C06, rappresentato in Figura 5-5 e di lunghezza di circa 12 km.

All'immissione nella strada consortile di collegamento SS131/SP46 dalla SP53 strada comunale Santa Maria è necessaria la rimozione temporanea di alcune isole di traffico e della segnaletica stradale, come riportato nella figura seguente. Possono in alternativa essere previsti interventi temporanei di modifica dell'isola di traffico per renderla attraversabile dai mezzi pesanti, quali l'installazione di rampe (previa rimozione della segnaletica stradale sopra di essa). Per quanto riguarda gli interventi di rimozione temporanea della segnaletica stradale ne sono previsti diversi, su tutti i tratti del percorso.



Figura 5-20: Immissione in strada consortile di collegamento SS131/SP46 da SP53 – rimozione temporanea isola di traffico e segnaletica stradale (Intervento 19)

Anche nel tratto tra la strada consortile di collegamento SS131/SP46 e la SP46 sarà necessaria la rimozione temporanea (o modifica) di alcune isole di traffico e della segnaletica stradale, come riportato nella figura successiva.

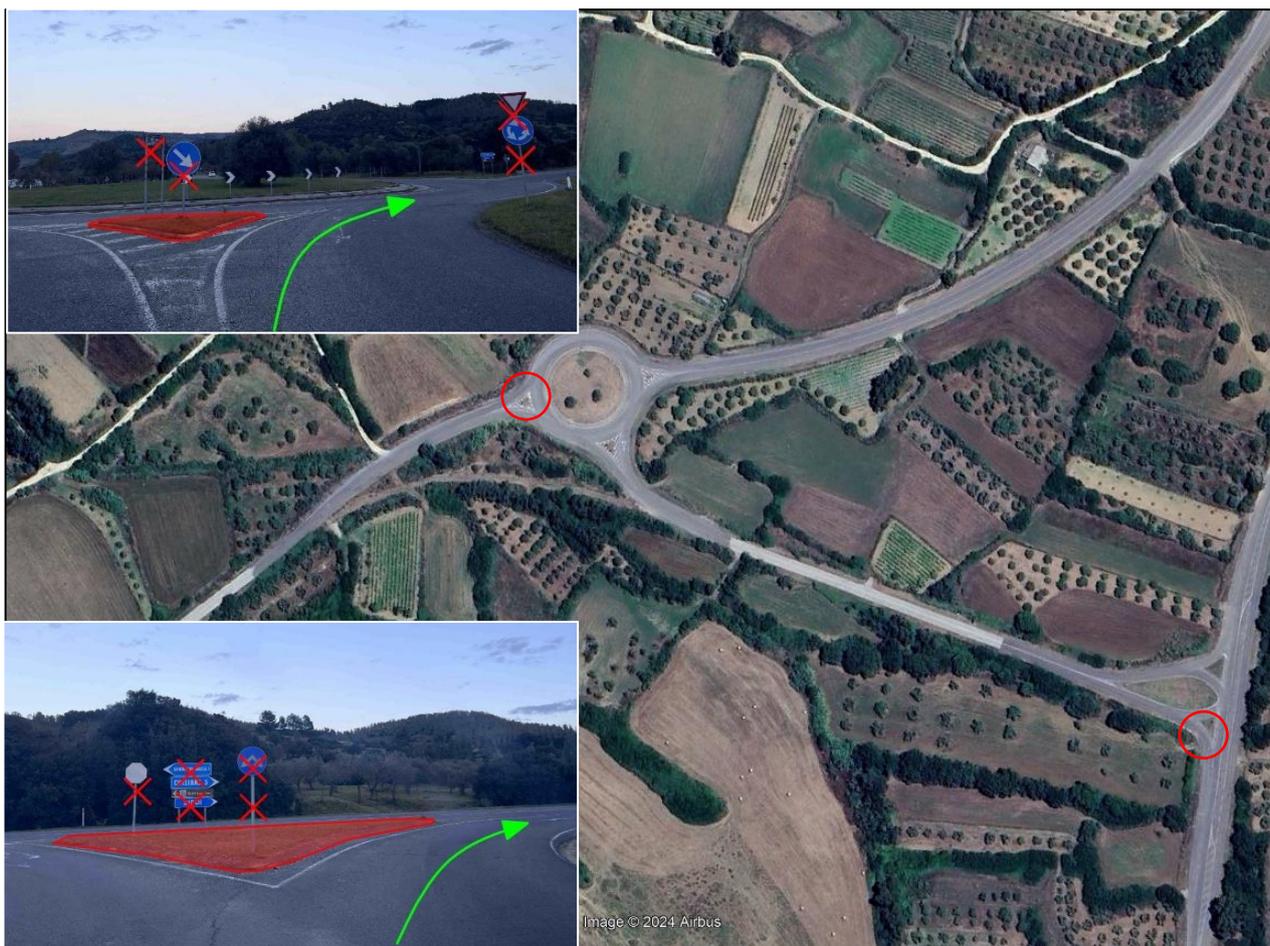


Figura 5-21: Tratto tra la strada consortile di collegamento SS131/SP46 e la SP46 – rimozione temporanea isole di traffico e segnaletica stradale (Intervento 20 – 21)

Nella svolta per la strada comunale Mogoro Lunamatrona da SP5 sarà necessario realizzare uno slargo con ingombro massimo in direzione radiale di 5 m, come raffigurato nella successiva immagine.

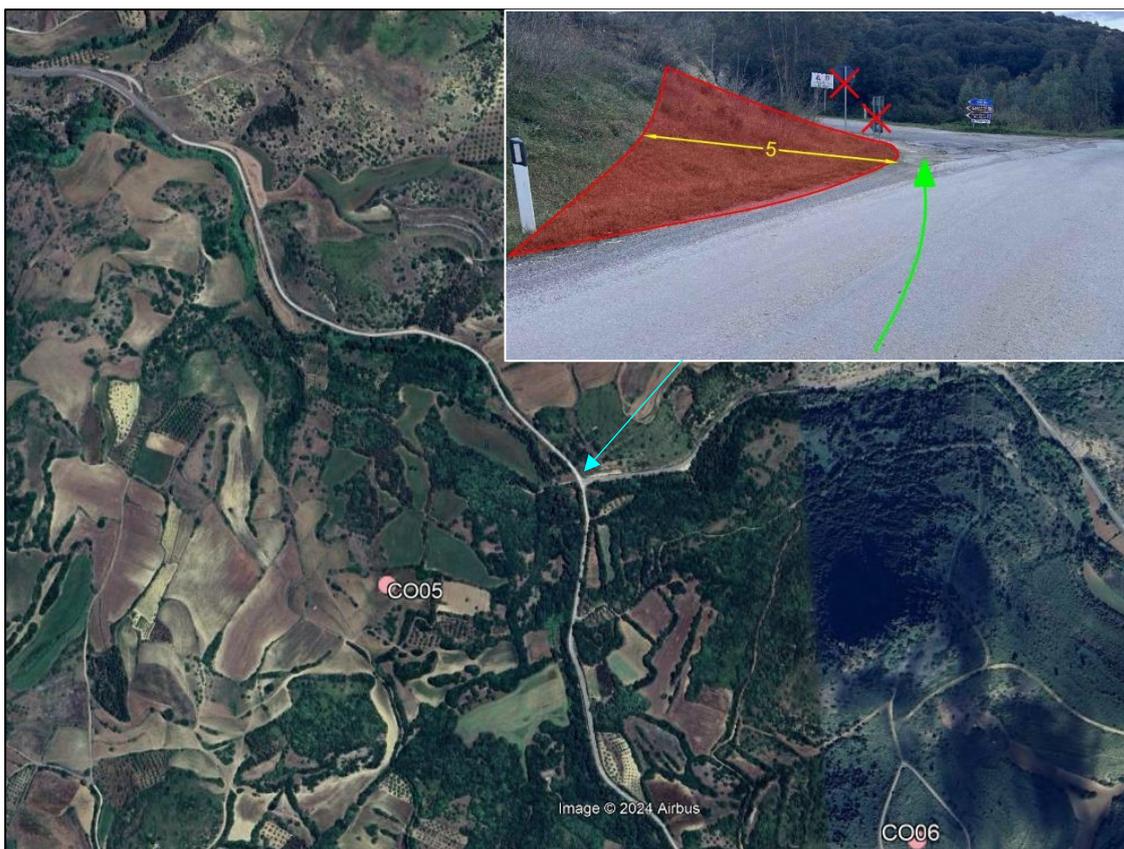


Figura 5-22: Svolta da SP5 in strada comunale Mogoro Lunamatrona – slargo da realizzare (Intervento 22)

5.1.5 TRATTO AREA DI TRASBORDO – ACCESSO C07 - C08

In questo paragrafo si riportano le maggiori criticità e i maggiori interventi da attuare per consentire il transito dei mezzi di trasporto dei componenti degli aerogeneratori nel tratto di percorso dall'area di trasbordo fino al punto di accesso agli aerogeneratori C07 e C08, rappresentato in Figura 5-6 e di lunghezza di circa 16 km.

Sulla Complanare Est sarà necessario garantire un'altezza libera di 6,5 m rispetto al manto stradale in relazione alla segnaletica stradale sopraelevata, come indicato nella seguente figura.



Figura 5-23: Complanare est – garantire 6,5 m di altezza libera dal manto stradale (Intervento 23)

Nel tratto di immissione nella SP52 dalla Complanare Est sarà necessaria la rimozione temporanea di un'isola di traffico e della segnaletica stradale, come riportato nella figura successiva. Possono in alternativa essere previsti interventi temporanei di modifica dell'isola di traffico per renderla attraversabile dai mezzi pesanti, quali l'installazione di rampe (previa rimozione della segnaletica stradale sopra di essa).



Figura 5-24: Immissione in SP52 da Complanare Est – rimozione temporanea isola di traffico e segnaletica stradale (Intervento 24)

Nel tratto di tragitto insistente sulla SP52, inoltre, sarà necessario realizzare un'area di passaggio e rimuovere temporaneamente un cavo aereo per garantire l'altezza libera necessaria dal manto stradale. I suddetti interventi sono mostrati nella seguente figura.

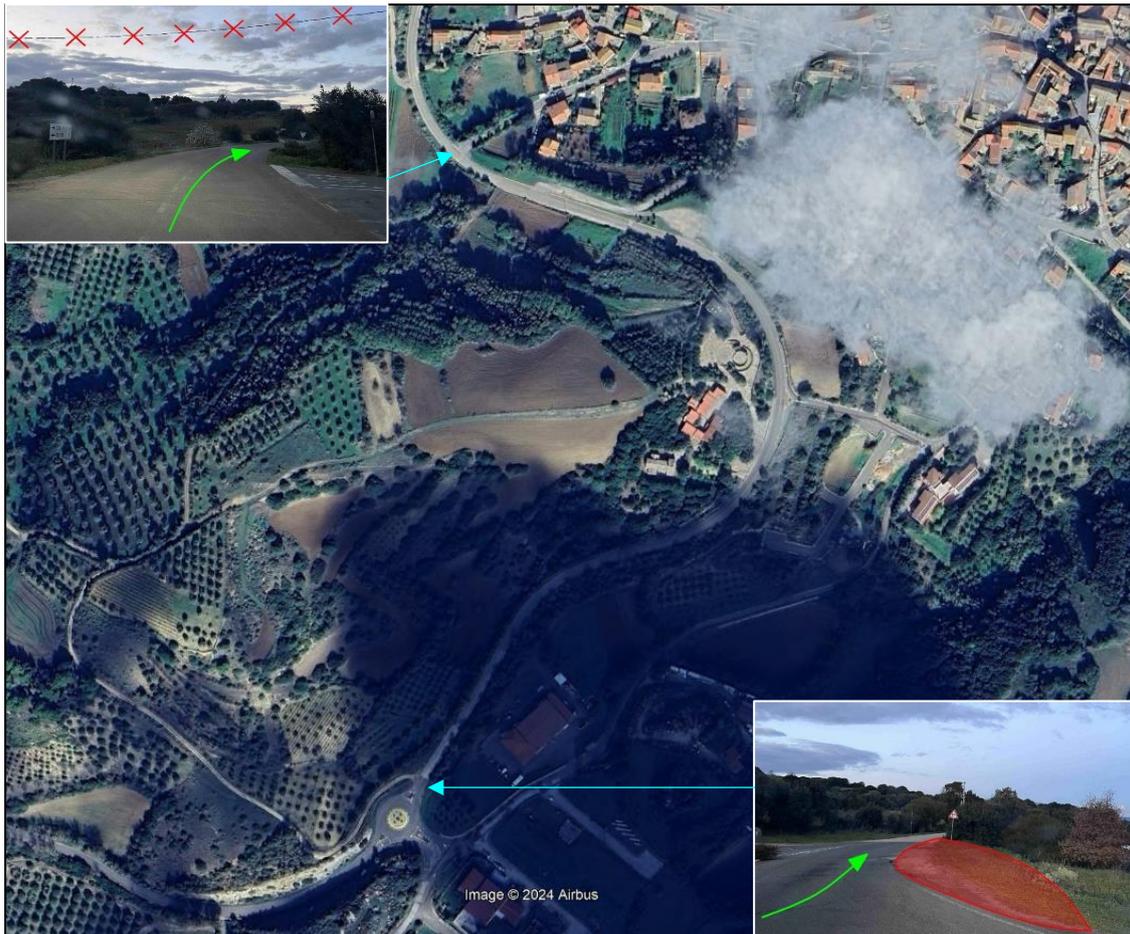


Figura 5-25: SP52 – Realizzazione area di passaggio e rimozione cavo aereo (Intervento 25 – 26)

All'immissione nell'SP49 dall'SP52 sarà necessaria la rimozione temporanea (o modifica) di alcune isole di traffico e della segnaletica stradale e vegetazione presenti sulle stesse.

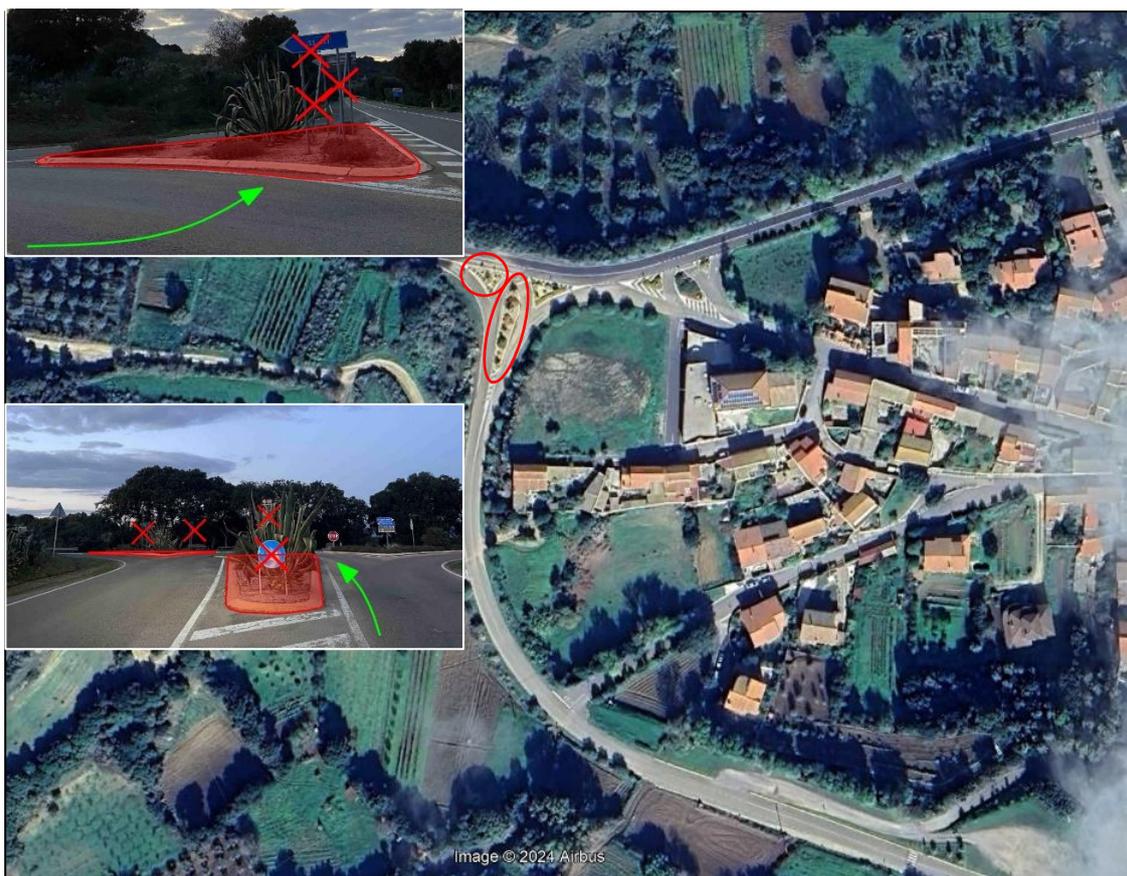


Figura 5-26: Immissione in SP49 da SP52 – Rimozione isole di traffico, vegetazione e segnaletica stradale (Intervento 27 – 28)

In Viale dei Lecci, che consente l'accesso all'aerogeneratore C08, andranno realizzati diversi slarghi e rimossi temporaneamente gli ostacoli (come i guardrail) per consentire il transito in conformità con i criteri di viabilità del produttore degli aerogeneratori. Uno slargo sarà da realizzare anche sulla SP49, in corrispondenza della svolta per Viale dei Lecci. Tali interventi sono riportati nella figura successiva.



Figura 5-27: SP49 e Viale dei Lecci – Realizzazione slarghi e rimozione temporanea degli ostacoli (Intervento 29 – 30)

6 CONCLUSIONI

Il percorso migliore per il transito dei componenti degli aerogeneratori si sviluppa dal Porto Industriale di Oristano, individuato per lo sbarco e il prelievo per carico su gomma dei componenti degli aerogeneratori, fino all'area di trasbordo, dalla quale si dirama per raggiungere i diversi accessi al sito di progetto.

- Per raggiungere l'area di trasbordo dal Porto Industriale di Oristano le strade da percorrere saranno, nell'ordine: SP49, SS131, strada consortile di collegamento SS131/SP46, SP53. L'area di trasbordo, di dimensioni 100 m x 150 m, andrà realizzata a lato della strada SP53. Tale area sarà utilizzata per caricare i componenti sulle gru/ rimorchi speciali/ blade lifter, da utilizzare da questo punto del tragitto in poi.
- Il punto di accesso agli aerogeneratori C01, C02 e C03 è adiacente all'area di trasbordo.
- Dall'area di trasbordo le strade da percorrere per il raggiungimento del punto di accesso agli aerogeneratori C04 e C05 sono, nell'ordine: SP53, strada comunale Santa Maria.
- Per raggiungere il punto di accesso all'aerogeneratore C06 dall'area di trasbordo, invece, le strade da percorrere saranno, nell'ordine: SP53, strada consortile di collegamento SS131/SP46, SP69, strada comunale Mogoro Lunamatrona.
- Infine, le strade da percorrere per raggiungere il punto di accesso agli aerogeneratori C07 e C08 dall'area di trasbordo sono, nell'ordine: SP53, strada consortile di collegamento SS131/SP46, Complanare Est, SP52, SP49, Viale dei Lecci (per C08).

I tratti di percorso di cui sopra presentano delle criticità per cui sarà necessario agire con piccoli interventi di ingegneria, rimozione di segnaletica/ostacoli al transito, potature vegetazionali e realizzazione di slarghi. Tali interventi saranno temporanei, in quanto legati alla sola fase di trasporto delle componenti, al termine della quale si provvederà al ripristino delle condizioni ante operam.

Si rimanda all'elaborato "COL-74 – Adeguamento viabilità esterna" per una visione d'insieme del percorso e degli interventi previsti lungo lo stesso.

Saranno verificate, tramite la richiesta agli enti e adeguate perizie in caso di necessità, le varie opere d'arte presenti lungo il percorso. In particolare:

- ogni ramo che si protende sulle strade di percorrenza dovrà essere tagliato, garantendo minimo 6,0 m liberi sia in altezza che in larghezza;
- ogni dislivello eccessivo e non conforme alle specifiche andrà livellato (Il raggio di curvatura verticale minimo deve essere di 500 m) sull'intera strada rilevata;

- In conformità con le direttive dettate dal produttore la massima pendenza longitudinale per tratti rettilinei non dovrà superare il 9 % per strade sterrate e il 14% per strade pavimentate;
- nel caso di curve con raggio ridotto e ampio angolo, la massima pendenza longitudinale da considerare dovrà essere ridotta proporzionalmente alla complessità della curva, e comunque il valore massimo raccomandato è del 7 %;
- la pendenza laterale non dovrà comunque essere superiore al 2%.
- Sarà necessario garantire un'altezza libera minima di 4,7 m dal manto stradale nel tratto dal porto all'area di trasbordo e di 6,5 m dall'area di trasbordo in poi;
- dall'area di trasbordo in poi, è necessario garantire una carreggiata con una larghezza di 4,5 metri nella parte rettilinea della strada e di 6,0 metri nelle curve;
- dall'area di trasbordo in poi, nei 100 m prima e dopo di ogni curva, al centro della carreggiata, sarà necessario lasciare uno spazio aereo libero da qualsiasi ostacolo (rami e cavi) per consentire il sollevamento della pala;
- sono previsti interventi di rimozione temporanea di isole di traffico, segnaletica stradale, vegetazione e linee elettriche/di telecomunicazione;
- è prevista la realizzazione di diversi slarghi, aree di passaggio e by-pass;
- In alcuni tratti di strada è necessario l'impiego di un camion di traino;
- dovrà essere elaborato un calcolo dedicato della capacità portante delle strade per garantire il trasporto di tutte le macchine coinvolte nel progetto e sarà necessaria un'analisi dei dati di progetto per ogni ponte;
- si prevede la riparazione di eventuali danni arrecati alle strade esistenti dovuti al passaggio dei mezzi pesanti.