

# COMUNE DI VALENTANO/CELLERE

Provincia di Viterbo

**ISTANZA di Valutazione di Impatto Ambientale Nazionale,**  
ai sensi del D.L. 92/2021 e del D.lgs 152/2006 e s.m.i.

**BYOPRO DEV3** S.r.l.

Via Sardegna, 40  
00187 Roma (RM)



**ByoPro**

**REALIZZAZIONE di Impianto Fotovoltaico a Terra, Connesso alla RTN**  
di Potenza pari a 23.831,04 kWp

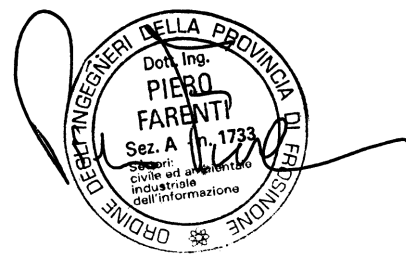
*Progettazione*



Società di Ingegneria  
**FARENTI S.r.l.**

Via Don Giuseppe Corda, snc  
03030 Santopadre (FR)  
Tel. 07761805460 Fax 07761800135  
P.Iva 02604750600

**Ing. Piero Farenti**



*Codice documento*



*Titolo documento*

**VIA.REL25**

**RELAZIONE TECNICA GITTATA MASSIMA**



*Revisione Elaborato*

N. REV.	DATA REV.	DESCRIZIONE REVISIONE	REDAZIONE	APPROVAZIONE
0	Ottobre 2021	Prima Emissione	Ing. Andrea Farenti	Ing. Piero Farenti
1	Gennaio 2023	Modifica layout	Ing. Andrea Farenti	Ing. Piero Farenti

 <b>ByoPro</b>	<p align="center"> <i>BYOPRO DEV3 Srl</i>  <i>Impianto Fotovoltaico A Terra Della Potenza Nominale Di 24.769 kWp</i>  <i>Connesso alla RTN</i>  <i>Regione Lazio – Provincia Di Viterbo – Comune Di Cellere – Valentano</i> </p>	
	<p align="center"><b>Relazione tecnica gittata massima</b></p>	<p align="center"> <i>Documento</i>  <b>VIA.REL25</b> </p>



**Impianto Fotovoltaico A Terra Della Potenza Nominale Di 24,769 kWp**  
**Connesso Alla RTN**

**RELAZIONE TECNICA GITTATA MASSIMA**

 <b>ByoPro</b>	<p style="text-align: center;"><i>BYOPRO DEV3 Srl</i>  <i>Impianto Fotovoltaico A Terra Della Potenza Nominale Di 24.769 kWp</i>  <i>Connesso alla RTN</i>  <i>Regione Lazio – Provincia Di Viterbo – Comune Di Cellere – Valentano</i></p>	
	<b>Relazione tecnica gittata massima</b>	<p style="text-align: center;"><i>Documento</i>  <b>VIA.REL25</b></p>

## Sommario

PREMESSA.....	3
TIRAGGIO PARABOLICO CON ATTRITO.....	7

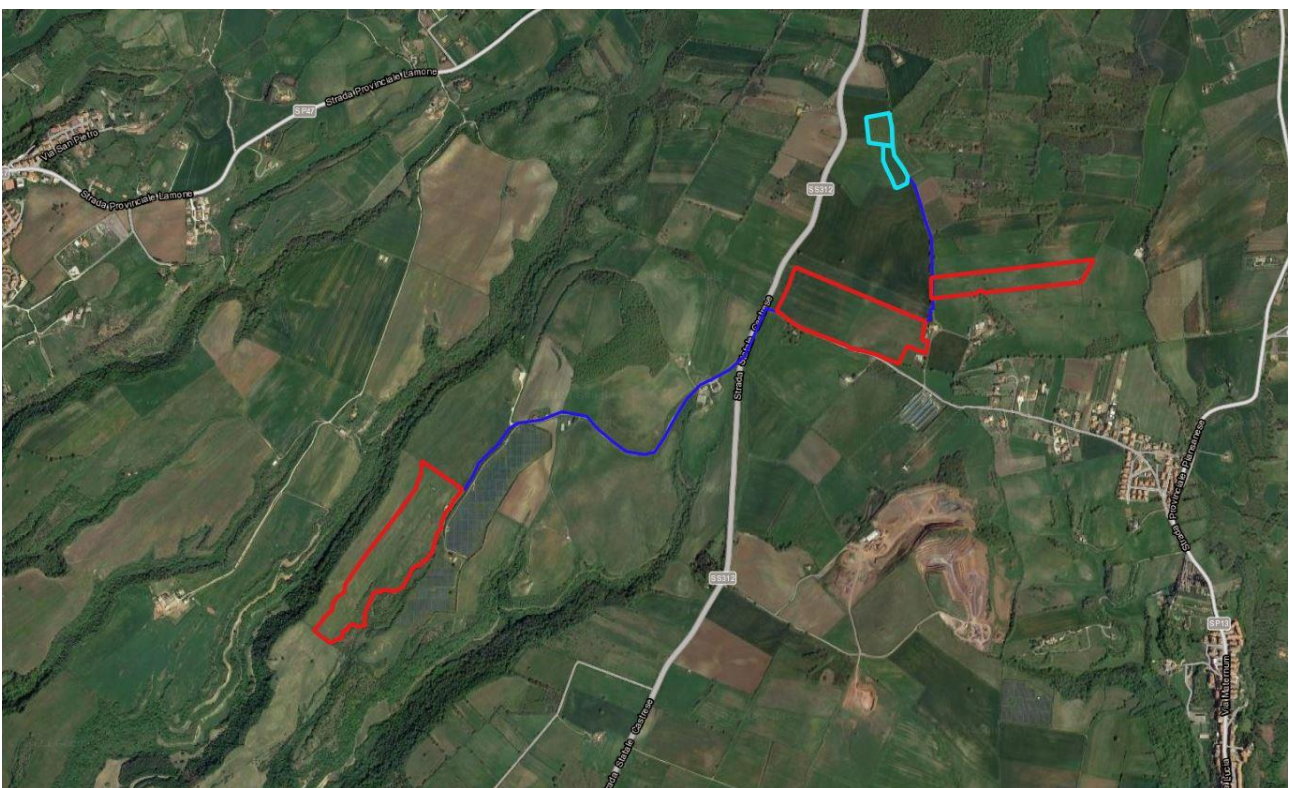
 <b>ByoPro</b>	<p align="center"> <i>BYOPRO DEV3 Srl</i>  <i>Impianto Fotovoltaico A Terra Della Potenza Nominale Di 24.769 kWp</i>  <i>Connesso alla RTN</i>  <i>Regione Lazio – Provincia Di Viterbo – Comune Di Cellere – Valentano</i> </p>	
	<p align="center"><b>Relazione tecnica gittata massima</b></p>	<p align="center"> <i>Documento</i>  <b>VIA.REL25</b> </p>

## PREMESSA

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza di 24,769 MWp da costruire su lotti situati in agro dei Comuni di Cellere e Valentano (VT) su terreni agricoli.

La soluzione tecnica di connessione prevede il collegamento in modalità interrata con la nuova Stazione Elettrica a 150 kV della RTN sita nel Comune di Valentano.

Si riporta di seguito l'inquadramento su ortofoto delle aree del progetto:





Il parco eolico, che interferisce con alcune porzioni dei terreni interessati al progetto, è composto da 16 aerogeneratori, per una potenza complessiva di 60 MW. Ogni torre è alta 80 metri e i rotori hanno un diametro di 90 metri.

Una sola turbina eolica interessa l'impianto fotovoltaico.

Il rischi di incidenti connessi all'esercizio di un campo eolico sono particolarmente bassi, in quanto sono pressoché nulli i pericoli di esplosione, di contaminazione, di incendio poiché ciascun aerogeneratore è costituito da una serie di macchine elettriche che vengono costantemente monitorate e gestite mediante l'utilizzo di stazioni telematiche locali e remote, nonché viene sottoposto a periodiche manutenzioni che ne assicurino il corretto funzionamento

<p> <i>ByoPro Dev3 Srl</i>  <i>Via Sardegna, 40 - 00187 Roma (RM)</i>  <i>P.I. 15316391000</i> </p>	<p align="right"> <i>FARENTI SRL</i>  <i>Via Don Giuseppe Corda, snc - 03030 - Santopadre (FR)</i>  <i>P.I. 02604750600</i> </p>
---	--

 <b>ByoPro</b>	<p style="text-align: center;">BYOPRO DEV3 Srl          Impianto Fotovoltaico A Terra Della Potenza Nominale Di 24.769 kWp          Connesso alla RTN          Regione Lazio – Provincia Di Viterbo – Comune Di Cellere – Valentano</p>	
	<b>Relazione tecnica gittata massima</b>	Documento <b>VIA.REL25</b>

e la integrità delle componenti meccaniche, elettriche ed elettroniche. Inoltre per fugare qualsiasi rischio conseguente dalla remota, ma sempre possibile, rottura accidentale degli aerogeneratori, gli stessi saranno costruiti seguendo le indicazioni di sicurezza previste nelle Linee Guida.

La procedura seguita per il calcolo della gittata massima, in caso di rottura accidentale di un elemento rotante di un aerogeneratore prende in considerazione le condizioni al contorno più gravose, in maniera tale da aumentare il grado di sicurezza massimo. Per tale regione si è considerato il caso di rottura per distacco di un aerogeneratore dalle seguenti caratteristiche:

Tabella 1 Specifiche tecniche dell'aerogeneratore

<b>Diametro Rotore[m]</b>	90
<b>Area Spazzata[m2]</b>	6362
<b>Altezza del mozzo[m]</b>	80
<b>Potenza nominale [MW]</b>	2
<b>Velocità rotore [rpm]</b>	9,6 – 17
<b>Velocità di Cut-in [m/s]<sup>11</sup></b>	4,0
<b>Velocità di Cut-out [m/s]<sup>12</sup></b>	25
<b>Velocità nominale [m/s]</b>	12,5
<b>Controllo della Potenza</b>	Angolo di Pitch

Con lo studio del moto di un proiettile si intende fornire un modello generale per studiare i fenomeni dei corpi che vengono lanciati con un angolo di inclinazione obliquo, con una velocità costante e che compiano un moto parabolico. Chiaramente, la resistenza dell'aria non è assolutamente trascurabile.

Infatti, più il corpo è grande, più la resistenza dell'aria (o di un altro fluido) influisce sulle variabili del moto (gittata, altezza massima, tempo di caduta).



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

$$M \cdot g = Ma_G$$

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

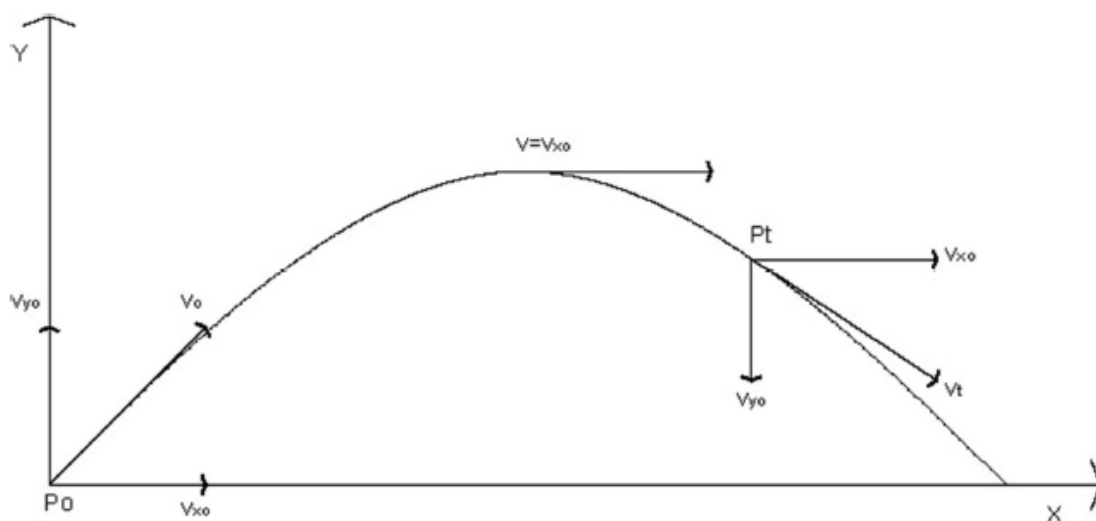
Supponendo di concentrare tutto nel centro di massa, il momento della forza peso è nullo (avendo scelto G come polo dei momenti). Pertanto la seconda equazione ci dice che il corpo durante la

ByoPro Dev3 Srl Via Sardegna, 40 - 00187 Roma (RM) P.I. 15316391000	FARENTI SRL Via Don Giuseppe Corda, snc – 03030 – Santopadre (FR) P.I. 02604750600
---	--

 <b>ByoPro</b>	<p style="text-align: center;">BYOPRO DEV3 Srl          Impianto Fotovoltaico A Terra Della Potenza Nominale Di 24.769 kWp          Connesso alla RTN          Regione Lazio – Provincia Di Viterbo – Comune Di Cellere – Valentano</p>	
	<b>Relazione tecnica gittata massima</b>	Documento <b>VIA.REL25</b>

traiettoria che percorre, gira indisturbato intorno al suo asse principale di inerzia. La soluzione del problema viene dalla risoluzione della prima equazione; ed evidenzia che la pala si muoverà con il moto di un proiettile puntiforme e, di conseguenza, ne compirà il caratteristico andamento parabolico.

Il moto di un proiettile 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 da un corpo, se è denso e poco esteso, o altrimenti dal suo centro di massa, ha un andamento parabolico. La gittata è la distanza tra il punto in cui viene lanciato un proiettile (con velocità iniziale inclinata verso l'alto rispetto all'orizzontale) e il punto in cui esso ritorna al suolo. È interessante osservare che all'aumentare dell'angolo  $\alpha$  formato con il terreno, la gittata del proiettile aumenta, presentando valore massimo per un angolo  $\alpha$  pari a  $\pi/4$ ; ad ulteriori incrementi dell'angolo  $\alpha$  il valore della gittata torna a diminuire presentando un valore nullo allorché il proiettile è lanciato verso l'alto con angolo pari a  $\pi$ . Il massimo della gittata, nel caso del distacco di una pala dal mozzo della torre (la parte più fragile del sistema), come evidente nei calcoli che seguono, non risulta in corrispondenza dell'angolo citato, in dipendenza da altri fattori che nel caso del moto del proiettile non sono presi in considerazione.



**Figura 1 Sistema di riferimento - lancio parabolico da terra senza attrito**

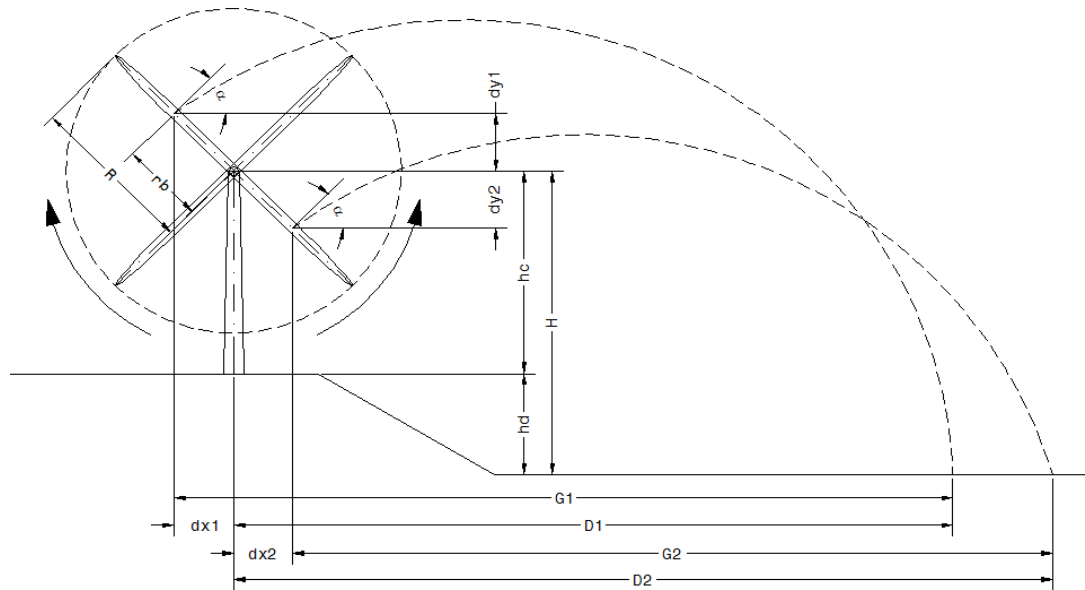
Per studiare la gittata di un proiettile che si muove con moto parabolico (tenendo conto dell'attrito con l'aria) utilizzeremo un sistema di riferimento cartesiano  $xy$  in cui l'origine  $O$  degli assi del sistema coincide con il punto di partenza dell'oggetto, che è il baricentro della pala, calcolato a  $1/3$  del raggio della lama).

Inoltre, se osserviamo la Figura 2, le turbine eoliche del parco eolico di Piansano (V90) ruotano in senso orario, secondo le specifiche del costruttore.

ByoPro Dev3 Srl Via Sardegna, 40 - 00187 Roma (RM) P.I. 15316391000	FARENTI SRL Via Don Giuseppe Corda, snc - 03030 - Santopadre (FR) P.I. 02604750600
---	--

**Relazione tecnica gittata massima**

Documento  
**VIA.REL25**




**Figura 2 Sistema di riferimento - tiraggio parabolico con attrito**

I parametri principali del movimento della lama sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 2 Parametri principali-gittata maxima.

Velocità Pale (giri/min)= $\omega$	velocità di svolta media (13 rpm)
g	accelerazione di gravità (9.81 m/s <sup>2</sup> )
R(m)	Raggio della lama (44 m)
Rb (Baricentro-m)	Punto che corrisponde al baricentro del moncone di pala staccato e proiettato.
hc (m)	Altezza della torre eolica misurata dalla base fino al centro del rotore.-80 m
hd (m)	Dislivello aggiuntivo rispetto al piede della torre eolica, se positivo depressione, se negativo rilievo. (0 m)
V <sub>0</sub> (m/s)	velocità di svolta media (13 rpm <> 19.97 m/s) $\rightarrow V_0 = \frac{2\pi}{60} \cdot Rb \cdot \omega$
H=Hd+Hc	80 m
$\alpha$	Angolo con l'orizzontale e la normale al moto. (rad)
V <sub>0x</sub> (m/s)	velocità iniziale dell'asse x ( $V_{0x} = V_0 \cdot \cos \frac{\alpha \cdot \pi}{180}$ )
V <sub>0y</sub> (m/s)	velocità iniziale dell'asse y ( $V_{0y} = V_0 \cdot \sin \frac{\alpha \cdot \pi}{180}$ )
dx1=X <sub>0</sub> (m)	Posizione iniziale asse x (negativo) ( $dx1 = Rb \cdot \cos \frac{\alpha \cdot \pi}{180}$ )
dy1=y <sub>0</sub> (m)	Posizione iniziale asse y (negativo) ( $dy1 = Rb \cdot \sin \frac{\alpha \cdot \pi}{180}$ )
H1=dy1+H (m)	Altezza di calcolo che corrisponde al baricentro del moncone staccato.



 <b>ByoPro</b>	<p style="text-align: center;">BYOPRO DEV3 Srl          Impianto Fotovoltaico A Terra Della Potenza Nominale Di 24.769 kWp          Connesso alla RTN          Regione Lazio – Provincia Di Viterbo – Comune Di Cellere – Valentano</p>	
	<b>Relazione tecnica gittata massima</b>	Documento <b>VIA.REL25</b>

## TIRAGGIO PARABOLICO CON ATTRITO

Quando un oggetto si muove attraverso un fluido come aria o acqua, esercita una forza di resistenza che tende a rallentarlo. Questa forza dipende dalla forma dell'oggetto, dalle proprietà del fluido e dalla velocità dell'oggetto rispetto al fluido.

Considereremo con buona approssimazione una forza di attrito proporzionale alla velocità.

$$Fr = -m \cdot b \cdot v$$

Dove:

b= Coefficiente di attrito

Per un corpo di massa M, e un coefficiente di attrito con l'aria b, le equazioni dinamiche saranno:

$$M \cdot \frac{dv_x}{dt} = -b \cdot M \cdot v_x$$

$$M \cdot \frac{dv_y}{dt} = -M \cdot g - b \cdot M \cdot v_y$$

La soluzione delle precedenti equazioni con le condizioni  $V_{0x} = V_0 \cdot \cos \frac{\alpha \cdot \pi}{180}$  e  $V_{0y} = V_0 \cdot \sin \frac{\alpha \cdot \pi}{180}$

sono:

$$\frac{dx}{dt} = V_{0x} \cdot e^{-bt}$$

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{g}{b} + \left(\frac{g}{b} + V_{0y}\right) \cdot e^{-bt}$$



Dalle equazioni cinetiche della seconda scena si deducono per integrazione le seguenti equazioni per le coordinate del moto con attrito:

$$x = x_{0+} + \frac{V_{0x}}{b} \cdot (1 - e^{-bt})$$

$$y = -\frac{g}{b} \cdot t + \frac{\left(\frac{g}{b} + V_{0y}\right)}{b} \cdot (1 - e^{-bt})$$

ByoPro Dev3 Srl Via Sardegna, 40 - 00187 Roma (RM) P.I. 15316391000	FARENTI SRL Via Don Giuseppe Corda, snc - 03030 - Santopadre (FR) P.I. 02604750600
---	--



 <b>ByoPro</b>	<p style="text-align: center;">BYOPRO DEV3 Srl          Impianto Fotovoltaico A Terra Della Potenza Nominale Di 24.769 kWp          Connesso alla RTN          Regione Lazio – Provincia Di Viterbo – Comune Di Cellere – Valentano</p>	
	<b>Relazione tecnica gittata massima</b>	Documento <b>VIA.REL25</b>

Per  $t=0$ ;  $X_0 = -dx_1$  e  $dy_1 = y_0$

Per la gittata massima,  $y$  deve essere zero.

Il coefficiente di attrito per una pala eolica è stato ottenuto sperimentalmente secondo un semicorpo affusolato con rapporto lunghezza (L), spessore (H) uguale o maggiore di 5.

Forma	Coefficiente di attrito
sfera	0.47
emisfera	0.42
Cono	0.50
Cubo	1.05
Cubo inclinato	0.80
Cilindro lungo	0.82
Cilindro corto	1.15
Corpo affusolato L/D=2.5	0.04
Semicorpo affusolato L/H=5	0.09
Semicorpo affusolato L/H=5 sollevato da terra	0.13

In questo modo, se risolviamo l'equazione per angoli  $\alpha$  compresi tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , otteniamo che la massima gittata è pari a **52.01 m**.

La tabella seguente mostra la traiettoria della lama, osservando come in 4,48 secondi la lama raggiungerebbe il suolo raggiungendo i 52,01 m.



 <b>ByoPro</b>	<p align="center"> <i>BYOPRO DEV3 Srl</i>  <i>Impianto Fotovoltaico A Terra Della Potenza Nominale Di 24.769 kWp</i>  <i>Connesso alla RTN</i>  <i>Regione Lazio – Provincia Di Viterbo – Comune Di Cellere – Valentano</i> </p>	
	<b>Relazione tecnica gittata massima</b>	Documento <b>VIA.REL25</b>

Tabella 3 Traiettoria dal proiettile

t1	x1	y1
[s]	[m]	[m]
0.00	dx1=-12.80	dy1=87.16
0.04	-11.95	87.08
0.09	-11.10	86.98
0.13	-10.26	86.86
0.18	-9.42	86.72
0.22	-8.59	86.57
0.27	-7.76	86.39
0.31	-6.94	86.20
0.36	-6.12	85.99
0.40	-5.30	85.75
0.45	-4.49	85.51
0.49	-3.69	85.24
0.54	-2.89	84.95
0.58	-2.10	84.65
0.63	-1.31	84.33
0.67	-0.52	83.99
0.72	0.26	83.63
0.76	1.04	83.26
0.81	1.81	82.87
0.85	2.58	82.46
0.90	3.34	82.03
0.94	4.10	81.59
0.99	4.85	81.13
1.03	5.60	80.65

**Relazione tecnica gittata massima**



Documento  
**VIA.REL25**

t1	x1	y1
[s]	[m]	[m]
1.07	6.35	80.16
1.12	7.09	79.65
1.16	7.83	79.12
1.21	8.56	78.58
1.25	9.29	78.02
1.30	10.01	77.44
1.34	10.73	76.85
1.39	11.45	76.24
1.43	12.16	75.61
1.48	12.87	74.97
1.52	13.57	74.31
1.57	14.27	73.64
1.61	14.97	72.95
1.66	15.66	72.25
1.70	16.35	71.53
1.75	17.03	70.79
1.79	17.71	70.04
1.84	18.38	69.27
1.88	19.06	68.49
1.93	19.72	67.70
1.97	20.39	66.88
2.02	21.05	66.06
2.06	21.70	65.22
2.11	22.36	64.36
2.15	23.00	63.49
2.19	23.65	62.61

**Relazione tecnica gittata massima**



Documento  
**VIA.REL25**

t1	x1	y1
[s]	[m]	[m]
2.24	24.29	61.71
2.28	24.93	60.79
2.33	25.56	59.86
2.37	26.19	58.92
2.42	26.82	57.97
2.46	27.44	57.00
2.51	28.06	56.01
2.55	28.67	55.01
2.60	29.28	54.00
2.64	29.89	52.97
2.69	30.50	51.93
2.73	31.10	50.88
2.78	31.70	49.81
2.82	32.29	48.73
2.87	32.88	47.64
2.91	33.47	46.53
2.96	34.05	45.41
3.00	34.63	44.28
3.05	35.21	43.13
3.09	35.78	41.97
3.14	36.35	40.80
3.18	36.92	39.62
3.22	37.49	38.42
3.27	38.05	37.21
3.31	38.60	35.99
3.36	39.16	34.75

 <b>ByoPro</b>	<p style="text-align: center;"><i>BYOPRO DEV3 Srl</i>  <i>Impianto Fotovoltaico A Terra Della Potenza Nominale Di 24.769 kWp</i>  <i>Connesso alla RTN</i>  <i>Regione Lazio – Provincia Di Viterbo – Comune Di Cellere – Valentano</i></p>	
	<b>Relazione tecnica gittata massima</b>	Documento <b>VIA.REL25</b>

t1	x1	y1
[s]	[m]	[m]
3.40	39.71	33.50
3.45	40.26	32.24
3.49	40.80	30.97
3.54	41.34	29.69
3.58	41.88	28.39
3.63	42.42	27.08
3.67	42.95	25.76
3.72	43.48	24.42
3.76	44.00	23.08
3.81	44.52	21.72
3.85	45.04	20.35
3.90	45.56	18.97
3.94	46.07	17.58
3.99	46.59	16.18
4.03	47.09	14.76
4.08	47.60	13.34
4.12	48.10	11.90
4.17	48.60	10.45
4.21	49.09	8.99
4.25	49.59	7.52
4.30	50.08	6.04
4.34	50.57	4.55
4.39	51.05	3.04
4.43	51.53	1.53
4.48	52.01	0.00

ByoPro Dev3 Srl Via Sardegna, 40 - 00187 Roma (RM) P.I. 15316391000	FARENTI SRL Via Don Giuseppe Corda, snc – 03030 – Santopadre (FR) P.I. 02604750600
---	--

 <b>ByoPro</b>	<p align="center"> <i>BYOPRO DEV3 Srl</i>  <i>Impianto Fotovoltaico A Terra Della Potenza Nominale Di 24.769 kWp</i>  <i>Connesso alla RTN</i>  <i>Regione Lazio – Provincia Di Viterbo – Comune Di Cellere – Valentano</i> </p>	
	<p align="center"><b>Relazione tecnica gittata massima</b></p>	<p align="center"> <i>Documento</i>  <b>VIA.REL25</b> </p>

Considerando questo raggio di 52,01 metri, è stato modificato il layout dell'Impianto Fotovoltaico interessato dalla presenza della turbina.

<p> <i>ByoPro Dev3 Srl</i>  <i>Via Sardegna, 40 - 00187 Roma (RM)</i>  <i>P.I. 15316391000</i> </p>	<p align="right"> <i>FARENTI SRL</i>  <i>Via Don Giuseppe Corda, snc – 03030 – Santopadre (FR)</i>  <i>P.I. 02604750600</i> </p>
---	--