



Nuovo impianto per la produzione di energia da fonte eolica nel comune di Maracalagonis (CA)

Committente:

ECOWIND 2 S.r.l.

Via Alessandro Manzoni 30,
20121 Milano (MI)

P.IVA: 12071590967

PEC: ecowind2srl@legalmail.com

RELAZIONE INTERVENTI SU VIABILITÀ DI TRASPORTO TURBINE

Incaricato:

Queequeg Renewables, Ltd

Unit 3.21, 1110 Great West Road
TW80GP London (UK)

Company number: 111780524

email: mail@quenter.co.uk

Rev. 0.0

Data: Giugno 2022

WIND003.REL046

Sommario

1. Premessa	4
2. Dati generali.....	5
3. Metodologia di trasporto degli elementi componenti la turbina eolica	6
3.1 Inquadramento generale del percorso	7
3.2 Individuazione delle criticità del trasporto	7
4. Cavalcavia e gallerie	21

1. Premessa

La presente relazione è parte integrante del procedimento di **Valutazione d'Impatto Ambientale** ai sensi del Decreto Legislativo numero 152 del 2006, e di **Autorizzazione Unica** Regionale ai sensi dell'articolo 12 del Decreto Legislativo numero 387 del 2003 e del D. G. R. 3/15 del 23 Gennaio 2018, per l'autorizzazione alla realizzazione dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica denominato "Bruncu de Lianu", da ubicarsi nei comuni di Maracalagonis (CA).

L'impianto, di potenza pari a 92,4 MW, verrà allacciato alla Rete Elettrica Nazionale di Alta Tensione attraverso la stazione elettrica di proprietà di Terna S.p.A. ubicata nel Comune di Selegas.

Questo documento, dopo un inquadramento territoriale della zona, descrive il progetto del parco eolico soffermandosi con particolare attenzione sull'analisi della configurazione della fattibilità del percorso per il trasporto degli elementi componenti delle turbine eoliche, quali pale, hub, navicella e conci di torre.

Di seguito verranno elencate e descritte le interferenze dovute alla metodologia di trasporto scelta:

- Blade lifter per le pale;
- Autoarticolato per trasporti speciali con asse posteriore sterzante per i restanti componenti.

2. Dati generali

NOME PROGETTO	"Bruncu de Lianu"
NAZIONE	Italia
LOCALITA'	Maracalagonis (CA) Regione Sardegna
SCOPO	Studio di fattibilità trasporto logistico
TURBINE	HAWTG Siemens Gamesa
METODOLOGIA DI TRASPORTO	Autoarticolato per trasporti speciali, Blade Litfer
LUOGO DI PARTENZA	Porto di Cagliari

3. Metodologia di trasporto degli elementi componenti la turbina eolica

Per il trasporto degli elementi, quali conci di torre, navicella e hub, è previsto l'utilizzo un mezzo autoarticolato per trasporti speciali mentre il blade lifter (o alza-palo) verrà utilizzato per il trasporto delle pale, essendo l'elemento più lungo.

Le componenti di sezione tubolare della torre, e gli altri componenti sopra precedentemente menzionati, sono invece trasportate su mezzi per trasporti eccezionali con asse posteriore sterzante, con profili longitudinali tali da permettere il passaggio sotto i ponti e nelle gallerie, e richiedono le caratteristiche di inclinazione longitudinale e raggio di curvatura della viabilità compatibili con quelle inserite a progetto.

L'impianto è idealmente diviso in due cluster che si raggiungono percorrendo differente viabilità: alle aree destinate alle turbine WTG002, WTG014, WTG010 si arriva percorrendo verso nord una strada vicinale; le aree delle restanti turbine vengono invece proseguendo il percorso verso sud lungo la provinciale SP17.

Si descrivono di seguito le interferenze riscontrate.

3.1 Inquadramento generale del percorso

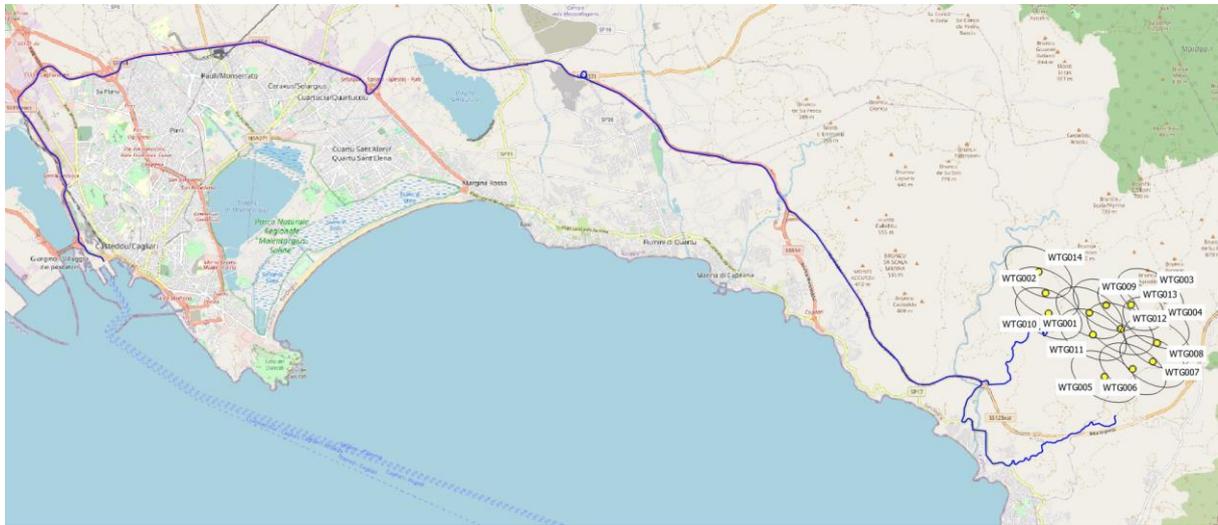


Fig 1 – Inquadramento percorso raggiungimento parco eolico

Porto di Cagliari → SS195 → SS195racc → SS554 → SS125var → area Cluster Ovest

Porto di Cagliari → SS195 → SS195racc → SS554 → SS125var → SP17 → area Cluster Centrale e Est

3.2 Individuazione delle criticità del trasporto

Il trasporto degli elementi che compongono una turbina eolica, quali pale, navicella e torre, rientrando nella categoria dei trasporti eccezionali, necessitano di una serie di accorgimenti sulla viabilità.

Negli anni la tecnologia eolica si è sviluppata e le macchine disponibili sul mercato hanno raggiunto potenze di 20 MW per l'eolico onshore ma raggiungono potenze maggiori quando si tratta di macchine offshore. Conseguentemente alla maggiorazione della potenza installata, le attuali turbine presentano dimensioni maggiori. Per sopperire alle difficoltà del trasporto di elementi sempre più grandi, anche i veicoli deputati al trasporto degli elementi si sono evoluti.

Le turbine in oggetto, aerogeneratori SG-170 di Siemens Gamesa, sono macchine con altezza al mozzo 135 m, diametro rotore 170 e 220 m d'altezza tip.

Per il trasporto delle diverse componenti saranno utilizzati due tipi di automezzi:

- autoarticolato per trasporti eccezionali con asse posteriore sterzante per il trasporto di navicella e conci torre (raggio sterzante interno circa 25 m);
- Blade lifter per il trasporto delle pale (raggio di curvature in asse di 32,50 m)

Le componenti di sezione tubolare della torre sono invece trasportate su mezzi per trasporti eccezionali con asse posteriore sterzante, con profili longitudinali tali da permettere il passaggio sotto i

ponti e nelle gallerie, e richiedono le caratteristiche di inclinazione longitudinale e raggio di curvatura della viabilità compatibili con quelle inserite a progetto.

Per il trasporto delle pale verrà utilizzato il "Blade Lifter.

Queste macchine permettono di elevare la punta delle pale trasportate riducendo notevolmente l'ingombro necessario per trasportarle utilizzando un metodo di un trasporto tradizionale ed evitando conseguentemente numerosi interventi alla viabilità che nel migliore dei casi, necessiterebbe di grandi modifiche per consentire il transito. Questi mezzi dispongono di sistemi di sicurezza anti-ribaltamento quali anemometri montati sulla cima della pala, misuratori di sforzi di torsione, e riescono a inclinare la pala fino a un massimo di 60° da terra e di ruotarla di 360° intorno al proprio asse (*pitch*).

Di seguito vengono elencati i tratti della viabilità che potrebbero subire delle modifiche temporanee.

3.2.1.1 Criticità che si avrebbero nel percorso se si utilizzasse un autoarticolato tradizionale

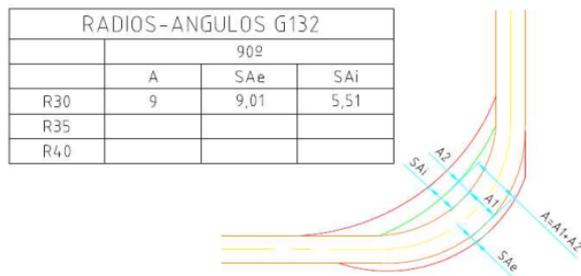
Di seguito vengono descritti attraverso immagini, i punti del percorso per cui è stato fatto uno studio delle dimensioni d'ingombro. Si ipotizza l'utilizzo di un autoarticolato tradizionale per i primi 35,10 km, dal porto di Cagliari fino all'uscita dalla SS554 in località Santu Lianu a quartu Sant'Elena: le strade percorse sono esclusivamente strade statali.

Lungo il percorso si riscontrano quattro punti critici, sempre relativi a raggi di sterzata e area spazzata dalla parte finale dell'elemento trasportato.

Di seguito di riportano le immagini dei quattro punti, lo studio degli ingombri minimi e le soluzioni proposte.

Per il calcolo dei suddetti ingombri si è fatto riferimento alle indicazioni presenti nelle schede tecniche di Siemens Gamesa¹.

¹ Preliminary Site roads and Hardstands SG 6.0-170
D2165151/002



- A: Road width
- SAE: Exterior widening
- SAI: Interior widening

The conclusions of the study will be reflected in a table where:

- A: is the width of the road necessary for transport ($A = A1 + A2$)
- A1: represents the road width (at least 5 m at each point of trajectory = baseline), which may be increased depending on the width necessary for manoeuvring the vehicle
- A2: Is the occupation of the vehicle when manoeuvring cannot adjust to the A1 road width
- SAI: Is the maximum interior sweep of the vehicle or its cargo
- SAE: Is the maximum exterior sweep of the vehicle or its cargo
- R30: Represents the radius curve at the centre of the road

Fig. 2 – Definizione dei parametri utilizzati per il calcolo degli ingombri

Radios (m)	10°			20°			30°			40°			50°			60°		
	A	Sae	Sai	A	Sae	Sai	A	Sae	Sai									
5	5	1,5	1,5	6	1,5	4,5	6	1,5	8	6	4	11	7	5,5	15	7	7	19
10	5	1,5	1,5	6	1,5	4,5	6	1,5	8	6	3,5	11	7	5,5	14,5	7	7	18
15	5	1,5	1,5	6	1,5	4,5	6	1,5	7,5	6	3,5	10,5	7	5	14	7	6,5	17,5
20	5	1,5	1,5	6	1,5	4,5	6	1,5	7,5	6	3,5	10,5	7	5	13,5	7	6	16,5
25	5	1,5	1	6	1,5	4,5	6	1,5	7,5	6	3	10	7	4,5	13	7	6	16
30	5	1,5	1	5	1,5	4,5	6	1,5	7	6	3	10	7	4,5	12,5	7	5,5	15
35	5	1,5	1	5	1,5	4	6	1,5	7	6	3	9,5	6	4	12	7	5,5	14,5
40	5	1,5	1	5	1,5	4	6	1,5	7	6	2,5	9	6	4	11,5	7	5	13,5
45	5	1,5	1	5	1,5	4	6	1,5	6,5	6	2,5	9	6	3,5	11	7	4,5	13
50	5	1,5	1	5	1,5	4	6	1,5	6,5	6	2,5	8,5	6	3,5	10,5	6	4,5	12
55	5	1,5	1	5	1,5	4	6	1,5	6	6	2,5	8	6	3,5	10	6	4	11,5
60	5	1,5	1	5	1,5	4	6	1,5	6	6	2	8	6	3	9,5	6	4	10,5
65	5	1,5	1	5	1,5	3,5	6	1,5	6	6	2	7,5	6	3	9	6	3,5	9,5
70	5	1,5	1	5	1,5	3,5	6	1,5	5,5	6	1,5	7,5	6	2,5	8,5	6	3,5	9
75	5	1,5	1	5	1,5	3,5	6	1,5	5,5	6	1,5	7	6	2,5	8	6	3	8
80	5	1,5	1	5	1,5	3,5	6	1,5	5,5	6	1,5	6,5	6	2	7,5	6	2,5	7,5
85	5	1,5	1	5	1,5	3,5	6	1,5	5	6	1,5	6,5	6	2	7	6	2	7
90	5	1,5	1	5	1,5	3,5	6	1,5	5	6	1,5	6	6	1,5	6,5	6	1,5	6,5

Tab. 1 – Parametri utilizzati per raggio di curvatura di 50 m e angolo a 90°

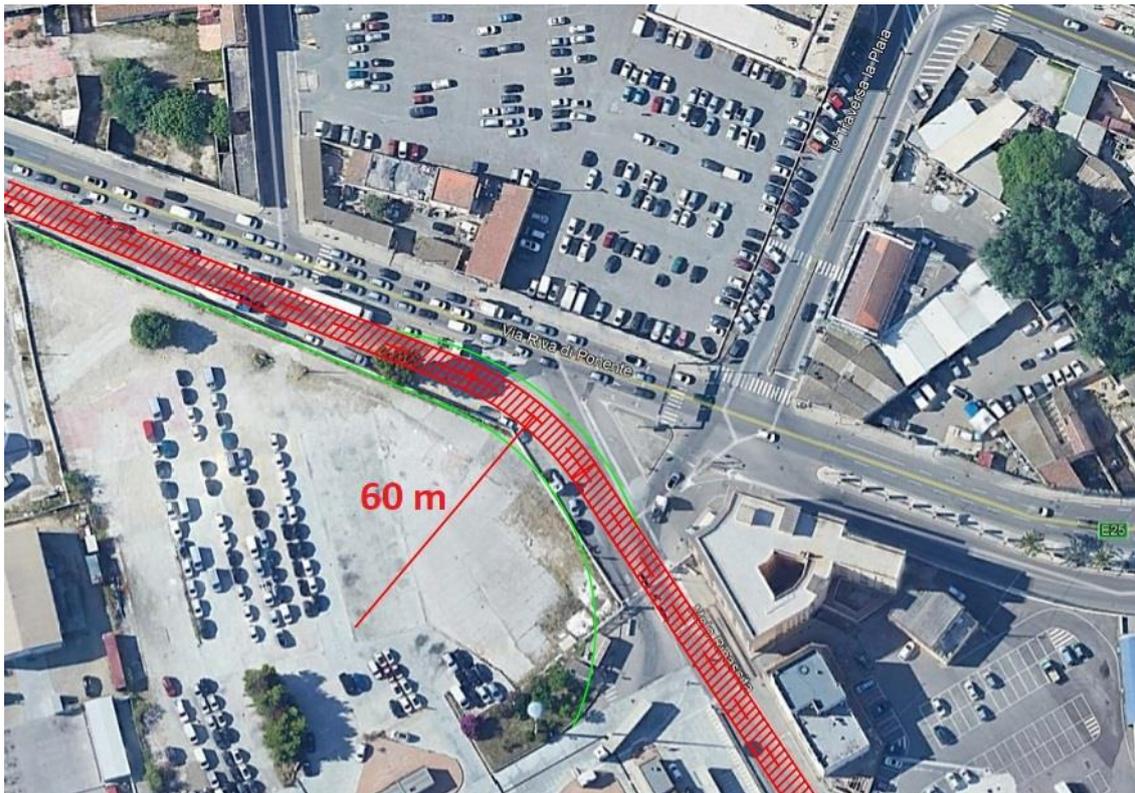


Fig. 3 – Uscita dal porto di Cagliari

L’area campita in rosso rappresenta la dimensione ottimale che la strada deve avere in relazione al raggio di curvatura e all’angolo che si forma tra le due direttrici stradali: nel caso specifico la larghezza della carreggiata dovrà essere di 6 metri considerando un raggio di curvatura di 60 metri e un angolo tra le direttrici di 40°.

Radios (m)	70°			80°			90°			100°			110°			120°		
	A	Sae	Sai	A	Sae	Sai	A	Sae	Sai	A	Sae	Sai	A	Sae	Sai	A	Sae	Sai
5	8	8	23,5	11	8	28	15	8	34	6	0	0	6	0	0	6	0	0
10	8	8	22	10	8	26,5	13	8	31,5	18	8	37,5	6	0	0	6	0	0
15	8	8	21	9	8	25	12	8	29,5	16	8	35	6	0	0	6	0	0
20	8	7,5	20	8	8	23,5	10	8	27,5	14	8	32	18	8	37,5	6	0	0
25	7	7	19	8	8	22	9	8	25	12	8	29	15	8	33	6	0	0
30	7	6,5	17,5	8	7,5	20,5	8	8	23	10	8	26	13	8	29	16	8,5	33
35	7	6,5	16,5	7	7	19	8	8	21	8	8	23,5	10	8	26	12	8,5	28
40	7	6	15,5	7	7	17,5	7	7,5	19	8	8	20,5	8	8	22	8	8,5	23
45	7	5,5	14,5	7	6	16	7	7	17	7	7	18	7	7,5	18,5	7	7,5	18,5
50	7	5	13,5	7	5,5	14,5	7	6	15	7	6,5	15,5	7	6,5	15,5	7	6,5	15,5
55	7	4,5	12,5	7	5	13	7	5,5	13	7	5,5	13	7	5,5	13	7	5,5	13
60	6	4,5	11	6	4,5	11,5	6	5	11,5	6	5	11,5	6	5	11,5	6	5	11,5
65	6	4	10	6	4	10	6	4	10	6	4	10	6	4	10	6	4	10
70	6	3,5	9	6	3,5	9	6	3,5	9	6	3,5	9	6	3,5	9	6	3,5	9
75	6	3	8,5	6	3	8,5	6	3	8,5	6	3	8,5	6	3	8,5	6	3	8,5
80	6	2,5	7,5	6	2,5	7,5	6	2,5	7,5	6	2,5	7,5	6	2,5	7,5	6	2,5	7,5
85	6	2	7	6	2	7	6	2	7	6	2	7	6	2	7	6	2	7
90	6	1,5	6,5	6	1,5	6,5	6	1,5	6,5	6	1,5	6,5	6	1,5	6,5	6	1,5	6,5

Tab. 2 – Parametri utilizzati per raggio di curvatura di 65 m e angolo a 90°



Fig. 4 – Rotonda di svincolo con immissione su SS125



Fig. 5 – Shoot 1



Fig. 6 – Shoot 2



Fig. 7 – Shoot 3

Nella Fig. 4 è riportata la vista dall'alto della rotonda che porta all'immissione sulla strada statale SS125. Come precedentemente descritto per la Fig. 3, la campitura rossa rappresenta la dimensione ottimale che la strada deve avere in relazione al raggio di curvatura e all'angolo che si forma tra le due direttrici stradali, mentre l'area compresa tra la linea verde e quella delimitante la carreggiata (campitura rossa) rappresenta l'ingombro minimo di cui il mezzo ha bisogno per riuscire a compiere la curva in sicurezza.

Dalle Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 si può quindi vedere che perché il tratto di curva venga percorso in sicurezza è necessario apportare delle modifiche temporanee, quali rimozione di guard rail, potatura della vegetazione arborea, livellamento del terreno al piano stradale.

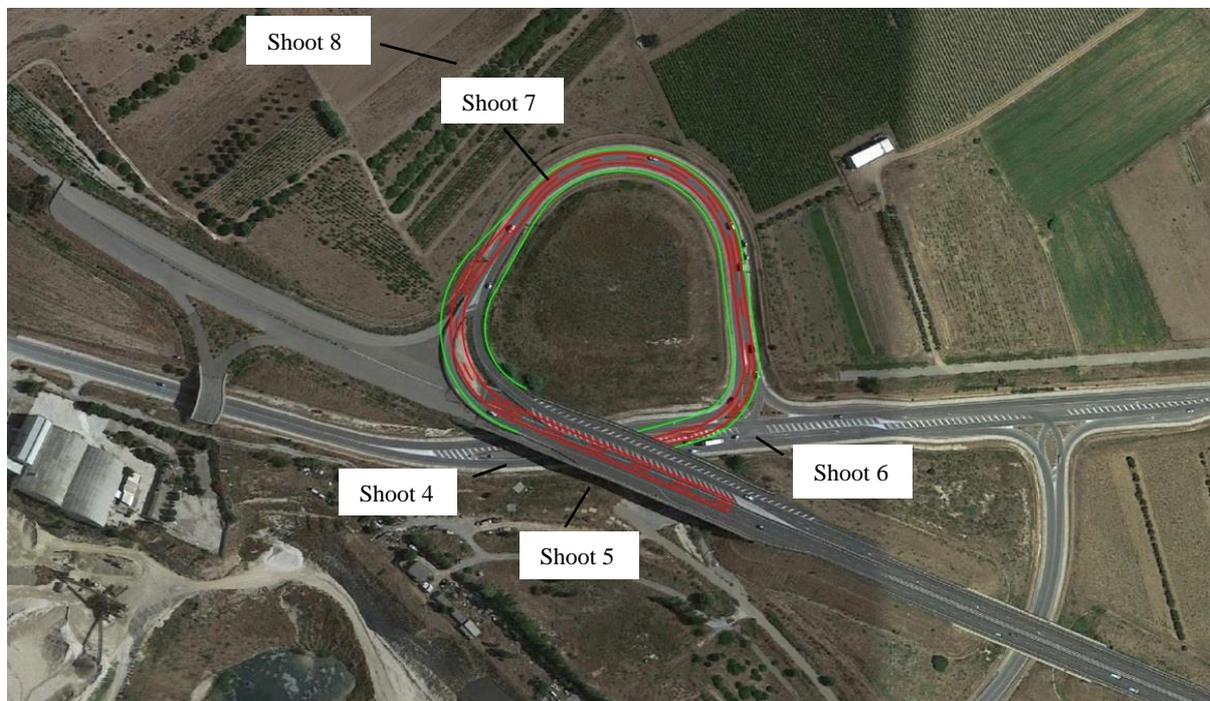


Fig. 8 – Immissione sulla SS554bis da SS125 Strada Statale Orientale Sarda



Fig. 9 – Shoot 4



Fig. 10 – Shoot 5



Fig. 11 – Shoot 6



Fig. 12 – Shoot 7



Fig. 13 – Shoot 8

Le figure Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12, Fig.13 mettono in evidenza le modifiche necessarie da farsi per il trasporto in sicurezza degli elementi in questo tratto di percorso: nello specifico, dalle Fig. 10 e Fig. 11

emerge la necessità della rimozione temporanea del guard rail posto come separatore delle corsie di marcia e probabile rimozione delle isole spartitraffico che si incontrano all'imbocco della prima curva.

Osservando la Fig. 8, immagine che riporta la vista dall'alto, si nota percorrere la curva di immissione alla strada statale SS554bis comporta un allargamento della carreggiata (Fig. 12) e la rimozione momentanea degli elementi in CLS attualmente utilizzati per indirizzare il traffico (Fig. 13). La strada che si scorge sulla parte in alto a destra dell'immagine riportata in Fig. 13, è una strada attualmente in disuso ma allo stesso livello della carreggiata stradale trafficata: la rimozione degli elementi in CLS permetterebbe dunque di utilizzare quell'area per eventuali manovre.

3.2.1.2 Viabilità percorsa con Blade Lifter

Il raggio di curvatura ottimale in asse di un mezzo di trasporto come il Blade Lifter è di 32,50 m: ipotizzando di utilizzare questa tipologia di trasporto dal porto di Cagliari fino ai pressi delle aree di stoccaggio temporanee, evidenziate in Fig.14, si sono analizzati tre punti.

Le due aree stoccaggio possono essere raggiunte seguendo due differenti percorsi, in relazione ai cluster di turbine: per raggiungere il cluster di turbine a sud (WTGs 001, 003, 004, 005, 006, 007, 008, 009, 011, 012, 013).

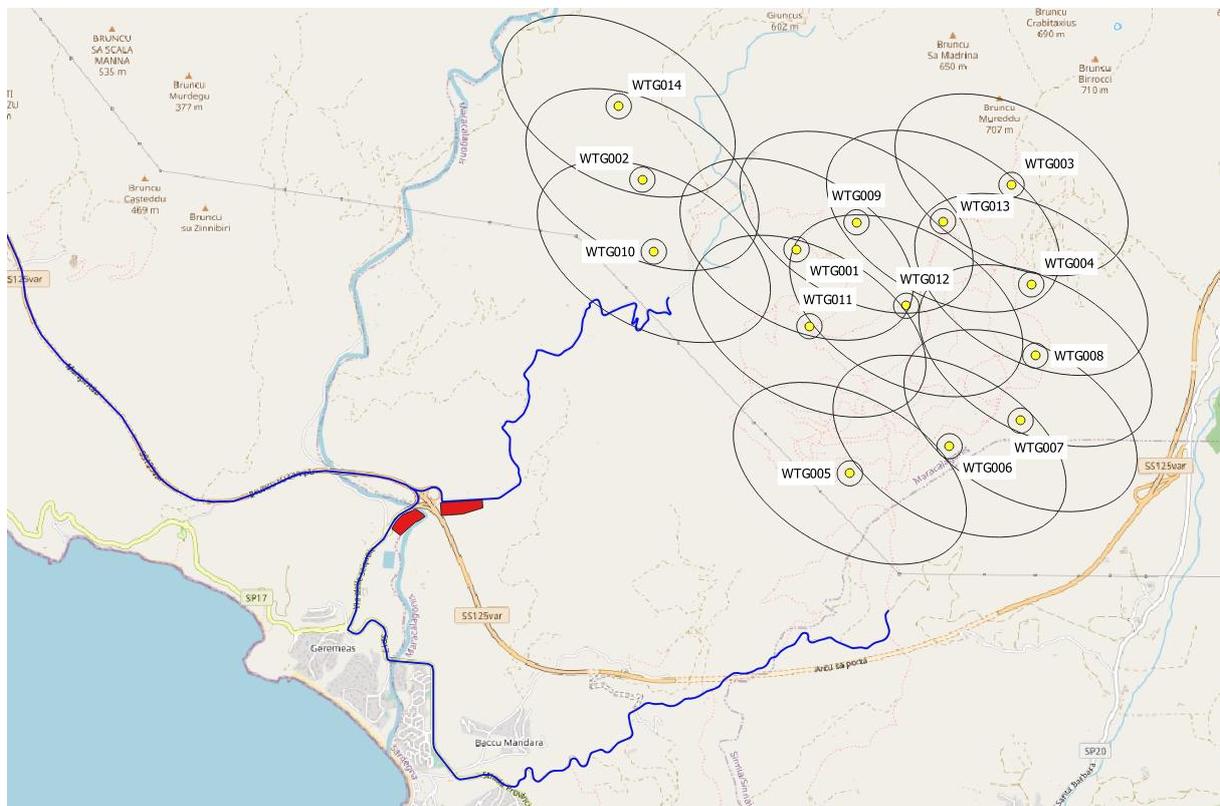


Fig. 14 –

Il primo punto analizzato è relativo alla curva di imbocco della SP17, come riportato in Fig.15. Nonostante il raggio di curvatura della curva sia di 65 metri, si è ritenuto opportuno utilizzare il blade lifter in quanto l'area della proiezione dell'ingombro della pala che percorre la curva, non può essere rispettata adattando la viabilità esistente in quanto il tratto di curva si trova in una posizione sopraelevata rispetto al piano campagna (vedi Fig.16).



Fig.15 – Tratto di viabilità verso area di stoccaggio e raggiungimento delle WTGs 001, 003, 004, 005, 006, 007, 008, 009, 011, 012, 013



Fig.16 – Shoot 9

Per il cluster a nord-ovest dell'impianto (WTGs 010, 014, 002) verrà percorsa la rotonda, come riportato in Fig.17, che presenta un raggio di curvatura ben oltre i limiti di sicurezza, con conseguente apertura di un varco di collegamento del piano stradale percorso e l'area di stoccaggio.

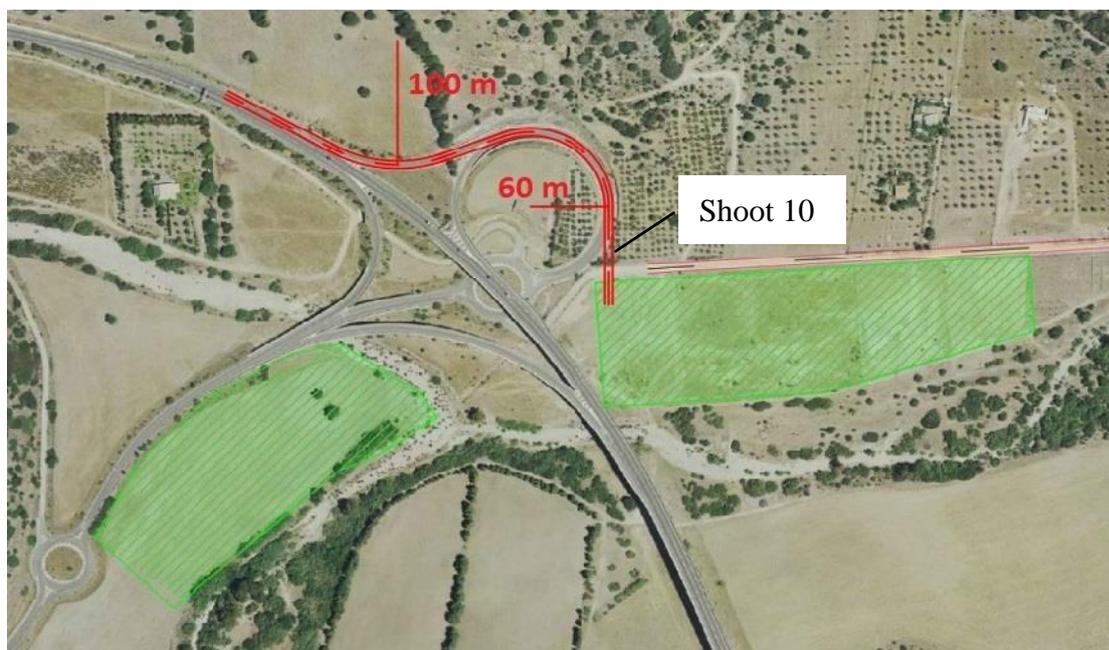


Fig.17 - Tratto di viabilità verso area di stoccaggio e raggiungimento delle WTGs 010, 014, 002



Fig.18 – Shoot 10, prospettiva dalla rotonda



Fig.19 – Shoot 10, prospettiva dalla strada secondaria che costeggia l'area di stoccaggio temporanea

Nelle Fig.18 e Fig.19 si evidenzia il tratto in cui è prevista l'apertura di un varco di congiunzione con l'area di stoccaggio.

Nell'inquadratura della Fig.20 viene evidenziato l'ultimo dei tre punti critici: nella Fig.21 si descrivono le manovre che il Blade Litfer dovrà effettuare per poter imboccare la strada, freccia verde, in direzione dei cluster centrale ed est.



Fig.20 – Inquadramento della rotonda nel percorso di trasporto turbine con Blade Lifter

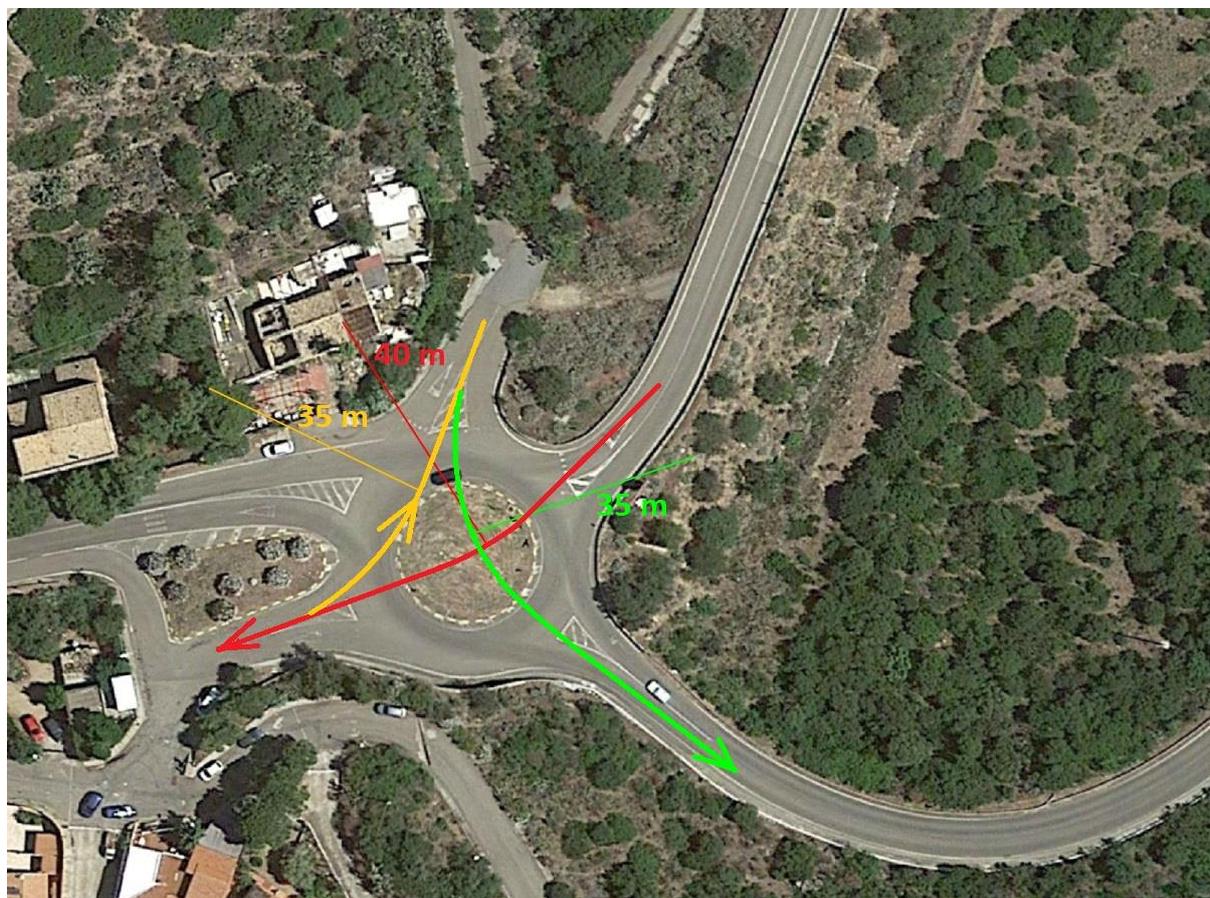


Fig.21 – Descrizione delle manovre da effettuare con Blade Lifter

4. Cavalcavia e gallerie

Come noto dalla letteratura², nel caso di ponte su strada ordinaria l'altezza libera non deve essere minore di 5 metri, in alcun punto, tenuto conto delle pendenze della strada sottostante. Nei casi di strada a traffico selezionato è ammesso, per motivi validi e comprovati, derogare da quanto sopra purché l'altezza minima non sia minore di 4 metri. Eccezionalmente, ove l'esistenza di vincoli non eliminabili imponesse di scendere al di sotto della misura suddetta, si potrà realizzare un'altezza minima, in ogni caso non inferiore a m 3,20 e nel caso di sottopassaggi pedonali l'altezza libera non deve essere inferiore a m 2,50.

Per interezza di descrizione del tracciato si è deciso di riportare le coordinate dei punti in cui sono stati individuati cavalcavia, sottopassi e gallerie nonostante la maggior parte di questi non sono da considerarsi interferenze o ostacoli alla viabilità del trasporto turbine.



Fig.22 – Inquadramento generale localizzazione cavalcavia e gallerie

² Gazzetta Ufficiale (all. 1 – art. 1)



Fig.23 – Cavalcavia 1



Fig.24 – Galleria 1



Fig.25 – Cavalcavia 2



Fig.26 – Galleria 2



Fig.27 – Galleria 3



Fig.28 – Galleria 4



Fig.29 – Galleria 5



Fig.30 – Galleria 6