



GRE CODE
GRE.EEC.R.26.IT.W.14706.00.097.00

PAGE
 1 di/of 8

TITLE:AVAILABLE LANGUAGE: IT

“IMPIANTO EOLICO LATIANO”

RELAZIONE DI CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA RELAZIONE SPECIALISTICA

| | | | | | |
|-------------|-------------------|------------------------|------------------|--------------------|-----------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 00 | 24/11/2020 | PRIMA EMISSIONE | V.D'AMICO | F.DE CASTRO | A. SERGI |
| REV. | DATE | DESCRIPTION | PREPARED | VERIFIED | APPROVED |

GRE VALIDATION

| | | |
|---------------|-------------|--------------|
| - | DISCIPLINE | PUOSI |
| COLLABORATORS | VERIFIED BY | VALIDATED BY |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PROJECT / PLANT IMPIANTO EOLICO LATIANO | GRE.EEC.R.26.IT.W.14706.00.097.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GROUP | FUNCION | TYPE | ISSUER | COUNTRY | TEC | PLANT | SYSTEM | PROGRESSIVE | REVISION | | | | | | | | | |
| | GRE | EEC | R | 2 | 6 | I | T | W | 1 | 4 | 7 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 9 | 7 | 0 |

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| CLASSIFICATION | UTILIZATION SCOPE |
|-----------------------|--------------------------|

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green PowerS.p.A.



GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.14706.00.097.00

PAGE

2 di/of 8

INDEX

| | |
|---|---|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. EQUAZIONE DEL MOTO..... | 4 |
| 3. GEOMETRIA DEL PROBLEMA E CALCOLO DELLA GITTATA | 5 |

1. PREMESSA

La presente relazione ha l'obiettivo di rappresentare i risultati del calcolo della gittata massima, con riferimento all'area di progetto del futuro parco eolico denominato "Latiano".

L'area di progetto oggetto di indagine ricade nell'ambito del territorio amministrato dai Comuni di Latiano e Mesagne in Provincia di Brindisi.

L'area di intervento, in cui ricadono gli aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 6.0 - 170, è riportata nel Catasto Terreni dei Comuni di Latiano, Mesagne come riportato in *Tabella 1*.

| COORDINATE GEOGRAFICHE | | | RIFERIMENTI CATASTALI | | |
|------------------------|--------------|--------------|-----------------------|----|-------|
| WTG | EST [m] | NORD [m] | COMUNE | FG | P.LLA |
| 1 | 17,689425° E | 40,599569° N | LATIANO | 8 | 54 |
| 2 | 17,711503° E | 40,594126° N | LATIANO | 9 | 306 |
| 3 | 17,721635° E | 40,591933° N | LATIANO | 9 | 319 |
| 4 | 17,753598° E | 40,593697° N | LATIANO | 17 | 35 |
| 5 | 17,697625° E | 40,581633° N | LATIANO | 12 | 475 |
| 6 | 17,710164° E | 40,582024° N | LATIANO | 13 | 126 |
| 7 | 17,732605° E | 40,582468° N | LATIANO | 24 | 1 |
| 8 | 17,740750° E | 40,581446° N | LATIANO | 24 | 8 |
| 9 | 17,747096° E | 40,583502° N | MESAGNE | 10 | 1 |
| 10 | 17,753072° E | 40,585468° N | MESAGNE | 10 | 45 |
| 11 | 17,724721° E | 40,574512° N | LATIANO | 23 | 61 |
| 12 | 17,741371° E | 40,566578° N | LATIANO | 32 | 68 |
| 13 | 17,762294° E | 40,578456° N | MESAGNE | 11 | 1 |

Tabella 1: Elenco degli aerogeneratori

2. EQUAZIONE DEL MOTO

Le equazioni del moto di un punto materiale soggetto solo alla forza di gravità sono:

$$x'' = 0$$

$$y'' = -g$$

dove $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità.

La legge del moto, soluzione di queste equazioni è:

$$x(t) = x_0 + v_x t$$

$$y(t) = y_0 + v_y t - 1/2 g t^2$$

dove $(x_0; y_0)$ è la posizione iniziale del punto materiale e $(v_x; v_y)$ è la sua velocità.

La traiettoria del punto materiale intercetta il suolo al tempo T tale che $y(T) = 0$.

Dalla legge del moto si ottiene:

$$T = v_y/g + 1/g \sqrt{v_y^2 + 2 y_0 g}$$

scartando la soluzione corrispondente a tempi negativi.

3. GEOMETRIA DEL PROBLEMA E CALCOLO DELLA GITTATA

Consideriamo il moto bidimensionale dell'elemento rotante, come il moto di un punto materiale concentrato nel baricentro, tenendo conto solo delle forze gravitazionali e supponendo trascurabile l'influenza dei vari agenti atmosferici, in particolare le forze di attrito dell'aria e quelle del vento.

Chiamiamo con n il numero di giri al minuto primo compiuti dal corpo in movimento circolare. Tenuto conto che ad ogni giro l'angolo descritto dal corpo in movimento è pari a 2π radianti, per n giri avremo $2\pi n$ radianti/minuto, che è appunto la velocità angolare ω del corpo in movimento.

Volendo esprimere la velocità angolare in radianti al secondo avremo:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ rad/sec}$$

Date le caratteristiche geometriche della pala, e considerata la distribuzione dei pesi lungo il profilo della stessa, si ritiene con buona approssimazione che il baricentro sia posizionato ad un terzo rispetto alla lunghezza della pala, ad una distanza dal centro di rotazione pari a circa:

$$r_g = (170/2 - 83,5) + 83,5/3 \text{ m} = 29,33 \text{ m}$$

essendo il diametro del rotore $D = 170 \text{ m}$ e la lunghezza di ciascuna pala $R = 83,50 \text{ m}$ circa. Per determinare la velocità del baricentro della pala basta moltiplicare la distanza del baricentro dal centro di rotazione per la velocità angolare pari a 8,8 giri/minuto.

Per questa velocità angolare, la velocità periferica del baricentro della pala risulta pari a:

$$V_g = \omega \cdot r_g = \frac{2\pi n}{60} r_g = 27,01 \text{ m/sec}$$

La posizione e la velocità iniziale sono determinati, oltre che dalla velocità tangenziale appena calcolata, anche dall'angolo θ della pala al momento del distacco.

Essi sono legati alla posizione ed alla velocità iniziale dalle relazioni:

$$x_0 = -r_g \cos(\theta)$$

$$y_0 = H + r_g \sin(\theta)$$

$$v_x = V_g \sin(\theta)$$

$$v_y = V_g \cos(\theta)$$

La gittata L è la distanza dalla torre del punto di impatto al suolo della pala; l'altezza H è l'altezza del mozzo della torre (115 m). Dalla legge del moto otteniamo:

$$L = x(T)$$

Sostituendo l'espressione per T ricavata sopra, otteniamo la gittata L in termini di V_g e di θ :

$$L = -r_g \cos(\theta) + \frac{V_g \sin(\theta)}{g} [V_g \cos(\theta) + \sqrt{(V_g^2 \cos^2(\theta) + 2(H + r_g \sin(\theta))g}]$$

Nella formula di L sopra riportata, si assumono i seguenti dati:

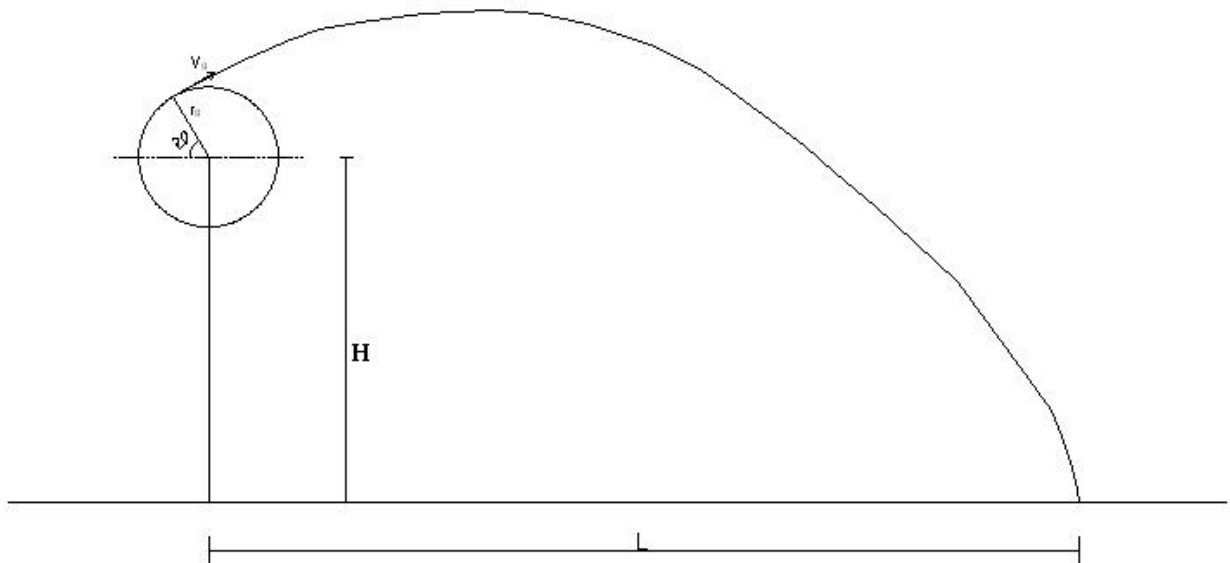
$$V_g = 27,01 \text{ m/s}$$

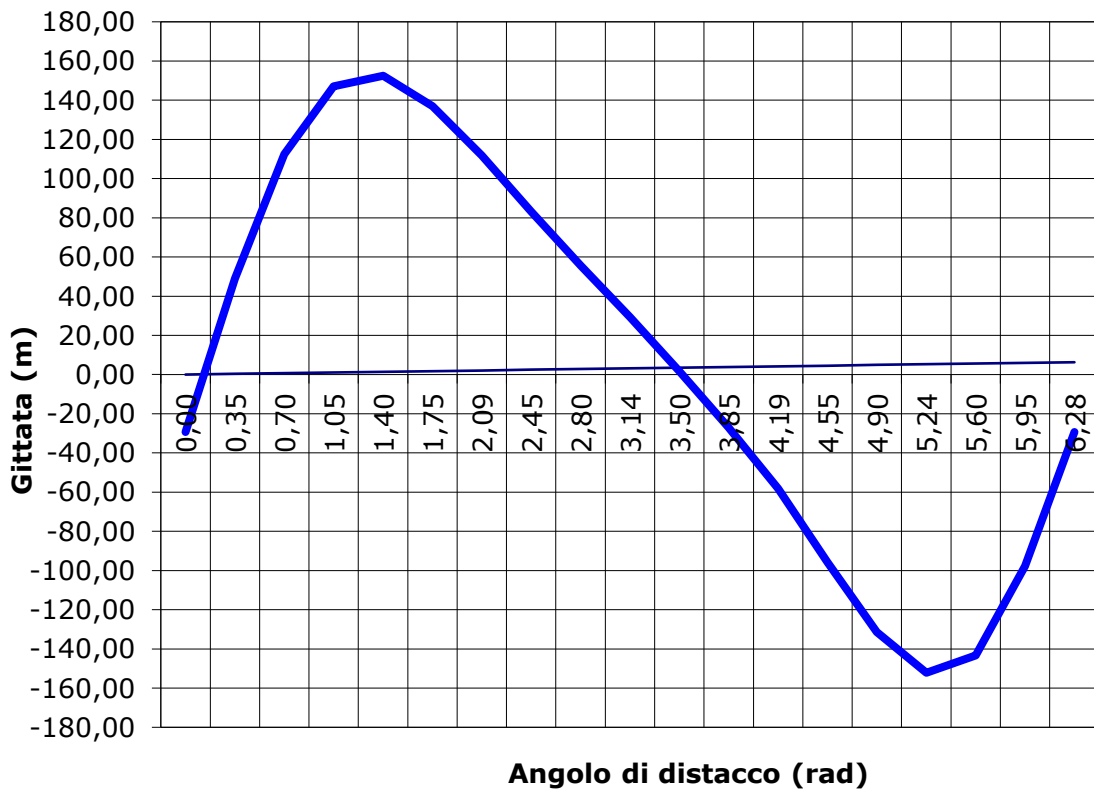
$$r_g = 29,33 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$H = 115 \text{ m}$$

Il valore massimo della gittata dipenderà dall'angolo θ .





| θ | L |
|----------|---------|
| 0,00 | -29,33 |
| 0,35 | 49,11 |
| 0,70 | 112,51 |
| 1,05 | 147,09 |
| 1,40 | 152,49 |
| 1,75 | 136,95 |
| 2,09 | 111,86 |
| 2,45 | 83,24 |
| 2,80 | 55,54 |
| 3,14 | 29,33 |
| 3,50 | 1,72 |
| 3,85 | -27,03 |
| 4,19 | -58,29 |
| 4,55 | -95,85 |
| 4,90 | -131,41 |
| 5,24 | -152,18 |
| 5,60 | -143,34 |
| 5,95 | -97,81 |
| 6,28 | -29,33 |

Si noti che, fissato un generico angolo θ , la gittata aumenta quadraticamente con V_g salvo i casi particolari $\theta = \pm 90^\circ, 0^\circ, 180^\circ$, nei quali la gittata aumenta linearmente con V oppure è pari ad r_g .

Come si evidenzia dal grafico, il valore massimo della gittata è pari a 152 m circa con un angolo di distacco di circa

$$\theta = \pi/2,25 \text{ rad}$$

Pertanto, nell'ipotesi di distacco di una pala nel punto di serraggio del mozzo, punto di maggiore sollecitazione a causa del collegamento, considerando le seguenti ipotesi:

- il baricentro della pala è posizionato ad $1/3$ rispetto alla lunghezza della pala;
- il moto del sistema è considerato di tipo rigido non vincolato;
- si ritengono trascurabili le forze di resistenza dell'aria;
- le componenti dell'accelerazione saranno $a_x = 0, a_y = -g$.
- la velocità periferica è uguale a quella calcolata in precedenza (incrementata del 5% rispetto alla massima di esercizio)

il massimo valore della gittata sarà pari al valore calcolato in precedenza, 152 m circa, per $\theta = \pi/3 \text{ rad}$ circa, al quale dovrà aggiungersi la distanza del vertice della pala dal baricentro, 55,67 m, per un valore complessivo

$$L_{tot} = 210 \text{ m}$$