



Engineering & Construction



EGP CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.00.009.02

PAGE

1 di/of 27

TITLE: RELAZIONE GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI

AVAILABLE LANGUAGE: IT

**IMPIANTO EOLICO  
"ACQUAVIVA COLLECROCE"**  
Comuni di Acquaviva Collecroce (CB), San Felice del Molise (CB),  
Castelmauro (CB), Palata (CB), Tavenna (CB) e Montecilfone (CB)  
Relazione gittata massima elementi rotanti

Il Tecnico  
Ing. Leonardo Sblendido



File: GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.00.009.02\_RELAZIONE GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI

| REV. | DATE       | DESCRIPTION                      | PREPARED     | VERIFIED    | APPROVED     |
|------|------------|----------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| 02   | 13/05/2022 | Emissione per iter autorizzativo | D. Greco     | E. Speranza | L. Sblendido |
| 01   | 17/05/2021 | Aggiornamento commenti Enel      | G. Migliazza | E. Speranza | L. Sblendido |
| 00   | 28/10/2020 | Prima emissione                  | G. Alfano    | E. Speranza | L. Sblendido |

| EGP VALIDATION |                    |                    |
|----------------|--------------------|--------------------|
|                | <i>L. Iacofano</i> | <i>L. Iacofano</i> |
| COLLABORATORS  | VERIFIED BY        | VALIDATED BY       |

| PROJECT / PLANT<br>ACQUAVIVA<br>COLLECROCE EO | EGP CODE |         |      |        |         |     |       |   |   |   |   |        |             |          |   |   |   |   |   |
|---|----------|---------|------|--------|---------|-----|-------|---|---|---|---|--------|-------------|----------|---|---|---|---|---|
|   | GROUP    | FUNCION | TYPE | ISSUER | COUNTRY | TEC | PLANT |   |   |   |   | SYSTEM | PROGRESSIVE | REVISION |   |   |   |   |   |
|   | GRE      | EEC     | R    | 7      | 3       | I   | T     | W | 1 | 5 | 2 | 3      | 5           | 0        | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 |

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

*This document is property of Enel Green Power Italia S.r.l.. 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 Power Italia S.r.l.*



Engineering & Construction



EGP CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.00.009.02

PAGE

2 di/of 27

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. PREMESSA.....  | 3  |
| 2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....   | 5  |
| 3. CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA DEGLI ELEMENTI ROTANTI DEGLI AEROGENERATORI..... | 7  |
| 3.1. MOTO DEL PROIETTILE MEDIANTE LE EQUAZIONI DELLA CINEMATICA .....             | 8  |
| 3.2. CALCOLO DELLA VELOCITA' PERIFERICA.....                                      | 9  |
| 3.3. CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA .....  | 10 |
| 4. INDAGINE E LOCALIZZAZIONE DEI POTENZIALI RECETTORI .....                       | 15 |
| 5. CONCLUSIONI.....   | 26 |

**ALLEGATO 1: Ubicazione dei recettori in relazione alla gittata massima**

|   |   |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
| <br><b>Engineering &amp; Construction</b> |  | EGP CODE                          |
|   |   | GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.00.009.02 |
|   |   | PAGE                              |
|   |   | 3 di/of 27                        |

## 1. PREMESSA

Il presente documento con riferimento al progetto dell'impianto eolico da 60 MW comprensivo delle opere di connessione, proposto da Enel Green Power Italia S.r.l., sui territori comunali di Acquaviva Collecroce, San Felice del Molise, Castelmauro, Palata, Tavenna (interessato soltanto dalle opere di connessione) e Montecilfone (interessato soltanto dalle opere di connessione), in provincia di Campobasso, viene redatto conformemente ai contenuti del Paragrafo 7.1. dell'ALLEGATO 3 "Impianti eolici: elementi per il corretto inserimento nel paesaggio e sul territorio" al DGR 621/2011 "Linee guida per il procedimento di cui all'articolo 12 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n.387 per l'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio di impianti di produzione di elettricità da fonti rinnovabili nella Regione Molise", il quale stabilisce che: "È opportuno prendere in esame l'idoneità delle caratteristiche delle macchine, in relazione alle condizioni meteorologiche estreme del sito. In tal senso [...] - **andrebbe valutata la gittata massima degli elementi rotanti in caso di rottura accidentate** [...]". Pertanto obiettivo della presente trattazione è quello di valutare, a seguito della rottura accidentale di una pala, la distanza massima raggiungibile dalla stessa.

Il parco eolico sarà costituito da N.10 aerogeneratori, di potenza nominale singola pari a 6 MW, per una potenza nominale complessiva di 60 MW.

Di seguito viene riportato un inquadramento con la localizzazione dell'area di impianto:

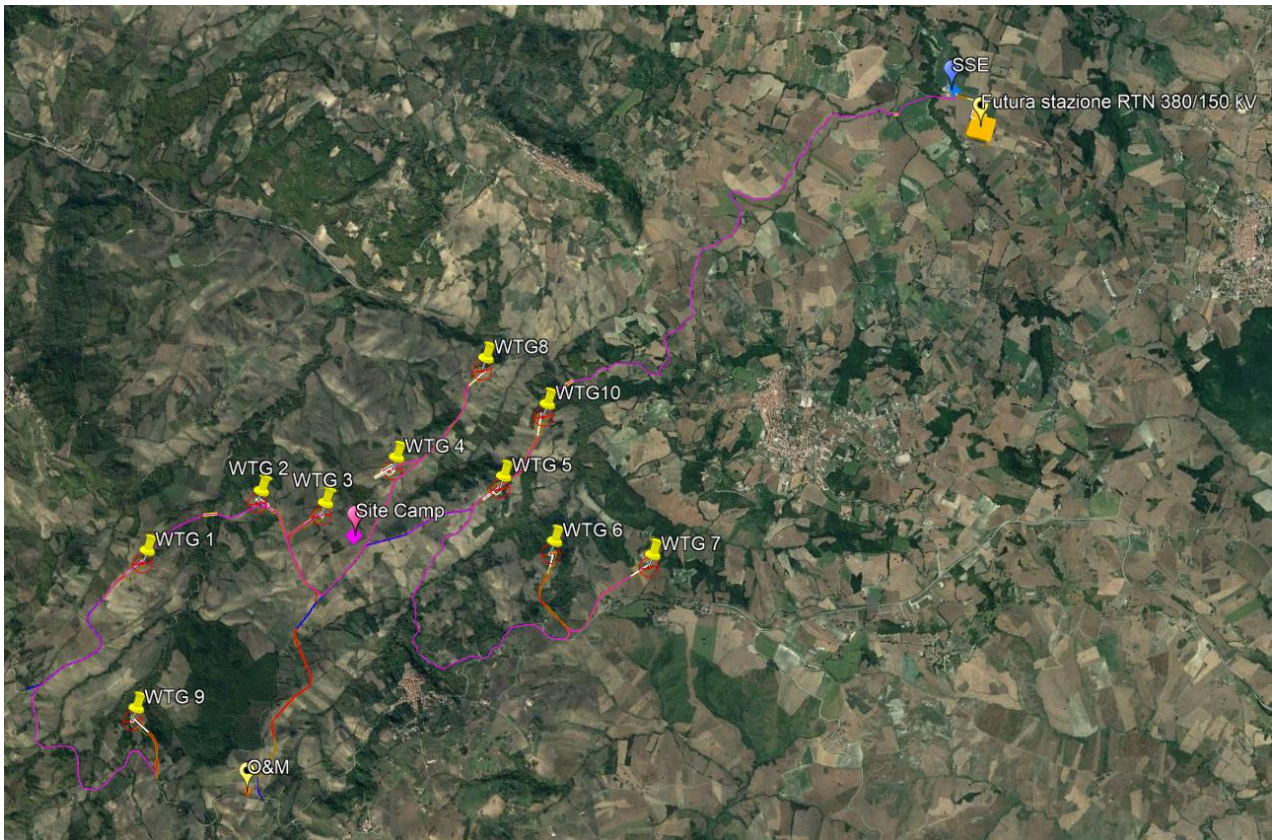


Figura 1 Localizzazione su base ortofoto delle opere in progetto (Fonte: Google Earth)

Le coordinate degli aerogeneratori riferite al progetto proposto, espresse nel sistema di riferimento UTM-WGS84 (fuso 33), risultano essere le seguenti:

| ID AEROGENERATORE | COORDINATE UTM-WGS 84 |            | COORDINATE WGS-84 GMS |               |
|-------------------|-----------------------|------------|-----------------------|---------------|
|                   | mE                    | mN         | °N                    | °E            |
| WTG1              | 476568.18             | 4636167.40 | 41°52'37.48"N         | 14°43'3.39"E  |
| WTG2              | 477592.33             | 4636696.63 | 41°52'54.74"N         | 14°43'47.74"E |
| WTG3              | 478178.42             | 4636591.10 | 41°52'51.39"N         | 14°44'13.18"E |
| WTG4              | 478812.38             | 4636995.49 | 41°53'4.56"N          | 14°44'40.64"E |
| WTG5              | 479767.76             | 4636823.50 | 41°52'59.07"N         | 14°45'22.10"E |
| WTG6              | 480219.71             | 4636241.66 | 41°52'40.24"N         | 14°45'41.78"E |
| WTG7              | 481095.39             | 4636122.32 | 41°52'36.46"N         | 14°46'19.80"E |
| WTG8              | 479608.00             | 4637878.00 | 41°53'33.26"N         | 14°45'15.07"E |
| WTG9              | 476483.08             | 4634771.44 | 41°51'52.21"N         | 14°42'59.90"E |
| WTG10             | 480157.08             | 4637465.03 | 41°53'19.92"N         | 14°45'38.94"E |

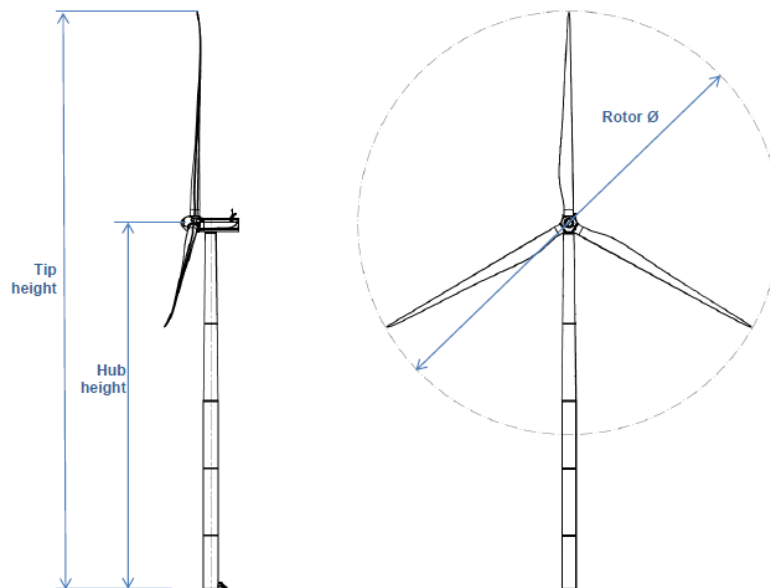
Tabella 1 – Coordinate degli Aerogeneratori previsti in progetto

## 2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Gli aerogeneratori in progetto hanno tutti lo stesso numero di pale (tre) e la stessa altezza (altezza all'hub – Hub Height - di 115 m e altezza aerogeneratore comprensiva delle pale – Tip Height – di 200m).

Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore (in grassetto i valori necessari per il calcolo della gittata):

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Potenza nominale                                 | 6,0 MW                |
| Diametro del rotore D                            | 170 m                 |
| <b>Lunghezza della pala <math>r_{tip}</math></b> | <b>83,33 m</b>        |
| Corda massima della pala                         | 4,5 m                 |
| Area spazzata                                    | 22.698 m <sup>2</sup> |
| <b>Altezza al mozzo <math>H_m</math></b>         | <b>115 m</b>          |
| Classe di vento IEC                              | IIIA                  |
| Velocità cut-in                                  | 3 m/s                 |
| Velocità nominale                                | 10 m/s                |
| Velocità cut-out                                 | 25 m/s                |
| <b>Giri al minuto rotore n</b>                   | <b>8,8</b>            |


**Figura 2- Dimensioni aerogeneratore tipo**

|  |       |
|--|-------|
| Altezza della punta (Tip height)           | 200 m |
| Altezza del mozzo (Hub height)             | 115 m |
| Diametro del rotore (Rotor $\varnothing$ ) | 170 m |

**Tabella 2- Dimensioni aerogeneratore tipo**

Propedeutico all'esercizio dell'impianto costituito da 10 aerogeneratori, la realizzazione della sottostazione e di tutte le opere accessorie e di servizio per la costruzione e gestione dell'impianto.

L'energia elettrica prodotta, infatti, sarà convogliata, dall'impianto, mediante cavi interrati di tensione 33 kV, alla Sottostazione multiutente di trasformazione 150/33 kV, ubicata nel Comune di Montecilfone, che in conformità alla STMG emessa con codice pratica 202002009 da Terna S.p.A. e fornita al proponente con numero di protocollo P20210012806 del 15/02/2021, sarà collegata in antenna a 150 kV con la sezione 150 kV di una nuova stazione di trasformazione 380/150 kV della RTN (ubicata nel Comune di Montecilfone) da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 380 kV "Larino - Gissi".

Ai sensi dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt 99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento della sottostazione multiutente di trasformazione e la nuova Stazione Elettrica di trasformazione 380/150 kV costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo a 150 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.



La stazione multiutente risulta costituita da due stalli trasformatori (uno facente capo ad altra iniziativa analoga a quella dell'impianto in trattazione) ed uno stallo linea.

La condivisione dello stallo all'interno della futura Stazione RTN comporta la condivisione del cavidotto AT con il produttore facente capo ad altra iniziativa. Il cavidotto AT in uscita dalla stazione multiutente, si sviluppa fino alla futura Stazione RTN per una lunghezza di circa 460 m.

L'energia elettrica prodotta dall'impianto concorrerà al raggiungimento dell'obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, coerentemente con gli accordi siglati a livello comunitario dall'Italia.

L'impianto sarà destinato a funzionare in parallelo alla rete elettrica nazionale in modo da immettere energia da fonte rinnovabile in rete.

### 3. CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA DEGLI ELEMENTI ROTANTI DEGLI AEROGENERATORI

L'ipotesi di partenza è che una pala si distacchi accidentalmente mentre il rotore è in movimento. La figura seguente illustra schematicamente il fenomeno.

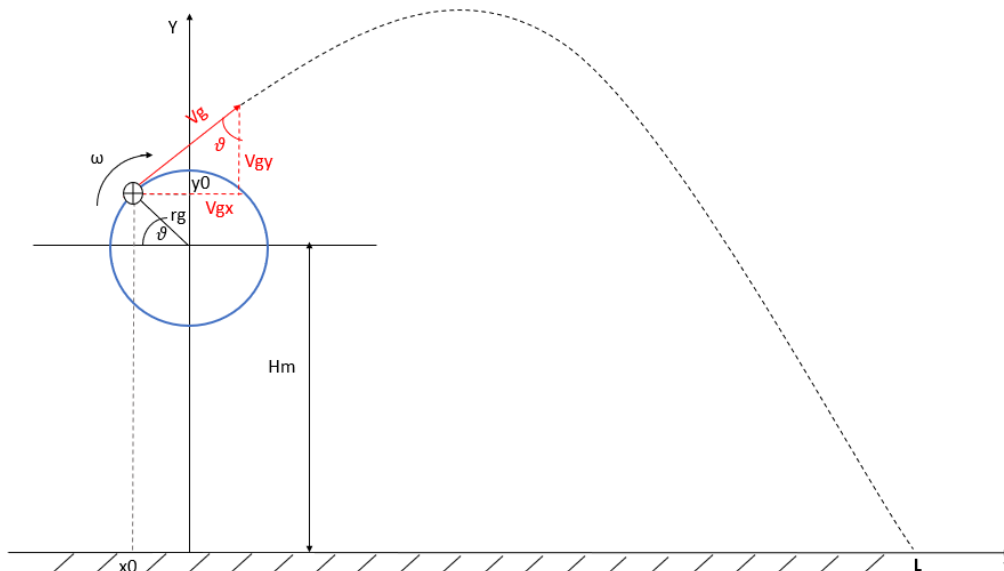


Figura 3 – Traiettoria del moto

Il moto risultante sarà quello di un corpo libero, soggetto solo all'accelerazione di gravità e alla forza di attrito viscoso con l'aria. La sua dinamica risulta essere piuttosto complessa in quanto è governata da numerose variabili, come la forma dell'oggetto e la sua massa. Inoltre, la rottura della pala,

|   |   |  |
|---|---|--|
| <br><b>Engineering &amp; Construction</b> |  | EGP CODE                                 |
|   |   | <b>GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.00.009.02</b> |
|   |   | PAGE                                     |
|   |   | 8 di/of 27                               |

combinata al movimento del rotore, imprimeranno all'oggetto distaccato un moto rototraslatorio di cui non è possibile prevedere la componente rotatoria.

Al fine del calcolo si assumerà, infatti, che il moto bidimensionale parabolico sia assimilato a quello di un corpo puntiforme. È inoltre assunto che l'oggetto trasli senza ruotare, disponendosi in una posizione tale da offrire il minor attrito possibile con l'aria rispetto alle componenti orizzontali della sua velocità e, al contrario, massimo attrito rispetto a quelle verticali (massima portanza).

Tutte queste assunzioni risultano conservative ai fini della gittata massima; in questo modo la gittata reale non sarà mai superiore a quella di seguito calcolata.

Nel calcolo non è stato considerato il contributo del vento in direzione perpendicolare al moto dell'oggetto (asse z), risultando questo trascurabile.

### 3.1. MOTO DEL PROIETTILE MEDIANTE LE EQUAZIONI DELLA CINEMATICA

Si assume che la pala si muoverà con moto parabolico (o moto del proiettile) pertanto la gittata dell'elemento rotante sarà caratterizzata da un moto rettilineo uniforme lungo l'asse X e un moto uniformemente accelerato lungo l'asse Y.

Riferendosi al moto di un proiettile si intende fornire un modello generale per studiare il fenomeno del distacco dell'elemento rotante (pala aerogeneratore), con una velocità costante e che compie 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). Una caratteristica importante della resistenza aerodinamica dei fluidi è che essa dipende dalla velocità: più veloci sono gli oggetti più grande è la resistenza dei fluidi nei quali si muovono.

Tutto ciò è utile per ritenere trascurabili le forze ed il momento di resistenza dovute al mezzo in cui si svolge il moto (aria).

Le equazioni generali applicate, che regolano il moto parabolico, dell'elemento "pala", sono:

$$v_{gx} = v_g \sin \theta \quad v_{gy} = v_g \cos \theta$$

$$x(t) = x_0 + v_{gx} t$$

$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{gy}t + Y_0$$



|   |   |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
| <br><b>Engineering &amp; Construction</b> |  | EGP CODE                          |
|   |   | GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.00.009.02 |
|   |   | PAGE                              |
|   |   | 9 di/of 27                        |

La gittata è la distanza percorsa dall'elemento in direzione x prima di toccare terra. Tale valore si calcola imponendo che nell'equazione:

$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin(\theta)t + Y_0$$

sia nullo y determinando così l'istante t in cui avviene il transito (e in questo caso l'impatto) alla quota  $y = 0$

$$0 = -\frac{1}{2}gt^2 + v_g \cos(\theta)t + Y_0$$

Nel caso specifico risulta

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

$$Y_0 = H_m + r_g \sin(\theta)$$

Risolvendo l'equazione del moto si ottiene la formula della gittata massima riportata al § 3.3.

### 3.2. CALCOLO DELLA VELOCITA' PERIFERICA

La velocità di distacco " $v_g$ " si calcola a partire dalla velocità angolare " $\omega$ " (e quindi dal numero di giri al minuto della turbina " $n$ ") e dal raggio baricentrico " $r_g$ " come di seguito:

$$V_g = \omega r_g = \frac{2\pi n}{60} r_g \text{ (m/sec)}$$

La velocità angolare media  $\omega$  è l'angolo descritto dal corpo in movimento nell'unità di tempo. Il modulo della velocità angolare media è il rapporto tra lo spostamento angolare del corpo e l'intervallo impiegato a compiere tale spostamento è:

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

Nel moto circolare uniforme, la velocità periferica è direttamente proporzionale al raggio. Ad ogni giro il punto G di raggio r percorre la circonferenza  $2\pi r$ ; dopo n giri al minuto lo spazio percorso sarà  $2\pi r_g n$  metri/minuto.

Considerate le caratteristiche geometriche delle pale e considerata la distribuzione dei pesi lungo il profilo delle stesse, si può ritenere con buona approssimazione che il centro di massa sia posizionato ad 1/3 della lunghezza delle pale rispetto al punto di serraggio del mozzo, ossia:

$$r_g = \frac{1}{3} L_p \text{ (m)}$$

Dove:

$L_p$ : lunghezza dell'intera pala.

A tale dimensione, si aggiunge la distanza dal centro del rotore al punto di ancoraggio della pala, pari a circa 1.67m. Il modello di turbina eolica da 6,0 MW, proposto nell'ambito del progetto, è caratterizzato da una velocità massima del rotore pari a 8,8 giri al minuto e da una lunghezza delle pale pari a 83,3 m, ne consegue che:

$$r_g = \frac{1}{3} L_p + 1.67 = 29.446 \text{ (m)}$$

$$V_g = \omega r_g = \frac{2\pi n}{60} r_g = 27.136 \text{ (m/sec)}$$

### 3.3. CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA

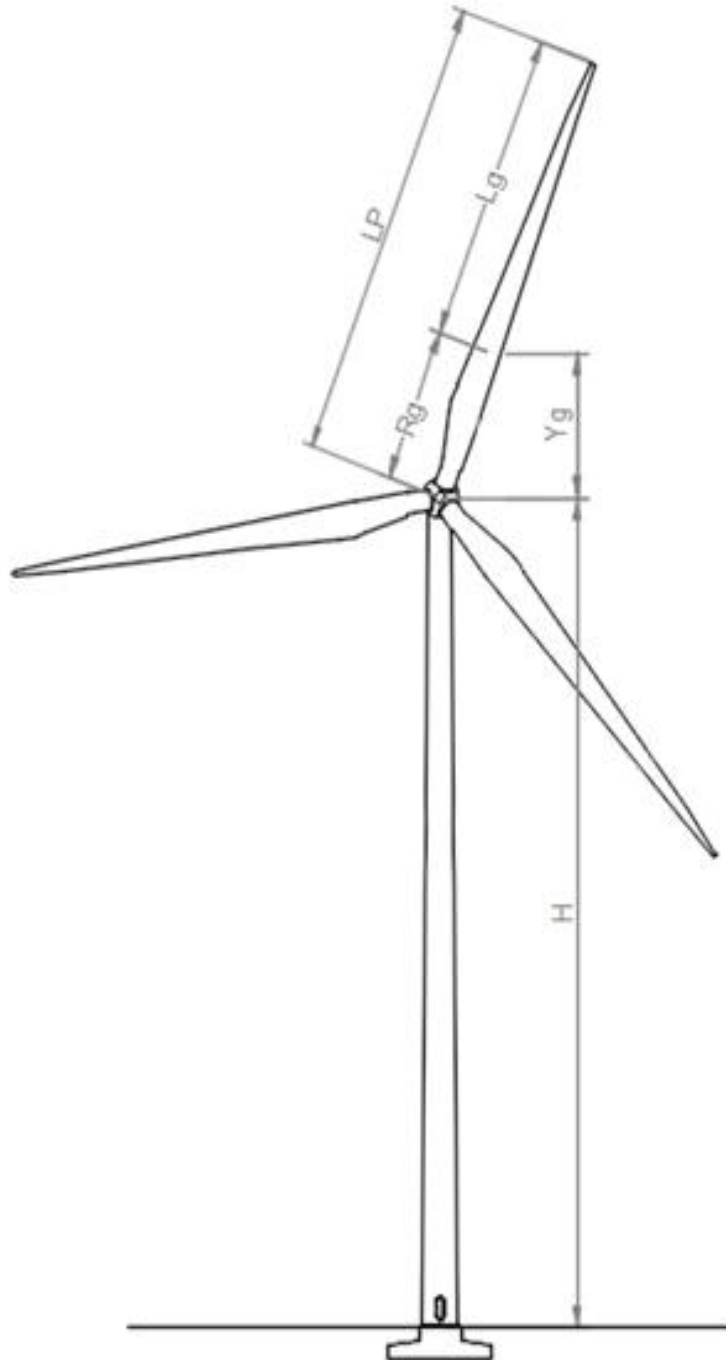
Nell'ipotesi di distacco di una pala nel punto di serraggio del mozzo, punto di maggiore sollecitazione a causa del collegamento, vengono considerate le seguenti ipotesi:

- 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  $V_g$  è uguale a 27.136 m/s.
- Le coordinate del punto di partenza del corpo, non saranno (0,0) coincidenti con l'origine degli assi ma  $(-r_g \cos(\theta), H_m + r_g \sin(\theta))$  ossia le coordinate del baricentro G di una pala.

L'equazione descrittiva del moto, nelle suddette condizioni, sarà quindi

$$Gittata_{max} = -r_g \cos(\theta) + v_g \sin \theta \cdot \left( \frac{v_g \cos \vartheta + \sqrt{(v_g \cos \vartheta)^2 + 2g \cdot (H_m + r_g \sin \vartheta)}}{g} \right)$$

E' evidente che  $v_{gy}$  ed  $Y_0$  dipendono dall'angolo  $\theta$ , a cui avviene il distacco della pala e pertanto tale valore sarà calcolato per valori di  $\theta$  che variano da  $0^\circ$  a  $180^\circ$ . Al valore della gittata calcolato con questa formula andrà sommata algebricamente la distanza  $x_0$  del baricentro della pala rispetto all'asse della torre al momento del distacco ( $x_0 = -r_g \cos(\theta)$ ) e la distanza del vertice della pala dal baricentro  $L_g = L_p \cdot 2/3$ .



Nella tabella a seguire sono indicati i valori della gittata massima al variare dell'angolo  $\theta$ .

| Angolo (°) | Angolo (rad) | V0   | Vy    | Hg     | Gittata teorica | Xg    | Lg    | Gittata effettiva |
|------------|--------------|------|-------|--------|-----------------|-------|-------|-------------------|
| 0          | 0.00         | 0.00 | 27.14 | 115.00 | 0.00            | 29.45 | 55.55 | 26.11             |
| 1          | 0.02         | 0.47 | 27.13 | 115.51 | 3.96            | 29.44 | 55.55 | 30.07             |
| 2          | 0.03         | 0.95 | 27.12 | 116.03 | 7.92            | 29.43 | 55.55 | 34.04             |
| 3          | 0.05         | 1.42 | 27.10 | 116.54 | 11.88           | 29.41 | 55.55 | 38.03             |
| 4          | 0.07         | 1.89 | 27.07 | 117.05 | 15.84           | 29.37 | 55.55 | 42.02             |

| Angolo (°) | Angolo (rad) | V0    | Vy    | Hg     | Gittata teorica | Xg    | Lg    | Gittata effettiva |
|------------|--------------|-------|-------|--------|-----------------|-------|-------|-------------------|
| 5          | 0.09         | 2.37  | 27.03 | 117.57 | 19.80           | 29.33 | 55.55 | 46.02             |
| 6          | 0.10         | 2.84  | 26.99 | 118.08 | 23.76           | 29.29 | 55.55 | 50.03             |
| 7          | 0.12         | 3.31  | 26.93 | 118.59 | 27.70           | 29.23 | 55.55 | 54.03             |
| 8          | 0.14         | 3.78  | 26.87 | 119.10 | 31.64           | 29.16 | 55.55 | 58.03             |
| 9          | 0.16         | 4.25  | 26.80 | 119.61 | 35.55           | 29.08 | 55.55 | 62.02             |
| 10         | 0.17         | 4.71  | 26.72 | 120.11 | 39.45           | 29.00 | 55.55 | 66.01             |
| 11         | 0.19         | 5.18  | 26.64 | 120.62 | 43.33           | 28.91 | 55.55 | 69.98             |
| 12         | 0.21         | 5.64  | 26.54 | 121.12 | 47.19           | 28.80 | 55.55 | 73.94             |
| 13         | 0.23         | 6.10  | 26.44 | 121.62 | 51.02           | 28.69 | 55.55 | 77.88             |
| 14         | 0.24         | 6.56  | 26.33 | 122.12 | 54.82           | 28.57 | 55.55 | 81.80             |
| 15         | 0.26         | 7.02  | 26.21 | 122.62 | 58.58           | 28.44 | 55.55 | 85.69             |
| 16         | 0.28         | 7.48  | 26.08 | 123.12 | 62.31           | 28.31 | 55.55 | 89.56             |
| 17         | 0.30         | 7.93  | 25.95 | 123.61 | 66.01           | 28.16 | 55.55 | 93.40             |
| 18         | 0.31         | 8.39  | 25.81 | 124.10 | 69.66           | 28.01 | 55.55 | 97.21             |
| 19         | 0.33         | 8.83  | 25.66 | 124.59 | 73.27           | 27.84 | 55.55 | 100.98            |
| 20         | 0.35         | 9.28  | 25.50 | 125.07 | 76.84           | 27.67 | 55.55 | 104.72            |
| 21         | 0.37         | 9.72  | 25.33 | 125.55 | 80.35           | 27.49 | 55.55 | 108.42            |
| 22         | 0.38         | 10.17 | 25.16 | 126.03 | 83.82           | 27.30 | 55.55 | 112.07            |
| 23         | 0.40         | 10.60 | 24.98 | 126.51 | 87.23           | 27.11 | 55.55 | 115.68            |
| 24         | 0.42         | 11.04 | 24.79 | 126.98 | 90.59           | 26.90 | 55.55 | 119.25            |
| 25         | 0.44         | 11.47 | 24.59 | 127.44 | 93.90           | 26.69 | 55.55 | 122.76            |
| 26         | 0.45         | 11.90 | 24.39 | 127.91 | 97.14           | 26.47 | 55.55 | 126.23            |
| 27         | 0.47         | 12.32 | 24.18 | 128.37 | 100.32          | 26.24 | 55.55 | 129.64            |
| 28         | 0.49         | 12.74 | 23.96 | 128.82 | 103.44          | 26.00 | 55.55 | 132.99            |
| 29         | 0.51         | 13.16 | 23.73 | 129.28 | 106.49          | 25.75 | 55.55 | 136.29            |
| 30         | 0.52         | 13.57 | 23.50 | 129.72 | 109.48          | 25.50 | 55.55 | 139.53            |
| 31         | 0.54         | 13.98 | 23.26 | 130.17 | 112.40          | 25.24 | 55.55 | 142.71            |
| 32         | 0.56         | 14.38 | 23.01 | 130.60 | 115.24          | 24.97 | 55.55 | 145.82            |
| 33         | 0.58         | 14.78 | 22.76 | 131.04 | 118.02          | 24.70 | 55.55 | 148.88            |
| 34         | 0.59         | 15.17 | 22.50 | 131.47 | 120.72          | 24.41 | 55.55 | 151.86            |
| 35         | 0.61         | 15.56 | 22.23 | 131.89 | 123.35          | 24.12 | 55.55 | 154.78            |
| 36         | 0.63         | 15.95 | 21.95 | 132.31 | 125.90          | 23.82 | 55.55 | 157.63            |
| 37         | 0.65         | 16.33 | 21.67 | 132.72 | 128.37          | 23.52 | 55.55 | 160.41            |
| 38         | 0.66         | 16.71 | 21.38 | 133.13 | 130.77          | 23.20 | 55.55 | 163.11            |
| 39         | 0.68         | 17.08 | 21.09 | 133.53 | 133.08          | 22.88 | 55.55 | 165.75            |
| 40         | 0.70         | 17.44 | 20.79 | 133.93 | 135.32          | 22.56 | 55.55 | 168.31            |
| 41         | 0.72         | 17.80 | 20.48 | 134.32 | 137.47          | 22.22 | 55.55 | 170.80            |
| 42         | 0.73         | 18.16 | 20.17 | 134.70 | 139.54          | 21.88 | 55.55 | 173.21            |
| 43         | 0.75         | 18.51 | 19.85 | 135.08 | 141.53          | 21.54 | 55.55 | 175.54            |
| 44         | 0.77         | 18.85 | 19.52 | 135.46 | 143.43          | 21.18 | 55.55 | 177.80            |
| 45         | 0.79         | 19.19 | 19.19 | 135.82 | 145.25          | 20.82 | 55.55 | 179.98            |

| Angolo (°) | Angolo (rad) | V0    | Vy    | Hg     | Gittata teorica | Xg    | Lg    | Gittata effettiva |
|------------|--------------|-------|-------|--------|-----------------|-------|-------|-------------------|
| 46         | 0.80         | 19.52 | 18.85 | 136.18 | 146.99          | 20.46 | 55.55 | 182.09            |
| 47         | 0.82         | 19.85 | 18.51 | 136.54 | 148.64          | 20.08 | 55.55 | 184.11            |
| 48         | 0.84         | 20.17 | 18.16 | 136.88 | 150.21          | 19.70 | 55.55 | 186.06            |
| 49         | 0.86         | 20.48 | 17.80 | 137.22 | 151.69          | 19.32 | 55.55 | 187.92            |
| 50         | 0.87         | 20.79 | 17.44 | 137.56 | 153.08          | 18.93 | 55.55 | 189.71            |
| 51         | 0.89         | 21.09 | 17.08 | 137.88 | 154.40          | 18.53 | 55.55 | 191.42            |
| 52         | 0.91         | 21.38 | 16.71 | 138.20 | 155.62          | 18.13 | 55.55 | 193.05            |
| 53         | 0.93         | 21.67 | 16.33 | 138.52 | 156.76          | 17.72 | 55.55 | 194.60            |
| 54         | 0.94         | 21.95 | 15.95 | 138.82 | 157.82          | 17.31 | 55.55 | 196.07            |
| 55         | 0.96         | 22.23 | 15.56 | 139.12 | 158.79          | 16.89 | 55.55 | 197.46            |
| 56         | 0.98         | 22.50 | 15.17 | 139.41 | 159.68          | 16.47 | 55.55 | 198.77            |
| 57         | 0.99         | 22.76 | 14.78 | 139.70 | 160.49          | 16.04 | 55.55 | 200.00            |
| 58         | 1.01         | 23.01 | 14.38 | 139.97 | 161.21          | 15.60 | 55.55 | 201.16            |
| 59         | 1.03         | 23.26 | 13.98 | 140.24 | 161.85          | 15.17 | 55.55 | 202.24            |
| 60         | 1.05         | 23.50 | 13.57 | 140.50 | 162.41          | 14.72 | 55.55 | 203.24            |
| 61         | 1.06         | 23.73 | 13.16 | 140.75 | 162.89          | 14.28 | 55.55 | 204.17            |
| 62         | 1.08         | 23.96 | 12.74 | 141.00 | 163.29          | 13.82 | 55.55 | 205.02            |
| 63         | 1.10         | 24.18 | 12.32 | 141.24 | 163.61          | 13.37 | 55.55 | 205.80            |
| 64         | 1.12         | 24.39 | 11.90 | 141.47 | 163.86          | 12.91 | 55.55 | 206.50            |
| 65         | 1.13         | 24.59 | 11.47 | 141.69 | 164.02          | 12.44 | 55.55 | 207.13            |
| 66         | 1.15         | 24.79 | 11.04 | 141.90 | 164.11          | 11.98 | 55.55 | 207.69            |
| 67         | 1.17         | 24.98 | 10.60 | 142.11 | 164.13          | 11.51 | 55.55 | 208.18            |
| 68         | 1.19         | 25.16 | 10.17 | 142.30 | 164.08          | 11.03 | 55.55 | 208.60            |
| 69         | 1.20         | 25.33 | 9.72  | 142.49 | 163.95          | 10.55 | 55.55 | 208.95            |
| 70         | 1.22         | 25.50 | 9.28  | 142.67 | 163.75          | 10.07 | 55.55 | 209.23            |
| 71         | 1.24         | 25.66 | 8.83  | 142.84 | 163.48          | 9.59  | 55.55 | 209.45            |
| 72         | 1.26         | 25.81 | 8.39  | 143.01 | 163.15          | 9.10  | 55.55 | 209.60            |
| 73         | 1.27         | 25.95 | 7.93  | 143.16 | 162.75          | 8.61  | 55.55 | 209.69            |
| 74         | 1.29         | 26.08 | 7.48  | 143.31 | 162.28          | 8.12  | 55.55 | 209.72            |
| 75         | 1.31         | 26.21 | 7.02  | 143.44 | 161.75          | 7.62  | 55.55 | 209.68            |
| 76         | 1.33         | 26.33 | 6.56  | 143.57 | 161.16          | 7.12  | 55.55 | 209.59            |
| 77         | 1.34         | 26.44 | 6.10  | 143.69 | 160.50          | 6.62  | 55.55 | 209.43            |
| 78         | 1.36         | 26.54 | 5.64  | 143.80 | 159.79          | 6.12  | 55.55 | 209.22            |
| 79         | 1.38         | 26.64 | 5.18  | 143.91 | 159.03          | 5.62  | 55.55 | 208.96            |
| 80         | 1.40         | 26.72 | 4.71  | 144.00 | 158.20          | 5.11  | 55.55 | 208.64            |
| 81         | 1.41         | 26.80 | 4.25  | 144.08 | 157.32          | 4.61  | 55.55 | 208.27            |
| 82         | 1.43         | 26.87 | 3.78  | 144.16 | 156.39          | 4.10  | 55.55 | 207.85            |
| 83         | 1.45         | 26.93 | 3.31  | 144.23 | 155.41          | 3.59  | 55.55 | 207.38            |
| 84         | 1.47         | 26.99 | 2.84  | 144.29 | 154.38          | 3.08  | 55.55 | 206.86            |
| 85         | 1.48         | 27.03 | 2.37  | 144.33 | 153.30          | 2.57  | 55.55 | 206.29            |
| 86         | 1.50         | 27.07 | 1.89  | 144.37 | 152.18          | 2.05  | 55.55 | 205.68            |

| Angolo (°) | Angolo (rad) | V0    | Vy   | Hg     | Gittata teorica | Xg   | Lg    | Gittata effettiva |
|------------|--------------|-------|------|--------|-----------------|------|-------|-------------------|
| 87         | 1.52         | 27.10 | 1.42 | 144.41 | 151.01          | 1.54 | 55.55 | 205.02            |
| 88         | 1.54         | 27.12 | 0.95 | 144.43 | 149.80          | 1.03 | 55.55 | 204.33            |
| 89         | 1.55         | 27.13 | 0.47 | 144.44 | 148.55          | 0.51 | 55.55 | 203.59            |
| 90         | 1.57         | 27.14 | 0.00 | 144.45 | 147.26          | 0.00 | 55.55 | 202.81            |

In conclusione scegliendo il valore che rappresenta la condiziona più gravosa ossia quello con un angolo di lancio  $\theta = 74^\circ$ , e sommando algebricamente la sua distanza orizzontale dal baricentro all'asse della torre ( $x_0 = -r_g \cos(\theta)$ ) e la distanza del vertice della pala ( $L_g$ ), si ha che la distanza massima degli elementi rotanti in caso di rottura accidentale è di circa 209.72 m.

Si intende sottolineare che questo valore è teorico ed altamente conservativo, poiché non tiene conto delle forze di attrito viscoso e la complessità del moto rotazionale, ovvero la rotazione della pala durante il moto di caduta, condizioni reali che attenuano i valori della gittata massima. Questi dati e queste considerazioni teoriche, peraltro sembrano avvalorate dall'esperienza reale:

- il distacco della pala è un evento che si verifica molto raramente;
- nella verifica solitamente condotta per la definizione della distanza di proiezione dell'intera pala il moto è di tipo rotazionale complesso e la distanza di volo per aerogeneratori di potenza nominale compresa tra 5 MW e 10 MW, è prossima a 200 m (Fonte: "Analysis of throw distances of detached objects from horizontal-axis wind turbines").

In conclusione, la gittata massima si ritiene cautelativamente pari a 209.72 m.

#### 4. INDAGINE E LOCALIZZAZIONE DEI POTENZIALI RECETTORI

Sulla scorta dei calcoli riportati nel § 3.3, la distanza massima raggiungibile dagli elementi rotanti, in caso di rottura accidentale di una delle pale del modello di turbina eolica considerato, è risultata pari a 209.72 m. Su base ortofoto si è proceduto alla localizzazione dei fabbricati e dei potenziali recettori ubicati entro l'area di indagine della Gittata massima.

Per la definizione di "recettore" è stata considerata la definizione fornita dall'art. 2 della Legge n. 447/1995 della Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico" (pubblicata su G.U.R.I. n. 254 del 30 ottobre 1995, S.O. n. 125): "ambiente abitativo: ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane [...]".

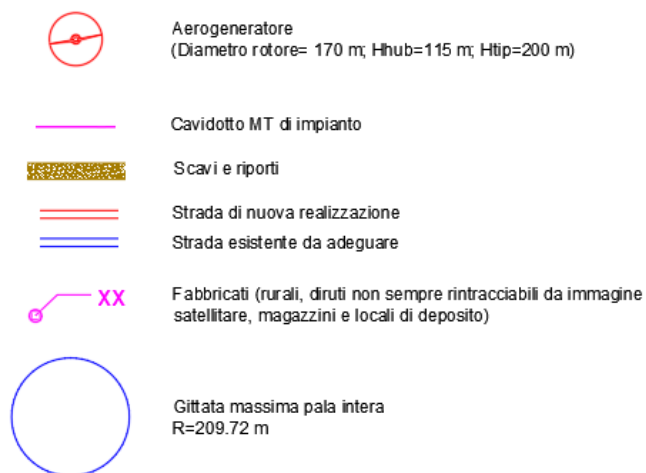
All'interno dell'area di indagine della gittata massima (superficie circolare di raggio pari a 209.72 m), degli aerogeneratori indicati con le sigle: WTG 2, WTG 4, WTG 8, WTG 6, sono stati individuati dei fabbricati accatastati come:

- Fabbricato rurale;
- Fabbricato diruto (il fabbricato diruto presenta crolli delle strutture verticali e/o orizzontali tali per cui il recupero prevede la totale demolizione. Non è individuabile o perimetrabile perché privo totalmente della copertura e di tutti i solai e delimitato da muri che non abbiano almeno l'altezza di 1 metro. Può essere identificato solo al Catasto terreni);
- Categoria C/2 (magazzini e locali di deposito).

| ID WTG | FG | PART. | COMUNE               | CATEGORIA CATASTALE FABBRICATO       | DIST. WTG (m) | Note  |
|--------|----|-------|----------------------|--------------------------------------|---------------|---|
| WTG 2  | 4  | 200   | Acquaviva Collecroce | C/2 (magazzini e locali di deposito) | 10            | Il fabbricato rientra all'interno del piano particellare di esproprio |
| WTG 2  | 4  | 112   | Acquaviva Collecroce | FABB. DIRUTO                         | 10            | Il fabbricato rientra all'interno del piano particellare di esproprio |
| WTG 2  | 4  | 111   | Acquaviva Collecroce | FABB. DIRUTO                         | 0             | Il fabbricato rientra all'interno del piano particellare di esproprio |
| WTG 2  | 4  | 93    | Acquaviva Collecroce | NON PRESENTE NEL CATASTO FABBRICATI  | 137           | Il fabbricato non è rilevabile dalle immagini satellitari disponibili |

Tabella 3 – Dati fabbricati ricadenti nell'area della gittata massima dell'aerogeneratore WTG2





**Figura 4. Individuazione su base catastale ed ortofoto dei fabbricati (Foglio 4, del comune di Acquaviva Collecroce) ricadenti nell'area della gittata massima dell'aerogeneratore WTG2**

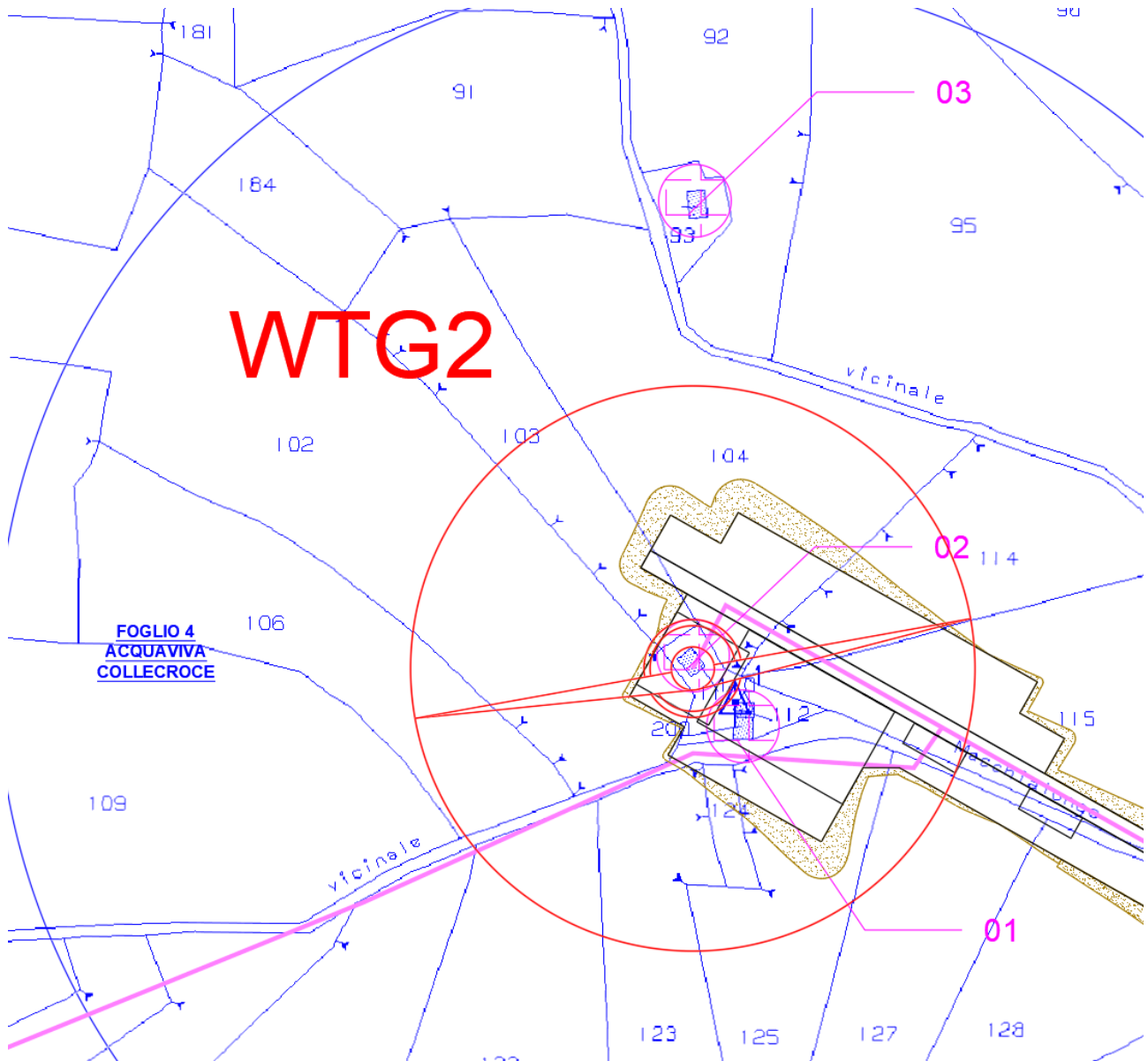
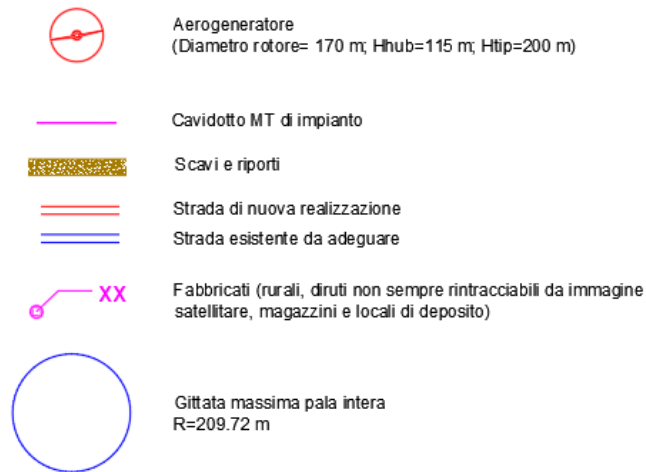


Figura 5. Dettaglio dell'individuazione su base catastale dei fabbricati (Foglio 4, part.93, 111, 112, 200 del comune di Acquaviva Collecroce) ricadente nell'area della gittata massima dell'aerogeneratore WTG2.

| ID WTG | FG | PART. | COMUNE                  | CATEGORIA CATASTALE<br>FABBRICATO | DIST. WTG<br>(m) | Note  |
|--------|----|-------|-------------------------|-----------------------------------|------------------|---|
| WTG 4  | 1  | 135   | Acquaviva<br>Collecroce | FABB. DIRUTO                      | 75               | Il fabbricato rientra<br>all'interno del piano<br>particellare di esproprio |
| WTG 4  | 1  | 111   | Acquaviva<br>Collecroce | FABB. DIRUTO                      | 44               | Il fabbricato rientra<br>all'interno del piano<br>particellare di esproprio |
| WTG 4  | 2  | 184   | Acquaviva<br>Collecroce | FABB. DIRUTO                      | 82               | Il fabbricato rientra<br>all'interno del piano<br>particellare di esproprio |
| WTG 4  | 2  | 134   | Acquaviva<br>Collecroce | FABB. DIRUTO                      | 186              | La particella rientra<br>all'interno del piano<br>particellare di esproprio |

**Tabella 4 – Dati fabbricati ricadenti nell'area della gittata massima dell'aerogeneratore WTG4**





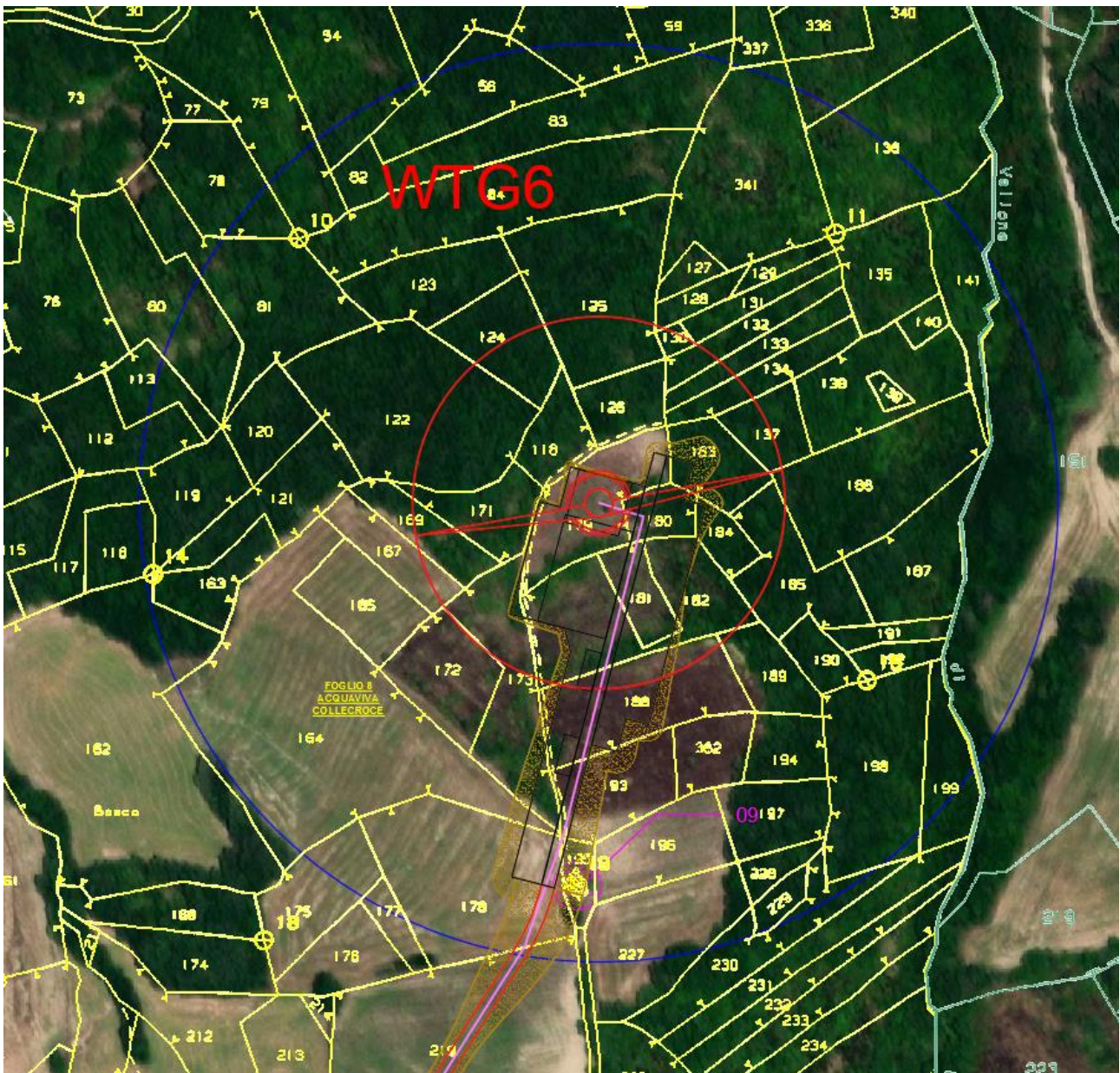
**Figura 6. Individuazione su base catastale ed ortofoto dei fabbricati (Foglio 1 e 2, del comune di Acquaviva Collecroce) ricadenti nell'area della gittata massima dell'aerogeneratore WTG4.**





| ID WTG | FG | PART. | COMUNE               | CATEGORIA CATASTALE FABBRICATO | DIST. WTG (m) | Note  |
|--------|----|-------|----------------------|--------------------------------|---------------|---|
| WTG 6  | 8  | 195   | Acquaviva Collecroce | FABB. RURALE                   | 174           | Il fabbricato rientra all'interno del piano particellare di esproprio |

**Tabella 5 – Dati fabbricati ricadenti nell’area della gittata massima dell’aerogeneratore WTG6**



**Figura 8. Individuazione su base catastale ed ortofoto del fabbricato (Foglio 8, del comune di Acquaviva Collecroce) ricadente nell’area della gittata massima dell’aerogeneratore WTG6.**

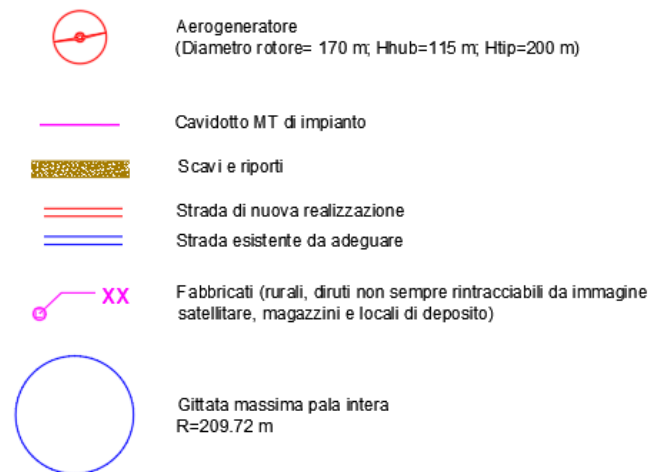
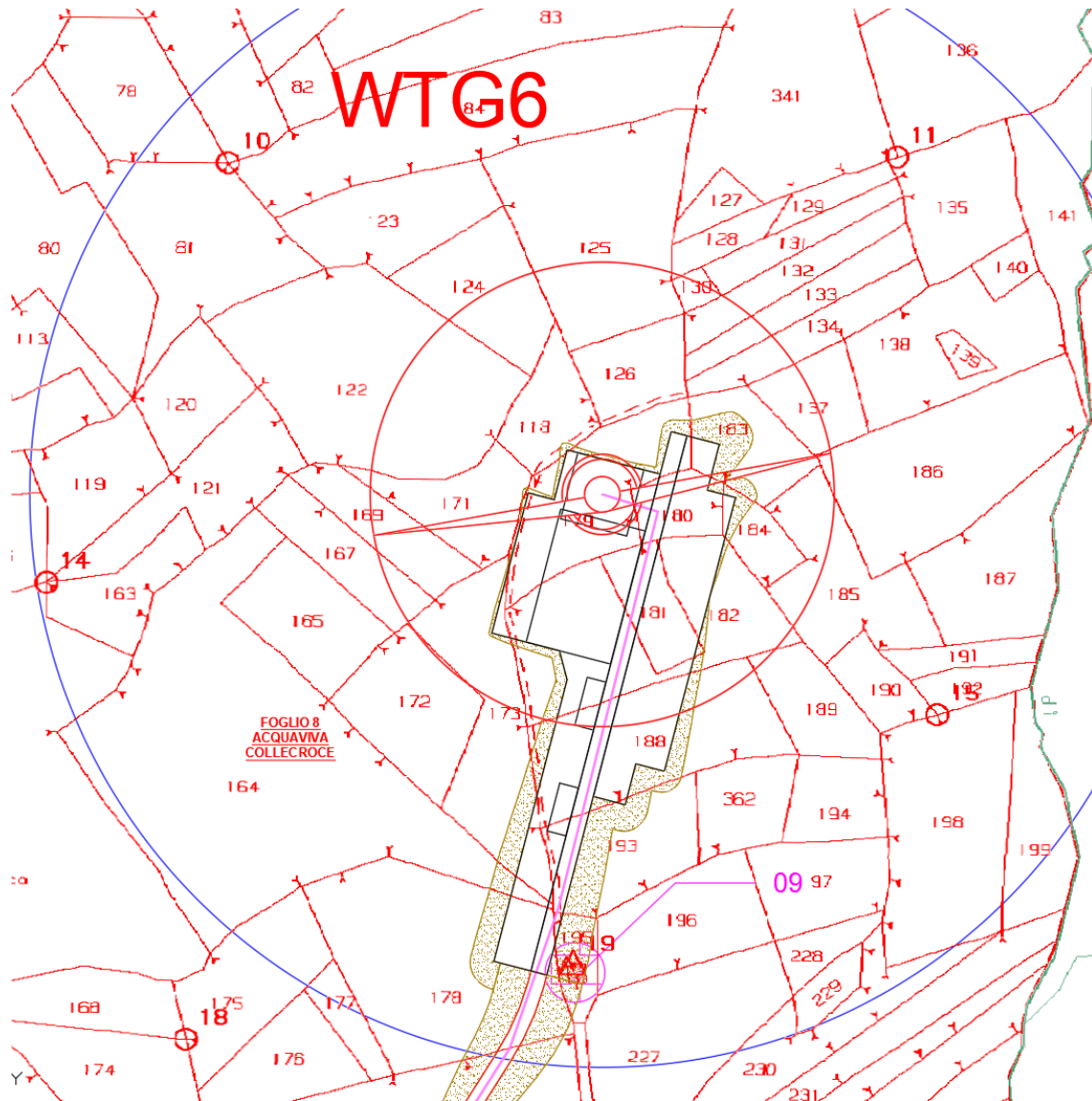
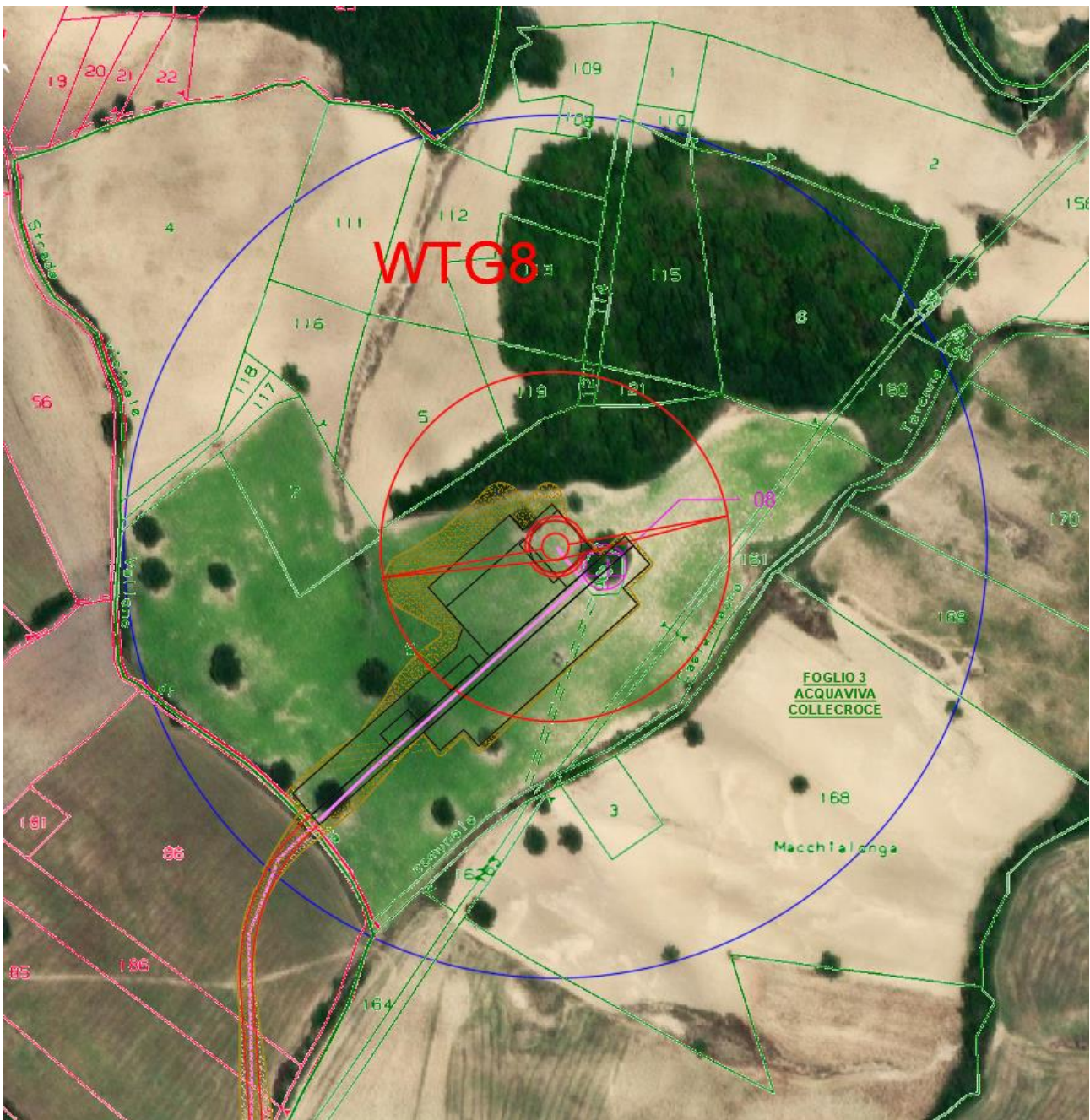


Figura 9. Dettaglio dell'individuazione su base catastale del fabbricato (Foglio 8, part. 195 comune di Acquaviva Collecroce) ricadente nell'area della gittata massima dell'aerogeneratore WTG-06.



| ID WTG | FG | PART. | COMUNE               | CATEGORIA CATASTALE FABBRICATO | DIST. WTG (m) | Note  |
|--------|----|-------|----------------------|--------------------------------|---------------|---|
| WTG 8  | 3  | 8     | Acquaviva Collecroce | FABB. DIRUTO                   | 26            | Il fabbricato rientra all'interno del piano particellare di esproprio |

**Tabella 6 – Dati fabbricati ricadenti nell’area della gittata massima dell’aerogeneratore WTG8**



**Figura 10. Individuazione su base catastale ed ortofoto del fabbricato (Foglio 3, del comune di Acquaviva Collecroce) ricadente nell’area della gittata massima dell’aerogeneratore WTG8.**

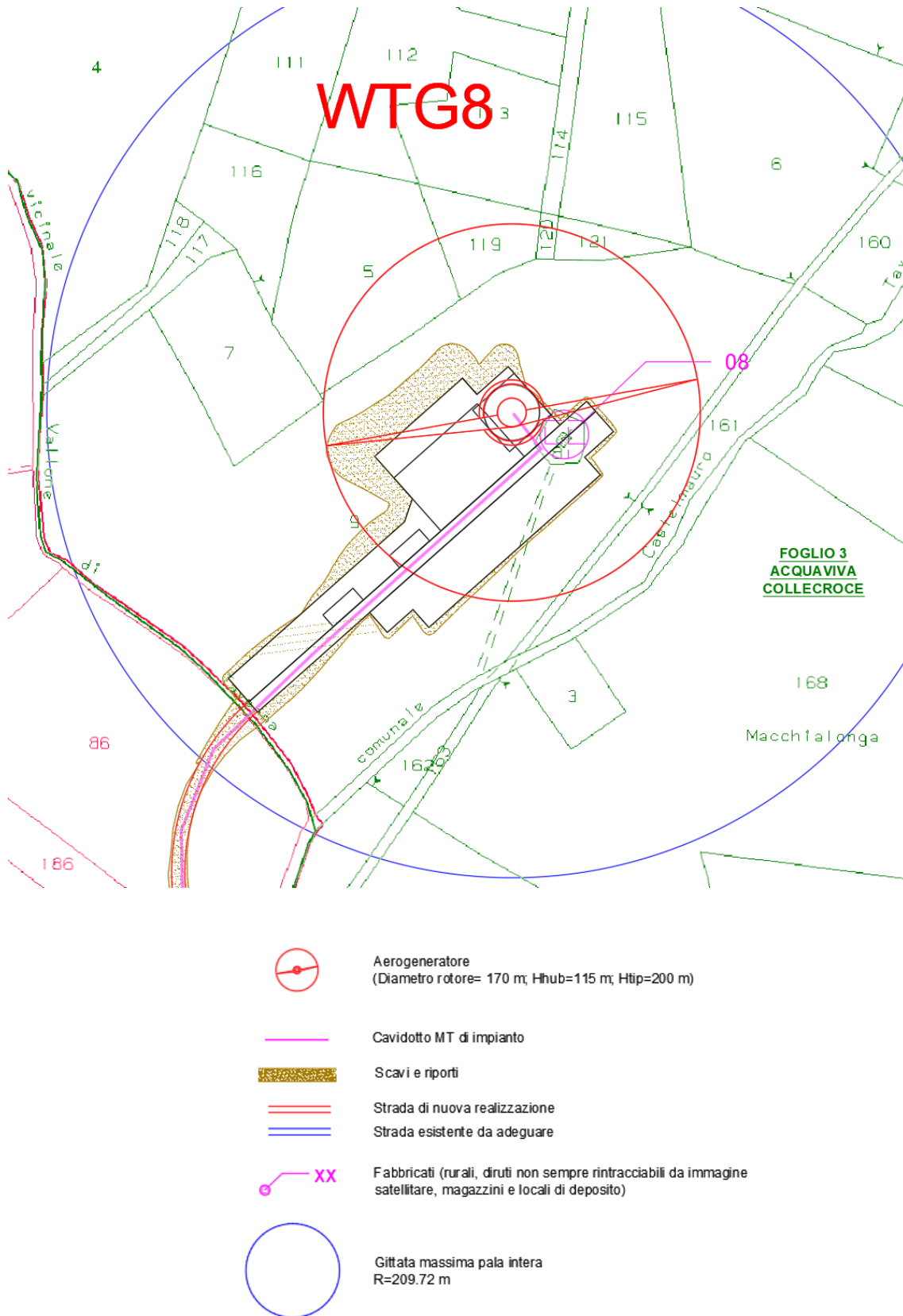


Figura 11. Dettaglio dell'individuazione su base catastale del fabbricato (Foglio 3, part. 8 comune di Acquaviva Collecroce) ricadente nell'area della gittata massima dell'aerogeneratore WTG8.

|   |   |  |
|---|---|--|
| <br><b>Engineering &amp; Construction</b> |  | EGP CODE                                 |
|   |   | <b>GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.00.009.02</b> |
|   |   | PAGE                                     |
|   |   | 25 di/of 27                              |

È importante inoltre specificare che in riferimento agli esiti della verifica condotta, non risultano interferenze con la gittata massima calcolata per il distacco accidentale di una pala e i recettori “locali”; questi ultimi rappresentati da agglomerati antropici (comuni, frazioni, borghi, ecc.) limitrofi al sito d’interesse, generalmente schematizzati come un unico recettore localizzato in corrispondenza del punto del perimetro dell’agglomerato urbano più vicino all’area d’impianto.

Le strade provinciali e nazionali situate in prossimità dell’area di impianto sono:

- la Strada Statale SS157, dalla quale l’impianto (WTG7) dista nel punto più vicino circa 223 m;
- la Strada Provinciale SP78, dalla quale l’impianto (WTG9) dista nel punto più vicino circa 261 m.

Risulta pertanto la non interferenza tra l’area di indagine della gittata massima (superficie circolare di raggio 209.72 m) dei singoli aerogeneratori e le strade statali e provinciali prossime all’area di impianto.

In conformità alla DGR 621/2011, parte IV, punto 16.1, lettera e) gli aerogeneratori risultano distanti più di 150 m da strade nazionali e provinciali. Tuttavia le misure di mitigazione proposte alla lettera a) del Paragrafo 7.2. “Misure di mitigazione”, Capitolo 7. “INCIDENTI” dell’Allegato 3 “Impianti eolici: elementi per il corretto inserimento nel paesaggio e sul territorio” al DGR 621/2011 “Linee guida per il procedimento di cui all’articolo 12 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n.387 per l’autorizzazione alla costruzione e all’esercizio di impianti di produzione di elettricità da fonti rinnovabili nella Regione Molise“, secondo le quali la distanza di ogni turbina eolica da una strada provinciale o nazionale deve essere superiore all’altezza massima dell’elica comprensiva del rotore e comunque non inferiore a 150 m dalla base della torre, risultano essere pienamente soddisfatte, infatti tutti gli aerogeneratori in progetto distano più di 200 m (intesa come altezza massima dell’elica comprensiva del rotore del modello di turbina eolica da 6,0 MW, impiegato ai fini dei calcoli (Hub height+1/2 Rotor diameter= 200 m s.l.t.)) da ciascuna Strada Provinciale o Nazionale;



|   |   |  |
|---|---|--|
|  <p><b>Engineering &amp; Construction</b></p> |  | <p>EGP CODE<br/><b>GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.00.009.02</b></p> <p>PAGE<br/>26 di/of 27</p> |
|---|---|--|

## 5. CONCLUSIONI

Conformemente ai contenuti del Paragrafo 7.1. “Analisi dei possibili incidenti”, Capitolo 7 “INCIDENTI” dell’ALLEGATO 3 “Impianti eolici: elementi per il corretto inserimento nel paesaggio e sul territorio” del DGR 621/2011 “Linee guida per il procedimento di cui all’articolo 12 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n.387 per l’autorizzazione alla costruzione e all’esercizio di impianti di produzione di elettricità da fonti rinnovabili nella Regione Molise”, il quale stabilisce che: “È opportuno prendere in esame l’idoneità delle caratteristiche delle macchine, in relazione alle condizioni meteorologiche estreme del sito. In tal senso [...] - andrebbe valutata la gittata massima degli elementi rotanti in caso di rottura accidentale”, è stata valutata la gittata massima degli elementi rotanti dei n. 10 (dieci) aerogeneratori dell’impianto proposto su territori comunali di Acquaviva Collecroce, San Felice del Molise, Castelmauro e Palata, in provincia di Campobasso.

Ai fini dei calcoli è stato impiegato il modello di turbina eolica da 6,0 MW. Il modello di turbina eolica impiegato è costituito da una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono ed in alcuni casi anche in cemento armato, sulla cui sommità è installata la navicella, il cui asse è a 115 m dal piano campagna (Hub height), con annesso il rotore di diametro pari a 170 m (Rotor diameter) (lunghezza pala 83,3 m), per un’altezza massima complessiva del sistema torre-pale, comprensiva del mozzo, pari a 200 m s.l.t..

Dai calcoli è risultato che la distanza massima degli elementi rotanti, in caso di rottura accidentale, è pari a 209.72 m (nell’ipotesi di rottura accidentale di una delle pale del modello di turbina eolica considerato).

Su base ortofoto sono stati individuati i fabbricati più prossimi all’area di impianto (si veda Allegato 1, della presente Relazione).

All’interno dell’area di indagine della gittata massima (superficie circolare di raggio pari a 209.72 m), considerata per ogni singolo aerogeneratore, sono stati individuati dei fabbricati per gli aerogeneratori indicati con le sigle: WTG2, WTG4, WTG6, WTG8.

Tali fabbricati, a meno di uno individuato su mappa catastale (Foglio 4 part.93 del Comune di Acquaviva Collecroce), ma non presente nel catasto fabbricati né individuabile su base satellitare, risultano compresi all’interno del Piano Particellare di Esproprio redatto a corredo del presente progetto definitivo (GRE.EEC.L.73.IT.W.15235.12.030 Piano Particellare di esproprio descrittivo).

Relativamente ai recettori “locali” rappresentati da agglomerati antropici (comuni, frazioni, borghi, ecc.) limitrofi al sito d’interesse, non risultano interferenze con la gittata massima calcolata per il distacco accidentale di una pala.

|   |   |  |
|---|---|--|
| <br><b>Engineering &amp; Construction</b> |  | EGP CODE                                 |
|   |   | <b>GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.00.009.02</b> |
|   |   | PAGE                                     |
|   |   | 27 di/of 27                              |

Non risulta l'interferenza tra l'area di indagine della gittata massima (superficie circolare di raggio 209.72 m) dei singoli aerogeneratori e le strade provinciali e nazionali situate in prossimità del layout di impianto.

In accordo con le Misure di mitigazione proposte alla lettera a) del Paragrafo 7.2. "Misure di mitigazione", Capitolo 7. "INCIDENTI" dell'Allegato 4 (punti 14.9, 16.3 e 16.5) "Impianti eolici: elementi per il corretto inserimento nel paesaggio e sul territorio" al D.M. 10 settembre 2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili", *la distanza di ogni turbina eolica da una strada provinciale o nazionale deve essere superiore all'altezza massima dell'elica comprensiva del rotore e comunque non inferiore a 150 m dalla base della torre*, risultano essere pienamente soddisfatte, infatti tutti gli aerogeneratori in progetto distano più di 200 m (intesa come altezza massima dell'elica comprensiva del rotore del modello di turbina eolica da 6,0 MW, impiegato ai fini dei calcoli ( $\text{Hub height} + 1/2 \text{ Rotor diameter} = 200 \text{ m s.l.t.}$ )) da ciascuna Strada Provinciale o Nazionale.

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido