

REGIONE  
CALABRIA



PROVINCIA DI  
CATANZARO



COMUNE DI  
JACURSO



COMUNE DI  
CORTALE



COMUNE DI  
GIRIFALCO



## PARCO EOLICO SELLA DI CATANZARO



### REALIZZAZIONE DI UN PARCO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE RINNOVABILE EOLICA DI POTENZA 18 MW

**COMMITTENTE:**

**S.E.V.A. S.r.l. Società Benefit**

Uffici Valle d'Aosta e sede legale:

Rue des Forges, n. 5 – 11013 – Courmayeur (AO)

Uffici Milano:

C.so Sempione, n.33 – 20145 – Milano (MI)

P.I. e C.F. 00196480073 – PEC: [sevasrl@arubapec.it](mailto:sevasrl@arubapec.it)



**TITOLO DEL DOCUMENTO:**

### “ANALISI SUGLI EFFETTI DI ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI”

| DATA                    | REVISIONE | ELABORATO  | ESEGUITO                        | APPROVATO                     | VERIFICATO                    |
|-------------------------|-----------|--|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Gennaio<br/>2023</b> | 0         | <u>ANALISI SUGLI EFFETTI DI<br/>ROTTURA DEGLI ORGANI<br/>ROTANTI</u> | <u>Ing. Danilo<br/>Saporito</u> | <u>Ing. Andrea<br/>Corona</u> | <u>Ing. Andrea<br/>Corona</u> |

**GRUPPO DI LAVORO:**

- Laurent Jean Conti, consulente energie rinnovabili;
- Ing. Danilo Saporito;
- Ing. Enrico d’Alessandro;
- Dott. Scienze Naturali Carmine Mancuso;
- Geol. Alessio Brescia;
- Dott.ssa Rossella Scavello, archeologa;



SOMMARIO

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | INTRODUZIONE .....                                 | 4  |
| 2   | GLI INCIDENTI .....                                | 5  |
| 3   | CARATTERISTICHE DELL’AEROGENERATORE ADOTTATO ..... | 6  |
| 3.1 | Sistema di controllo .....                         | 10 |
| 3.2 | Sistema elettrico .....                            | 10 |
| 4   | ROTTURA PALA .....                                 | 11 |
| 4.1 | Fattori che influenzano la gittata.....            | 11 |
| 4.2 | Moto rotazionale complesso .....                   | 12 |
| 4.3 | Rottura del frammento di pala .....                | 14 |
| 4.4 | Rottura della pala alla radice.....                | 15 |
| 4.5 | Calcolo della gittata .....                        | 16 |

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica illustra il progetto del parco eolico denominato “Sella di Catanzaro” proposto dalla società S.E.V.A. S.r.l Società Benefit ubicato tra i Comuni di Jacurso, Cortale e Girifalco in provincia di Catanzaro. Il progetto prevede la realizzazione di n. 9 aerogeneratori di potenza complessiva pari a 18 MW, posizionati alla quota di circa 762 m s.l.m.

In Figura 1 si riporta la localizzazione del parco.

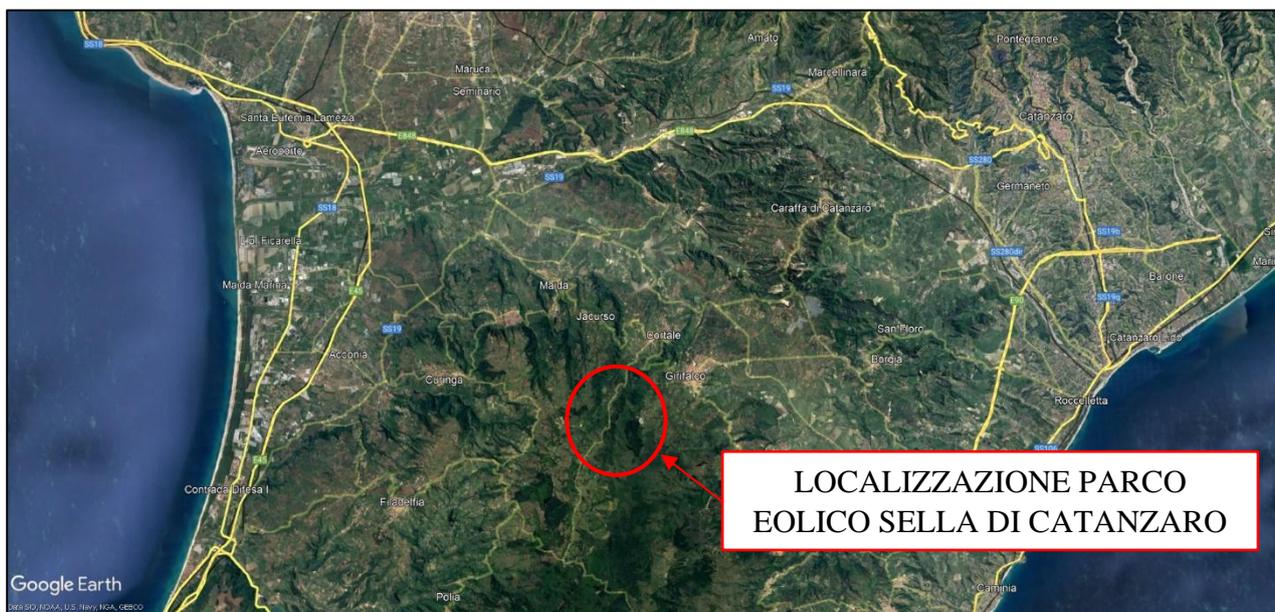


Figura 1. Localizzazione del parco eolico “Sella di Catanzaro”

L’impianto in progetto, grazie alle particolari condizioni del vento dell’area prescelta, sarà in grado di garantire una produzione energetica pulita, sicura e abbondante e contribuirà al raggiungimento degli obiettivi fissati non solo a livello nazionale ma anche a livello comunitario.

Gli studi animologici da noi condotti hanno potuto dimostrare una producibilità netta dell’impianto di circa 39.600 MWh all’anno, pari al fabbisogno di circa 15.840 famiglie (considerando un consumo medio annuo di 2.500kWh per famiglia).

## 2 GLI INCIDENTI

La percentuale relativa ai casi di incidenti, nell'ultimo decennio, è diminuita notevolmente a seguito dell'evoluzione tecnologica e al miglioramento delle macchine eoliche, nonostante l'aumento delle dimensioni degli impianti eolici.

Tra il 1998 e il 1999 per la durata di 18 mesi, è stato condotto uno studio riguardante le pale, le navicelle e le torri di n° 2.130 rotor, per una produzione elettrica complessiva pari a 540 MW.

Su 3.195 anni cumulati di funzionamento, solo 7 aerogeneratori hanno comportato la rottura delle pale. La percentuale è quindi un incidente ogni 457 anni-macchina.

Dobbiamo tenere conto che questi numeri sono relativi alla Danimarca, nazione in cui si è svolta l'analisi di studio, che presenta maggiori rischi di guasto e di sospensione della produzione a causa della formazione di ghiaccio e brina.

Da un altro studio danese, condotto tra il 1993 e il 2003, in un parco di 1.912 aerogeneratori, si può notare una probabilità di distruzione dello 0.00083 aerogeneratori per anno.

In definitiva, in ambito rurale, la correlazione di questa statistica ( $6 \cdot 10^{-5}$ /anno) con la probabilità di occupazione di 1 m<sup>2</sup> di terreno da parte di una persona, individua una probabilità globale di ferire qualcuno molto bassa.

### 3 CARATTERISTICHE DELL’AEROGENERATORE ADOTTATO

Il progetto prevede l’installazione di n. 9 aerogeneratori ad asse orizzontale del tipo VESTAS V112 MW o similari della potenza elettrica nominale di 2000 kW cadauno, per una potenza elettrica nominale complessiva pari a 18 MW.

Come richiesto, gli aerogeneratori utilizzati sono certificati IEC 61400 e applicano la miglior tecnologia disponibile. La macchina prevista risulta essere un aerogeneratore di nuova concezione, tecnologicamente molto avanzato, in grado di massimizzare la produzione di energia elettrica anche con venti deboli (in confronto a quelli del Nord Europa) quali quelli italiani.

La turbina scelta è infatti stata ideata per l’installazione in parchi eolici sulla terraferma con venti di bassa e media intensità. Una delle particolarità di questa turbina è il suo essere silenziosa anche durante il funzionamento a regime, ma ancora di più nella modalità di funzionamento a basso rumore.

La turbina può essere infatti utilizzata in modalità configurabili, che mantengono la rumorosità all’interno di una gamma definita di decibel senza incidere negativamente sulla produttività. Inoltre, nonostante sia la più grande fra tutte le turbine eoliche prodotte per siti con venti di velocità bassa e media, la V112 rispetta tutti i limiti standard per il trasporto. Anche con le sue pale da 54,6 metri, la V112 può essere trasportata senza essere soggetta ad oneri speciali o restrizioni.



Figura 2. Immagine dell’aerogeneratore VESTAS V12

## “Analisi degli effetti di rottura degli organi rotanti”

---

Ciascun aerogeneratore sarà costituito da un rotore tripala e da una navicella con carlinga in vetro resina contenente l'albero principale, il moltiplicatore di giri, il generatore elettrico, i sistemi di raffreddamento e i sistemi ausiliari (Figura 3):



Figura 3. Dettagli dell'aerogeneratore VESTAS V112

L'energia cinetica del vento, raccolta dalle pale rotoriche, sarà utilizzata per mantenere in rotazione l'albero principale, su cui il rotore è calettato. Attraverso il moltiplicatore di giri, l'energia cinetica dell'albero principale sarà trasferita al generatore e trasformata in energia elettrica.

Il sistema di controllo dell'aerogeneratore misurerà in modo continuo la velocità e la direzione del vento, nonché i parametri elettrici e meccanici dell'aerogeneratore.

La regolazione della potenza prodotta avverrà tramite variazione del passo delle pale: quando è raggiunta la massima velocità di rotazione del rotore, l'angolo di attacco delle pale varia in modo opportuno affinché la velocità di rotazione rimanga costante.

Tale logica si basa sulla valutazione continua in tempo reale dei valori di velocità di rotazione e di accelerazione del rotore. Il sistema di controllo assicurerà inoltre l'allineamento della gondola alla direzione prevalente della velocità del vento, variando l'angolo di rotazione sul piano orizzontale tramite opportuni motori elettrici al fine di posizionare le stesse in posizione ottimale.

Con queste caratteristiche l'aerogeneratore è in grado di far funzionare il rotore a velocità variabile e quindi mantenendo la potenza in uscita uguale o vicina alla potenza nominale anche con vento ad alta velocità. A bassa velocità del vento il sistema di controllo consente di massimizzare la potenza erogata durante il funzionamento alla velocità del rotore e all'angolo di beccheggio ottimali.

Le macchine VESTAS V112 hanno una velocità di cut-in (velocità del vento per la quale iniziano a generare energia elettrica) pari a 3,0 m/s e una velocità di cut-out (velocità del vento oltre la quale il sistema di protezione le mette in posizione di stallo) pari a 23-25 m/s a seconda delle opzioni di macchina prescelte.

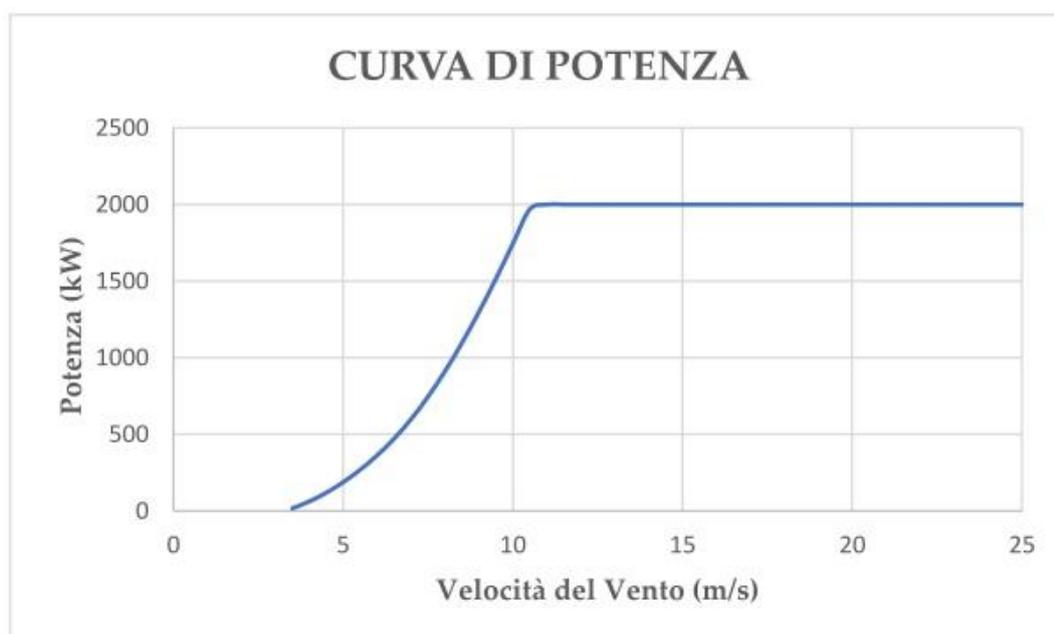


Figura 4. Curva di potenza dell'aerogeneratore VESTAS V112

## “Analisi degli effetti di rottura degli organi rotanti”

---

La fermata dell'aerogeneratore, normale o di emergenza, avverrà attraverso la rotazione della punta delle pale. Superato un valore limite della velocità del vento si ha il blocco dell'aerogeneratore (cut-off) per motivi di sicurezza; durante il cut-off, le pale offrono al vento la minore superficie possibile, in modo da ridurre le sollecitazioni della struttura.

Opportuni serbatoi d'olio in pressione garantiranno l'energia idraulica necessaria a ruotare la punta delle pale anche in condizioni di emergenza (mancanza di alimentazione elettrica).

Inoltre, è presente un freno a disco meccanico sull'albero con impianto idraulico dedicato.

Questo è attivato come freno di stazionamento e quando si attivano i pulsanti di arresto di emergenza. La protezione della macchina contro i fulmini sarà assicurata da un captatore metallico situato sulla punta di ciascuna pala, collegato a terra attraverso la struttura di sostegno dell'aerogeneratore.

Attraverso cavi conduttori, i ricettori sono collegati a una maglia metallica interrata la cui funzione è appunto disperdere la scarica verso terra.

In Tabella 1 si riportano le caratteristiche funzionali e costruttive dell'aerogeneratore scelto:

| <b>Aerogeneratore VESTAS</b>    | <b>Mod. V112</b>   |
|---------------------------------|--|
| Potenza (kW)                    | 2000   |
| Diametro del rotore (m)         | 112  |
| Numero di pale                  | 3  |
| Tipo di turbina                 | Con moltiplicatore di giri e con controllo dell'angolo di pitch su ogni pala |
| Area spazzata (m <sup>2</sup> ) | 9852   |
| Lunghezza delle pale (m)        | 54.65  |
| Direzione di rotazione          | Oraria   |
| Velocità d'attacco (m/s)        | 3  |
| Velocità d'arresto (m/s)        | 25   |
| Altezza della torre (m)         | 94   |
| Tensione (V)                    | 400  |
| Velocità nominale rotore (RPM)  | 12.8   |

Tabella 1. Caratteristiche funzionali e costruttive dell'aerogeneratore VESTAS V112

### 3.1 Sistema di controllo

Ogni aerogeneratore è topograficamente, strutturalmente ed elettricamente indipendente dagli altri, anche per quanto riguarda il sistema di controllo e protezione. L’impianto eolico sarà monitorato e gestito da remoto tramite un sistema di controllo altamente automatizzato. Ogni turbina sarà equipaggiata con un sistema di sensori che consente di raccogliere informazioni relative non solo al funzionamento della macchina, ma anche alle condizioni meteorologiche (caratteristiche del vento). I dati saranno raccolti attraverso una rete in fibra ottica e inviati, tramite collegamento telefonico, presso un centro di controllo remoto, ove l’operatore sarà sempre aggiornato in tempo reale circa la situazione dell’intero parco eolico. Il parco eolico non necessita di forniture di servizio come acqua o gas.

### 3.2 Sistema elettrico

Ogni generatore fornisce energia elettrica a 690 V, che viene poi elevata a media tensione prima del trasporto in un centro di trasformazione ubicato all’interno della torre stessa alla base dell’aerogeneratore, in modo tale che non si debbano creare nuove volumetrie in prossimità della torre. L’energia prodotta da ciascun aerogeneratore fluisce attraverso un sistema composto da cavi conduttori interrati che convergono alla cabina di sezionamento posta in prossimità della WTG 4. Le caratteristiche funzionali e costruttive del trasformatore integrato in ciascun aerogeneratore in progetto sono riportate in Tabella 2:

| <b>AEROGENERATORE VESTAS V112</b> | <b>Mod. V112</b> |
|-----------------------------------|------------------|
| Tensione                          | 30 kV            |
| Frequenza                         | 50 Hz            |
| Rated Apparent Power [SN]         | 2000 kVA         |

Tabella 2. Caratteristiche funzionali e costruttive del trasformatore

Dalla cabina di sezionamento parte poi l’elettrodotto di connessione alla rete elettrica nazionale sino alla cabina di consegna prevista a Maida (CZ).

## 4 ROTTURA PALA

Le modalità di rottura della pala possono essere assai diverse. Essendo un organo in rotazione è soggetto alla forza centripeta che va equilibrata con l'azione della struttura della torre stessa. Per minimizzare tale forza, la pala è costruita in materiale leggero; normalmente si utilizzano materiali composti che sfruttano le caratteristiche meccaniche così da far fronte ai carichi aerodinamici imposti.

Le modalità di rottura sono classificabili in due gruppi:

- rottura della pala della radice;
- rottura di frammento di pala.

### 4.1 Fattori che influenzano la gittata

Da un punto di vista teorico, non prendendo in considerazione le caratteristiche aerodinamiche proprie della pala, la gittata maggiore della pala o della sezione di pala distaccata, si avrebbe nel caso di distaccamento in corrispondenza della posizione palare pari a circa 45-50 gradi e di moto a “giavelotto” del frammento. **Nella realtà la pala ha una complessità aerodinamica tale per cui il verificarsi di un moto a giavelotto è praticamente impossibile: le forze di resistenza viscosa, le azioni resistive del vento ed il moto di rotazione complesso dovuto al profilo aerodinamico della pala/frammento di pala, si oppongono al moto e riducono il tempo e la distanza di volo.** La traiettoria iniziale della pala/sezione di pala distaccata è determinata principalmente dall'angolo in corrispondenza del quale avviene il distacco e dell'azione esercitata dalle forze e dai momenti di inerzia. Per quanto riguarda le forze di tipo aerodinamico e relativi momenti, queste agiranno sulla pala/sezione di pala influenzando i movimenti rotatori in fase di volo.

**Il tempo di volo generalmente è determinato:**

- Dalla componente verticale della velocità iniziale posseduta dalla pala/sezione di pala, immediatamente dopo il distacco in corrispondenza del suo punto baricentrico;
- Dalla posizione rispetto al suolo;
- Dall'accelerazione verticale;
- Dalle forze di attrito agenti sulla pala/sezione di pala stessa.

Il tempo di volo che si deduce da tali considerazioni è utilizzato successivamente per il calcolo della distanza.

- **Distanza percorsa:**

La distanza orizzontale percorsa nella fase di volo è determinata:

- Dalla componente orizzontale della velocità immediatamente dopo il distacco;
- Della velocità del vento nel momento del distacco;
- Delle forze di attrito che agisce sulla pala/sezione di pala in volo;
- Dal tempo di volo.

## 4.2 Moto rotazionale complesso

Il moto reale della parte distaccata risulta molto complesso, poiché dipendente, come detto, dalle caratteristiche aerodinamiche di questa e dalle condizioni iniziali (rollio, imbardata e beccheggio della pala). I casi puramente teorici di rottura e di volo con moto “a giavellotto” sono da ritenere, come accennato, poco realistici data la complessità aerodinamica della pala e la presenza dell’azione del vento. Il modello teorico che meglio caratterizza il moto delle parti (siano esse sezioni di pala e la pala intera) che hanno subito il distacco, e che più si avvicina al caso reale, è il modello “Complex Rotational Motion”, che permette di studiare il moto nel suo complesso, considerando i moti di rotazione intorno agli assi  $xx,yy,zz$ . (Figura 4):

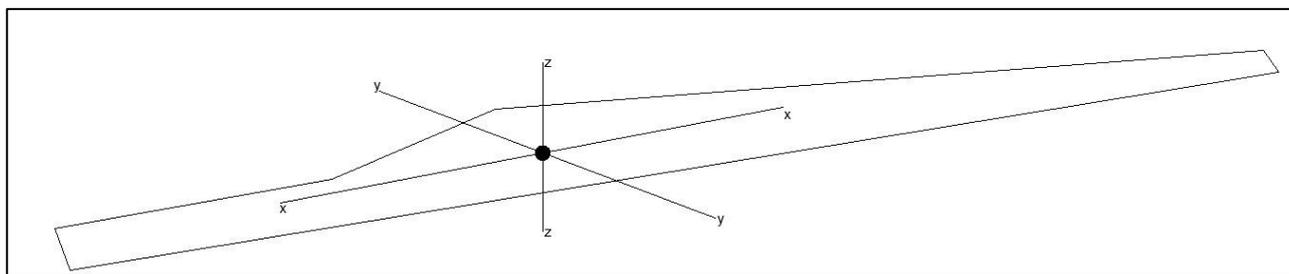


Figura 4. Moto rotazionale complesso

La rotazione della pala intorno all’asse  $zz$  è causato dalla conservazione del momento della quantità di moto: in caso di rottura, per il principio di conservazione, il generico spezzone tende a ruotare intorno all’asse ortogonale al proprio piano. La rotazione intorno agli altri assi è dovuta alle azioni indotte dal vento incidente out of plane sulla pala/sezione di pala.

In particolare, si genera:

- Un momento intorno all’asse  $yy$ : centro di massa e centro aerodinamico della pala/sezione di pala non coincidono;
- Un momento intorno all’asse  $xx$ : centro di massa della sezione di pala lungo la corda e il centro aerodinamico non coincidono.
- La traiettoria iniziale è determinata principalmente dall’angolo di distacco/lancio e dalle forze inerziali agenti sulla pala/frammento di pala: al momento del distacco, oltre

all’impulso, agiscono anche i momenti di flapwise, edgewise e pitchwise. Pertanto, il moto della parte distaccata sarà un moto rotazionale, su cui agisce anche la forza di gravità. La resistenza offerta dalla pala al moto sia in plane che out plane è generata dalla rotazione intorno agli assi  $xx$  e  $yy$ .

La massima gittata della pala/frammento di pala è strettamente dipendente:

- Dal numero di giri del rotore e quindi dalla velocità periferica della parte al momento del distacco;
- Dalla posizione della pala nel momento del distacco;
- Dalla dimensione del frammento;
- Dal peso del frammento (più leggero è, più il suo moto è limitato dalle forze di attrito viscoso);
- Dal profilo aerodinamico della pala/frammento di pala.

Possiamo pertanto concludere che:

- Se effettuiamo un calcolo che tenga conto dei valori cinematici e geometrici del moto senza considerare gli effetti viscosi e soprattutto la complessità del moto rotazionale otteniamo valori di gittata più alti di quelli reali (valore teorico > valore reale);
- Più che dalle dimensioni dell’aerogeneratore e dell’altezza della torre, i valori della gittata dipendono dalla velocità di rotazione.

### 4.3 Rottura del frammento di pala

L'evento della rottura di un frammento consistente di pala risulta meno frequente. Per le caratteristiche del materiale strutturale, tende ad essere una rottura progressiva. Pertanto, nella maggior parte dei casi si ha una prima flessione della struttura con conseguente inevitabile urto con la torre. La conseguente rottura dà luogo a traiettorie varie che non sono determinabili e calcolabili.



*Figura 5. Esempio di pala frammento senza distacco*

È possibile che alcuni frammenti possano staccarsi ma si tratta di parti molto leggere e non possono essere quindi oggetto di calcolo come avviene invece per la pala intera.

#### 4.4 Rottura della pala alla radice

La rottura della pala alla radice è un evento che storicamente è risultato più frequente rispetto al numero di rotture totali, in quanto la sezione di attacco “critica” dal punto di vista strutturale.

Le cause sono sostanzialmente due:

- ✓ La discontinuità della struttura che passa da un carico distribuito sulle fibre alla flangia di attacco crea inevitabili concentrazioni tensionali che con l’andare del tempo può creare problemi di affaticamento con conseguente rottura. C’è da dire che i costruttori hanno ben chiaro il problema e che negli ultimi anni si sono introdotti diversi accorgimenti che hanno migliorato di molto le prestazioni;
- ✓ La rottura della giunzione bullonata fra la pala ed il mozzo. Il longherone è dotato di attacchi filettati che consentono di collegarlo al mozzo con bulloni serrati opportunamente durante l’installazione della turbina. Il precarico conferito ai bulloni durante il serraggio ha un’influenza determinante sulla resistenza dei bulloni stessi ai carichi di fatica e, per questo motivo, è previsto un controllo di tale serraggio durante le operazioni di manutenzione programmata della turbina. L’errata verifica del serraggio ed una plausibile riduzione del precarico possono determinare la rottura per fatica dei bulloni ed il distacco della pala.

## 4.5 Calcolo della gittata

Il calcolo della gittata viene eseguito imponendo delle condizioni iniziali, ovvero:

- ✓ Distacco istantaneo e netto dell'intera pala alla radice;
- ✓ Baricentro posto ad un terzo ( $1/3$ ) della lunghezza dell'intera pala;
- ✓ Assenza di attriti viscosi;
- ✓ Distacco alla rotazione di massimo funzionamento dell'impianto e in corrispondenza di un angolo di circa  $315^\circ$  rispetto alla verticale; questo garantisce la massima gittata in senso orario;
- ✓ Presenza del vento durante tutta la fase di volo;

Nella figura seguente (Figura) si riporta lo schema delle forze utilizzato per l'impostazione del sistema e successivo calcolo della gittata:

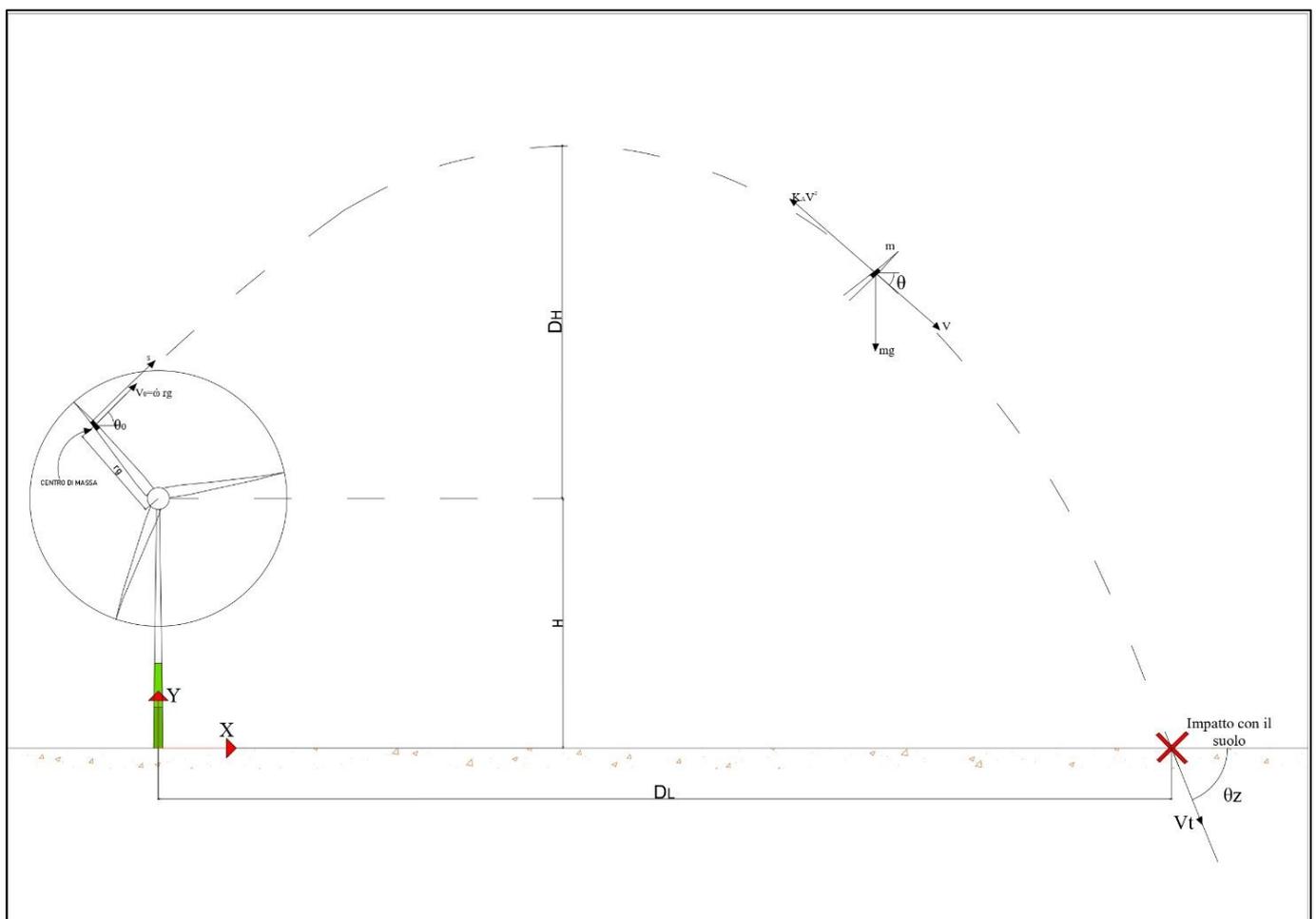


Figura 6. Schema delle forze per il calcolo della gittata max ( $G_{MAX}$ )

Equazioni del moto:

$$\begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \end{cases}$$
$$\begin{cases} x(t) = X_0 + V_x(t) \\ y(t) = Y_0 + V_y(t) - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

Con  $(X_0; Y_0)$  coordinate del punto iniziale;

✓ La traiettoria del punto materiale intercederà il suolo al tempo  $Y(T) = 0$ ;

Quindi, dalla legge del moto otteniamo la seguente equazione:

$$T = \frac{V_y}{g} + \frac{1}{g\sqrt{V_y^2 + 2Y_0 * g}}$$

Da questa equazione si ottengono due soluzioni (una negativa ed una positiva) da cui si terrà conto solo di quella positiva;

A questo punto si considera il moto di due dimensioni dell'elemento rotante come moto di un punto materiale concentrato nel suo baricentro. Tenendo conto solo delle forze gravitazionali e supponendo trascurabili le forze di attrito dell'aria e quelle del vento, l'angolo descritto dal corpo in movimento sarà pari a  $2\pi N$ ;

Dove  $N$  è il numero di giri al minuto compiuti dal corpo in movimento.

Da cui otteniamo la velocità angolare del corpo in movimento:

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \text{ rad/s}$$

Dalle caratteristiche geometriche della pala e considerata la distribuzione dei pesi lungo il profilo della pala stessa riteniamo che il baricentro sia posizionato ad un terzo ( $1/3$ ) della lunghezza totale della pala per cui:

$$L_{pala} = 57.20 \text{ m}; \text{ Quindi: } r_g = \frac{1}{3}L_{pala} = \frac{1}{3}57.20 = 19.07 \text{ m}$$

Passiamo alla determinazione della velocità del baricentro della pala  $V_0$ : ottenuta dal prodotto tra la velocità angolare del corpo in movimento  $\omega$  per la distanza del baricentro dal centro di rotazione  $r_g$ ;

Quindi:

$$V_0 = \omega * r_g = 32.93 \text{ m/s}$$

Dal sistema delle forze calcoliamo:

$$\{X_G = r_g * \cos\theta \quad Y_G = r_g * \sin\theta; \text{ Quindi } H_G = H + Y_G$$

$$\{V_x = V_0 * \cos\theta \quad V_y = V_0 * \sin\theta$$

Nel caso in esame  $H = 94$  metri altezza del mozzo della torre;

La gittata  $G_{MAX}$  è la distanza tra la torre e il punto di impatto al suolo della pala;

Dalla legge del moto, dall'equazione ricavata per  $T$ , si ottiene la gittata esprimendo l'equazione in termine di  $V_0$  e  $\theta$ , ovvero;

$$G_{MAX} = \frac{Vx_0}{g} * (-V_0y \pm (V_0y^2 - 4 \left( \sqrt{\frac{1}{2} * g * Hg} \right))$$

Dove il valore della massima gittata varia in funzione dell'angolo  $\theta$ ;

Inoltre, al valore della gittata massima andrà aggiunta la distanza  $X_G$  del baricentro rispetto all'asse della torre e la distanza del verticale della pala considerando le condizioni più gravose, ovvero disposto nella parte più lontana del baricentro, ossia a due terzi (2/3) della pala.

Nel caso in esame:

$$L_G = \frac{2}{3} L_{pala}$$

Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti dall'analisi del calcolo della gittata.

| <i>g[m/s]</i> | <i>n[giri/minuto]</i> | <i>ω[rad/s]</i> | <i>rg[m]</i> | <i>Drot</i>   | <i>Lpala</i> | <i>Vo</i>    | <i>Vxo</i>   | <i>Vyo</i>   | <i>θ[°]</i>  | <i>θ[rad]</i> | <i>H[m]</i>  | <i>Xg [m]</i> | <i>Yg [m]</i> | <i>Hg [m]</i> | <i>Lg [m]</i> | <i>Gmax[m]</i> | <i>Gtot[m]</i> |
|---------------|-----------------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 24.41        | 0.00         | 0.00         | 0.00          | 94.00        | 18.22         | 0.00          | 94.00         | 36.43         | 106.839        | 161.489        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 24.40        | 0.43         | 1.00         | 0.02          | 94.00        | 18.21         | 0.32          | 94.32         | 36.43         | 108.068        | 162.715        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 24.39        | 0.85         | 2.00         | 0.03          | 94.00        | 18.21         | 0.64          | 94.64         | 36.43         | 109.272        | 163.911        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 24.37        | 1.28         | 3.00         | 0.05          | 94.00        | 18.19         | 0.95          | 94.95         | 36.43         | 110.451        | 165.076        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 24.35        | 1.70         | 4.00         | 0.07          | 94.00        | 18.17         | 1.27          | 95.27         | 36.43         | 111.603        | 166.209        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 24.31        | 2.13         | 5.00         | 0.09          | 94.00        | 18.15         | 1.59          | 95.59         | 36.43         | 112.726        | 167.307        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 24.27        | 2.55         | 6.00         | 0.10          | 94.00        | 18.12         | 1.90          | 95.90         | 36.43         | 113.819        | 168.369        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 24.22        | 2.97         | 7.00         | 0.12          | 94.00        | 18.08         | 2.22          | 96.22         | 36.43         | 114.880        | 169.394        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 24.17        | 3.39         | 8.00         | 0.14          | 94.00        | 18.04         | 2.53          | 96.53         | 36.43         | 115.907        | 170.380        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 24.11        | 3.82         | 9.00         | 0.16          | 94.00        | 17.99         | 2.85          | 96.85         | 36.43         | 116.898        | 171.324        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 24.04        | 4.24         | 10.00        | 0.17          | 94.00        | 17.94         | 3.16          | 97.16         | 36.43         | 117.853        | 172.227        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 23.96        | 4.65         | 11.00        | 0.19          | 94.00        | 17.88         | 3.47          | 97.47         | 36.43         | 118.769        | 173.085        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 23.87        | 5.07         | 12.00        | 0.21          | 94.00        | 17.82         | 3.79          | 97.79         | 36.43         | 119.645        | 173.897        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 23.78        | 5.49         | 13.00        | 0.23          | 94.00        | 17.75         | 4.10          | 98.10         | 36.43         | 120.478        | 174.662        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 23.68        | 5.90         | 14.00        | 0.24          | 94.00        | 17.68         | 4.40          | 98.40         | 36.43         | 121.268        | 175.378        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 23.57        | 6.31         | 15.00        | 0.26          | 94.00        | 17.60         | 4.71          | 98.71         | 36.43         | 122.013        | 176.043        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 23.46        | 6.72         | 16.00        | 0.28          | 94.00        | 17.51         | 5.02          | 99.02         | 36.43         | 122.710        | 176.655        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 23.34        | 7.13         | 17.00        | 0.30          | 94.00        | 17.42         | 5.32          | 99.32         | 36.43         | 123.360        | 177.214        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 23.21        | 7.54         | 18.00        | 0.31          | 94.00        | 17.33         | 5.63          | 99.63         | 36.43         | 123.958        | 177.718        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 23.08        | 7.94         | 19.00        | 0.33          | 94.00        | 17.23         | 5.93          | 99.93         | 36.43         | 124.506        | 178.164        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 22.94        | 8.34         | 20.00        | 0.35          | 94.00        | 17.12         | 6.23          | 100.23        | 36.43         | 125.000        | 178.552        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 22.79        | 8.74         | 21.00        | 0.37          | 94.00        | 17.01         | 6.53          | 100.53        | 36.43         | 125.439        | 178.880        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 22.63        | 9.14         | 22.00        | 0.38          | 94.00        | 16.89         | 6.82          | 100.82        | 36.43         | 125.822        | 179.147        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 22.47        | 9.53         | 23.00        | 0.40          | 94.00        | 16.77         | 7.11          | 101.11        | 36.43         | 126.148        | 179.351        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 22.30        | 9.92         | 24.00        | 0.42          | 94.00        | 16.64         | 7.41          | 101.41        | 36.43         | 126.414        | 179.491        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 22.12        | 10.31        | 25.00        | 0.44          | 94.00        | 16.51         | 7.70          | 101.70        | 36.43         | 126.620        | 179.565        |
| <b>9.81</b>   | <b>12.8</b>           | <b>1.34</b>     | <b>18.22</b> | <b>117.00</b> | <b>54.65</b> | <b>24.41</b> | <b>21.94</b> | <b>10.69</b> | <b>26.00</b> | <b>0.45</b>   | <b>94.00</b> | <b>16.37</b>  | <b>7.98</b>   | <b>101.98</b> | <b>36.43</b>  | <b>126.765</b> | <b>179.573</b> |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 21.75        | 11.07        | 27.00        | 0.47          | 94.00        | 16.23         | 8.27          | 102.27        | 36.43         | 126.846        | 179.513        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 21.55        | 11.45        | 28.00        | 0.49          | 94.00        | 16.09         | 8.55          | 102.55        | 36.43         | 126.863        | 179.383        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 21.35        | 11.83        | 29.00        | 0.51          | 94.00        | 15.93         | 8.83          | 102.83        | 36.43         | 126.815        | 179.184        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 21.14        | 12.20        | 30.00        | 0.52          | 94.00        | 15.78         | 9.10          | 103.10        | 36.43         | 126.701        | 178.913        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 20.92        | 12.56        | 31.00        | 0.54          | 94.00        | 15.62         | 9.38          | 103.38        | 36.43         | 126.519        | 178.570        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 20.70        | 12.93        | 32.00        | 0.56          | 94.00        | 15.45         | 9.65          | 103.65        | 36.43         | 126.269        | 178.154        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 20.47        | 13.29        | 33.00        | 0.58          | 94.00        | 15.28         | 9.92          | 103.92        | 36.43         | 125.950        | 177.664        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 20.24        | 13.64        | 34.00        | 0.59          | 94.00        | 15.11         | 10.18         | 104.18        | 36.43         | 125.560        | 177.099        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 20.00        | 13.99        | 35.00        | 0.61          | 94.00        | 14.93         | 10.44         | 104.44        | 36.43         | 125.100        | 176.459        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 19.75        | 14.34        | 36.00        | 0.63          | 94.00        | 14.74         | 10.70         | 104.70        | 36.43         | 124.568        | 175.742        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 19.50        | 14.68        | 37.00        | 0.65          | 94.00        | 14.55         | 10.96         | 104.96        | 36.43         | 123.963        | 174.949        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 19.24        | 15.02        | 38.00        | 0.66          | 94.00        | 14.36         | 11.21         | 105.21        | 36.43         | 123.286        | 174.078        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 18.97        | 15.35        | 39.00        | 0.68          | 94.00        | 14.16         | 11.46         | 105.46        | 36.43         | 122.536        | 173.130        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 18.70        | 15.68        | 40.00        | 0.70          | 94.00        | 13.96         | 11.70         | 105.70        | 36.43         | 121.711        | 172.103        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 18.42        | 16.00        | 41.00        | 0.72          | 94.00        | 13.75         | 11.95         | 105.95        | 36.43         | 120.813        | 170.999        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 18.14        | 16.32        | 42.00        | 0.73          | 94.00        | 13.54         | 12.18         | 106.18        | 36.43         | 119.840        | 169.815        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 17.86        | 16.64        | 43.00        | 0.75          | 94.00        | 13.33         | 12.42         | 106.42        | 36.43         | 118.793        | 168.553        |
| 9.81          | 12.8                  | 1.34            | 18.22        | 117.00        | 54.65        | 24.41        | 17.56        | 16.95        | 44.00        | 0.77          | 94.00        | 13.11         | 12.65         | 106.65        | 36.43         | 117.671        | 167.213        |

|      |      |      |       |        |       |       |       |       |       |      |       |       |       |        |       |         |         |
|------|------|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|---------|
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 17.26 | 17.25 | 45.00 | 0.79 | 94.00 | 12.89 | 12.88 | 106.88 | 36.43 | 116.474 | 165.793 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 16.96 | 17.55 | 46.00 | 0.80 | 94.00 | 12.66 | 13.10 | 107.10 | 36.43 | 115.202 | 164.295 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 16.65 | 17.84 | 47.00 | 0.82 | 94.00 | 12.43 | 13.32 | 107.32 | 36.43 | 113.857 | 162.719 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 16.34 | 18.13 | 48.00 | 0.84 | 94.00 | 12.20 | 13.53 | 107.53 | 36.43 | 112.436 | 161.065 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 16.02 | 18.41 | 49.00 | 0.85 | 94.00 | 11.96 | 13.74 | 107.74 | 36.43 | 110.942 | 159.333 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 15.70 | 18.69 | 50.00 | 0.87 | 94.00 | 11.72 | 13.95 | 107.95 | 36.43 | 109.375 | 157.524 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 15.37 | 18.96 | 51.00 | 0.89 | 94.00 | 11.47 | 14.15 | 108.15 | 36.43 | 107.734 | 155.638 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 15.03 | 19.22 | 52.00 | 0.91 | 94.00 | 11.22 | 14.35 | 108.35 | 36.43 | 106.021 | 153.676 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 14.70 | 19.48 | 53.00 | 0.92 | 94.00 | 10.97 | 14.54 | 108.54 | 36.43 | 104.235 | 151.639 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 14.35 | 19.74 | 54.00 | 0.94 | 94.00 | 10.71 | 14.73 | 108.73 | 36.43 | 102.379 | 149.527 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 14.01 | 19.98 | 55.00 | 0.96 | 94.00 | 10.46 | 14.92 | 108.92 | 36.43 | 100.452 | 147.341 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 13.66 | 20.23 | 56.00 | 0.98 | 94.00 | 10.19 | 15.10 | 109.10 | 36.43 | 98.455  | 145.083 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 13.30 | 20.46 | 57.00 | 0.99 | 94.00 | 9.93  | 15.27 | 109.27 | 36.43 | 96.390  | 142.753 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 12.94 | 20.69 | 58.00 | 1.01 | 94.00 | 9.66  | 15.44 | 109.44 | 36.43 | 94.258  | 140.352 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 12.58 | 20.91 | 59.00 | 1.03 | 94.00 | 9.39  | 15.61 | 109.61 | 36.43 | 92.059  | 137.882 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 12.21 | 21.13 | 60.00 | 1.05 | 94.00 | 9.12  | 15.77 | 109.77 | 36.43 | 89.794  | 135.344 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 11.84 | 21.34 | 61.00 | 1.06 | 94.00 | 8.84  | 15.93 | 109.93 | 36.43 | 87.466  | 132.740 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 11.47 | 21.54 | 62.00 | 1.08 | 94.00 | 8.56  | 16.08 | 110.08 | 36.43 | 85.075  | 130.070 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 11.09 | 21.74 | 63.00 | 1.10 | 94.00 | 8.28  | 16.23 | 110.23 | 36.43 | 82.623  | 127.336 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 10.71 | 21.93 | 64.00 | 1.12 | 94.00 | 7.99  | 16.37 | 110.37 | 36.43 | 80.111  | 124.540 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 10.33 | 22.11 | 65.00 | 1.13 | 94.00 | 7.71  | 16.51 | 110.51 | 36.43 | 77.541  | 121.683 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 9.94  | 22.29 | 66.00 | 1.15 | 94.00 | 7.42  | 16.64 | 110.64 | 36.43 | 74.915  | 118.767 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 9.55  | 22.46 | 67.00 | 1.17 | 94.00 | 7.13  | 16.76 | 110.76 | 36.43 | 72.234  | 115.795 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 9.16  | 22.62 | 68.00 | 1.19 | 94.00 | 6.83  | 16.89 | 110.89 | 36.43 | 69.499  | 112.767 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 8.76  | 22.78 | 69.00 | 1.20 | 94.00 | 6.54  | 17.00 | 111.00 | 36.43 | 66.713  | 109.685 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 8.36  | 22.93 | 70.00 | 1.22 | 94.00 | 6.24  | 17.11 | 111.11 | 36.43 | 63.878  | 106.553 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 7.96  | 23.07 | 71.00 | 1.24 | 94.00 | 5.94  | 17.22 | 111.22 | 36.43 | 60.996  | 103.371 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 7.56  | 23.21 | 72.00 | 1.26 | 94.00 | 5.64  | 17.32 | 111.32 | 36.43 | 58.068  | 100.142 |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 7.15  | 23.33 | 73.00 | 1.27 | 94.00 | 5.34  | 17.42 | 111.42 | 36.43 | 55.097  | 96.867  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 6.74  | 23.46 | 74.00 | 1.29 | 94.00 | 5.03  | 17.51 | 111.51 | 36.43 | 52.084  | 93.550  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 6.33  | 23.57 | 75.00 | 1.31 | 94.00 | 4.73  | 17.59 | 111.59 | 36.43 | 49.033  | 90.193  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 5.92  | 23.68 | 76.00 | 1.33 | 94.00 | 4.42  | 17.67 | 111.67 | 36.43 | 45.944  | 86.797  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 5.51  | 23.78 | 77.00 | 1.34 | 94.00 | 4.11  | 17.75 | 111.75 | 36.43 | 42.821  | 83.364  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 5.09  | 23.87 | 78.00 | 1.36 | 94.00 | 3.80  | 17.82 | 111.82 | 36.43 | 39.666  | 79.899  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 4.67  | 23.95 | 79.00 | 1.38 | 94.00 | 3.49  | 17.88 | 111.88 | 36.43 | 36.480  | 76.402  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 4.25  | 24.03 | 80.00 | 1.40 | 94.00 | 3.18  | 17.94 | 111.94 | 36.43 | 33.267  | 72.876  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 3.84  | 24.10 | 81.00 | 1.41 | 94.00 | 2.86  | 17.99 | 111.99 | 36.43 | 30.028  | 69.324  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 3.41  | 24.17 | 82.00 | 1.43 | 94.00 | 2.55  | 18.04 | 112.04 | 36.43 | 26.767  | 65.749  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 2.99  | 24.22 | 83.00 | 1.45 | 94.00 | 2.23  | 18.08 | 112.08 | 36.43 | 23.485  | 62.152  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 2.57  | 24.27 | 84.00 | 1.47 | 94.00 | 1.92  | 18.12 | 112.12 | 36.43 | 20.186  | 58.537  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 2.15  | 24.31 | 85.00 | 1.48 | 94.00 | 1.60  | 18.15 | 112.15 | 36.43 | 16.871  | 54.905  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 1.72  | 24.34 | 86.00 | 1.50 | 94.00 | 1.28  | 18.17 | 112.17 | 36.43 | 13.543  | 51.261  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 1.30  | 24.37 | 87.00 | 1.52 | 94.00 | 0.97  | 18.19 | 112.19 | 36.43 | 10.205  | 47.605  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 0.87  | 24.39 | 88.00 | 1.54 | 94.00 | 0.65  | 18.21 | 112.21 | 36.43 | 6.858   | 43.942  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 0.45  | 24.40 | 89.00 | 1.55 | 94.00 | 0.33  | 18.21 | 112.21 | 36.43 | 3.507   | 40.273  |
| 9.81 | 12.8 | 1.34 | 18.22 | 117.00 | 54.65 | 24.41 | 0.02  | 24.41 | 90.00 | 1.57 | 94.00 | 0.01  | 18.22 | 112.22 | 36.43 | 0.153   | 36.601  |

## “Analisi degli effetti di rottura degli organi rotanti”

Dall'analisi dei risultati ottenuti si nota che fissando un generico angolo  $\theta$ , la gittata aumenta quadraticamente con  $V_0$ . Come si evince dalla tabella di calcolo e dal grafico sottostante il massimo valore della gittata è pari a 126.836 metri circa con un angolo di distacco pari a  $28^\circ$  sull'orizzontale. Si sottolinea che a questo valore della  $G_{MAX}$  va aggiunto il valore ottenuto dalla somma tra  $L_G$  (distanza del verticale della pala considerando le condizioni più gravose) e  $X_G$  (distanza del baricentro rispetto all'asse della torre).

