

REGIONE PUGLIA



Comune  
CASTELLANETA



Provincia di TARANTO



**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO  
EOLICO DENOMINATO "CASTELLANETA 1" COSTITUITO DA  
14 AEROGENERATORI CON POTENZA COMPLESSIVA DI 92,4 MW  
E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.**

*Studio degli effetti di SHADOW-FLICKERING*

ELABORATO

PR 20

**PROPONENTE:**

**GREEN ENERGY S.R.L.**  
Contrada Cacapentima snc  
74014 Laterza (TA)  
pec: greenenergycast.1@pec.it

cod. id.: E-GREEN

**CONSULENTI:**

Dott.ssa Elisabetta NANNI  
Dott. Ing. Rocco CARONE  
Dott. Biol. Fau. Lorenzo GAUDIANO  
Dott. Agr. For. Mario STOMACI  
Dott. Geol. Michele VALERIO

**PROGETTISTI:**




**ATECH** SOCIETÀ DI INGEGNERIA  
Via Caduti di Nassiriya 55  
70124 Bari (BA)  
e-mail: atechsr@libero.it  
pec: atechsr@legalmail.it

**PMT** Innovative Engineering  
STUDIO PM SRL  
Via dell'Artigianato 27 75100 Matera (MT)  
e-mail: paolo.montefinese@pm-studio  
pec: studiopm@mypec.eu

DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Orazio TRICARICO  
Ordine Ingegneri di Bari n. 4985



Dott. Ing. Paolo MONTEFINESE  
Ordine Ingegneri di Matera n. 968



Dott. Ing. Alessandro ANTEZZA  
Ordine Ingegneri di Bari n. 10743



EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
0	Agosto 2023	B.C.C - C.C	A.A.	O.T.	Progetto definitivo

<b>1.PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2.BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....</b>	<b>3</b>
<b>3.ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA .....</b>	<b>5</b>
<b>4.EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DALL'IMPIANTO.....</b>	<b>6</b>
<b>5.ALLEGATO .....</b>	<b>13</b>



## 1. PREMESSA

Il presente documento, allegato al progetto definitivo, analizza l'evoluzione dell'ombra (shadow flickering) indotta dagli aerogeneratori nell'area di intervento.

Al momento, solo la Germania ha linee guida dettagliate sui limiti e le condizioni per il calcolo dell'impatto dell'ombra e sono normate dalla "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen" (WEA-Shattenwurf-Hinweise).

Secondo le linee guida tedesche, il limite per il quale si genera l'impatto dell'ombra è fissato da due fattori:

- L'angolo del sole sull'orizzonte deve essere di almeno 3 gradi;
- Le eliche della RIN devono coprire almeno il 20% del sole.

In Italia, come suddetto, non esistono limiti normati per la definizione e la classificazione di un recettore come sensibile, ma il DM 10/09/2010 al comma a) dell'art. 5.3 indica come misura di mitigazione la *minima distanza di ciascun aerogeneratore da unità abitative munite di abitabilità, regolarmente censite e stabilmente abitate, non inferiore ai 200 m.*

Il fenomeno dello shadow flicker consiste in una variazione intermittente dell'intensità di luce naturale provocato da una pala eolica in rotazione. Tale fenomeno, in particolari condizioni di frequenza, di intensità e di durata, può arrecare disturbo all'individuo presente all'interno di un'abitazione che subisce questo effetto.

Se infatti la frequenza delle variazioni di intensità della luce è alta e dura a lungo, il disturbo arrecato è significativo; è stato scientificamente dimostrato che una frequenza dello sfarfallio superiore a 2,5 hertz può causare fastidio e provocare un effetto disorientante su una piccola percentuale della popolazione (2% circa).

In generale, gli aerogeneratori utilizzati nel progetto in oggetto hanno una velocità di rotazione inferiore a 20 giri al minuto, equivalente ad una frequenza inferiore ad 1 Hz, di molto inferiore a quelle incluse nell'intervallo che potrebbe provocare un senso di fastidio, e cioè tra i 2,5 Hz ed i 20 Hz (Verkuijlen and Westra, 1984). Perciò le frequenze di passaggio delle pale risulteranno ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

## 2. BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'intervento in oggetto è finalizzato alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione da fonte eolica costituito da **14 turbine aventi potenza complessiva pari a 92,4 MW** e altezza al mozzo di 115 m, da realizzare in zone classificate agricole, non di pregio, dal vigente strumento urbanistico comunale, da ubicare nel territorio comunale di **Castellaneta (TA)**.

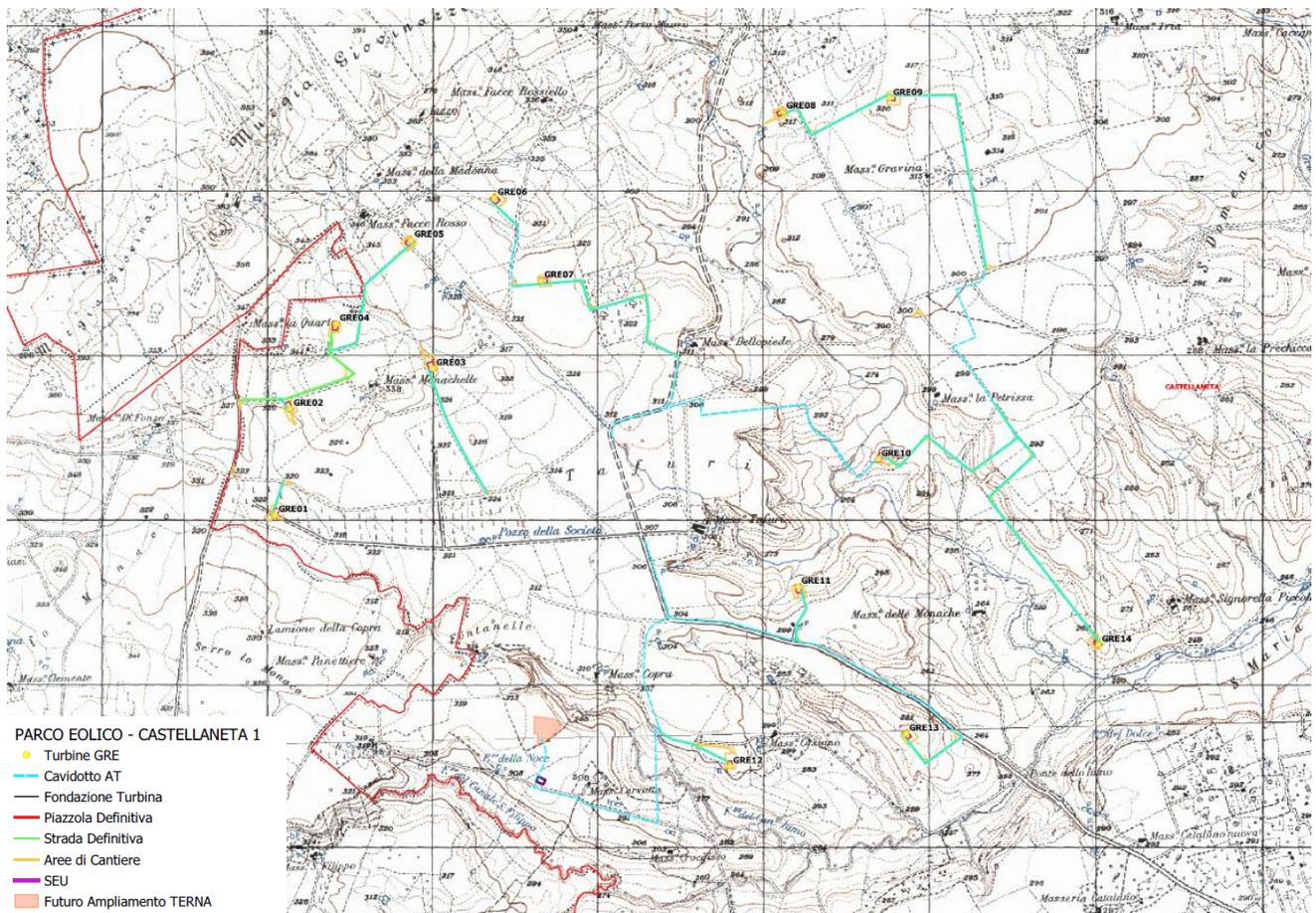


Figura 2-1: Inquadramento intervento di area vasta

Il progetto del parco eolico è costituito da **n° 14 aerogeneratori aventi potenza complessiva pari a 92,4 MW** (denominati GRE 1-14):

- **n° 14 aerogeneratori della potenza di 6,6 MW**
- piazzole di collegamento alle turbine;
- tracciato dei cavidotti di collegamento;
- cabine di raccolta;
- nuova Cabina di Consegna 36 Kv;
- collegata in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN 380/150 kV di Castellaneta.

Il sito di intervento è all'interno del territorio comunale di Castellaneta, a nord ovest del centro urbano alla distanza di circa 5,2 km.

È baricentrico rispetto ai centri abitati di Laterza a circa 5,5 km a sud est, a nord a circa 10 km da Gioia del Colle, a nord ovest a circa 12 km da Santeramo in Colle (BA - Regione Puglia).

È raggiungibile e delimitato a sud dalla SS7, ad est è raggiungibile e delimitato dalla SP22 e SP29, mentre ad ovest dalla SP20. È attraversabile in direzione est-ovest dalla SP22.



### 3. ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA

La posizione occupata da un oggetto nel cielo, come il sole, può essere univocamente individuata con due coordinate angolari: azimut ed elevazione.

L'azimut si misura in senso orario sul piano orizzontale a partire dal nord geografico fino al punto sull'orizzonte direttamente sotto all'oggetto; l'elevazione o altezza si misura sul piano verticale, partendo dal suddetto punto, su fino all'oggetto.

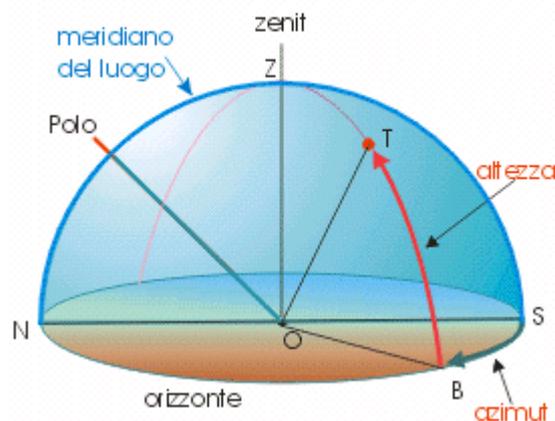


Figura 3-1: Individuazione dell'altezza e dell'azimut

Poiché la Terra si muove rispetto al sole, l'azimut e l'elevazione cambiano continuamente nel tempo ed il percorso seguito nel cielo durante il giorno dal sole appare più o meno come un arco. Ogni giorno ha il suo arco, il quale si discosta leggermente sia da quello percorso il giorno precedente sia da quello che percorrerà il giorno seguente. Tuttavia un certo arco si ripete quasi esattamente ogni anno.

Per giorno s'intende il periodo nel quale giunge a noi la luce solare diretta.; quindi la durata del giorno è il tempo che intercorre tra alba e tramonto.

La durata del giorno non coincide con la durata della luce naturale.

Infatti sia prima dell'alba sia dopo il tramonto ci sono intervalli di tempo, chiamati entrambe crepuscolo (rispettivamente crepuscolo mattutino e crepuscolo serale o serotino), durante i quali giunge a terra una luce diffusa naturale fornita dai livelli atmosferici superiori.

Questi, trovandosi a quota superiore, ricevono infatti luce solare diretta per un tempo più lungo e ne riflettono una parte verso la terra. Senza atmosfera il passaggio dal giorno alla notte e viceversa

sarebbe immediato e brusco; la durata dell'illuminazione solare è quindi pari alla somma della durata del giorno e della durata dei crepuscoli mattutino e serale.

#### **4. EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DALL'IMPIANTO**

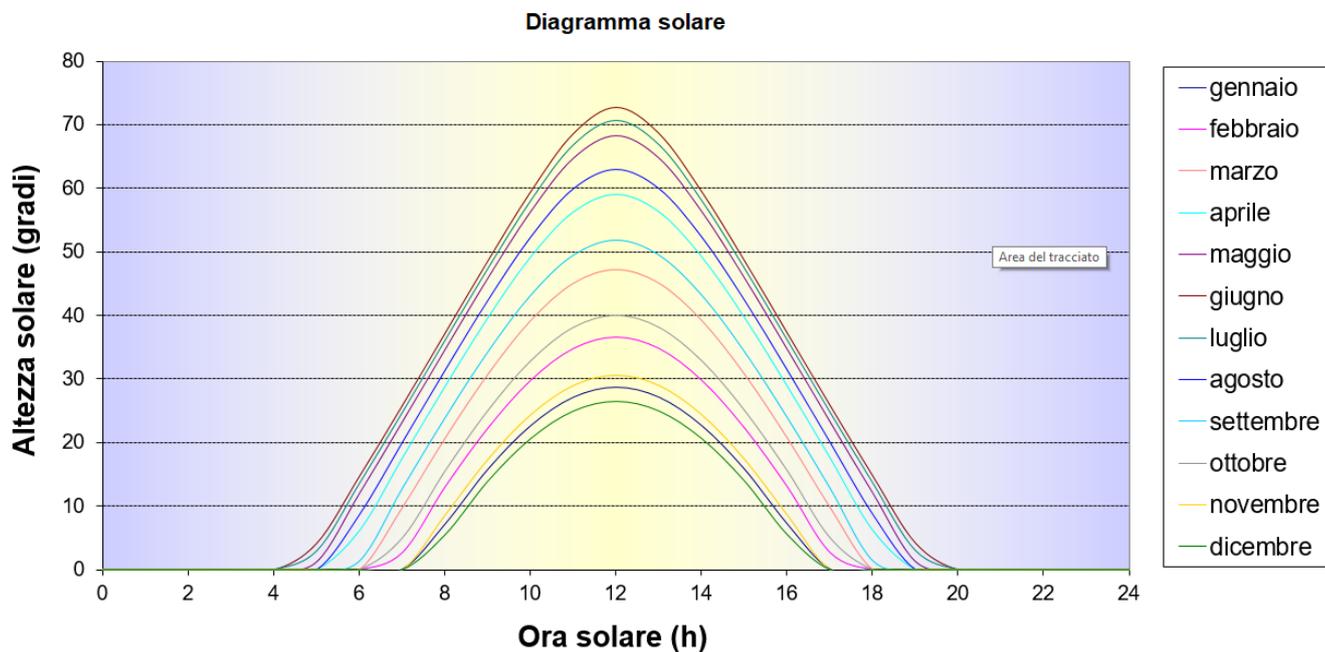
Le turbine eoliche, come altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta.

Rispetto alle altre strutture sviluppate in altezza (come tralicci della alta tensione, pali della illuminazione, pali di media tensione, torrioni piezometrici, silos, ecc), il problema che può determinare un aerogeneratore non è la proiezione dell'ombra sul terreno e/o strutture esistenti, bensì il movimento della stessa dovuto alla rotazione delle pale.

Una progettazione attenta a questa problematica permette di evitare lo spiacevole fenomeno di flickering (turbina in moto interposta tra una fonte luminosa e l'osservatore) semplicemente prevedendo il luogo di incidenza dell'ombra e disponendo le turbine in maniera tale che l'ombra sulle zone sensibili non superi un certo numero di ore all'anno.

A tal proposito è stato prodotto lo studio dell'evoluzione dell'ombra generata dagli aerogeneratori, eseguito grazie all'ausilio di un software che effettua analisi informative territoriali sulla base di cartografie digitali in 3D.

Il software ha permesso l'esecuzione dei calcoli della proiezione dell'ombra nell'arco di un intero anno solare.

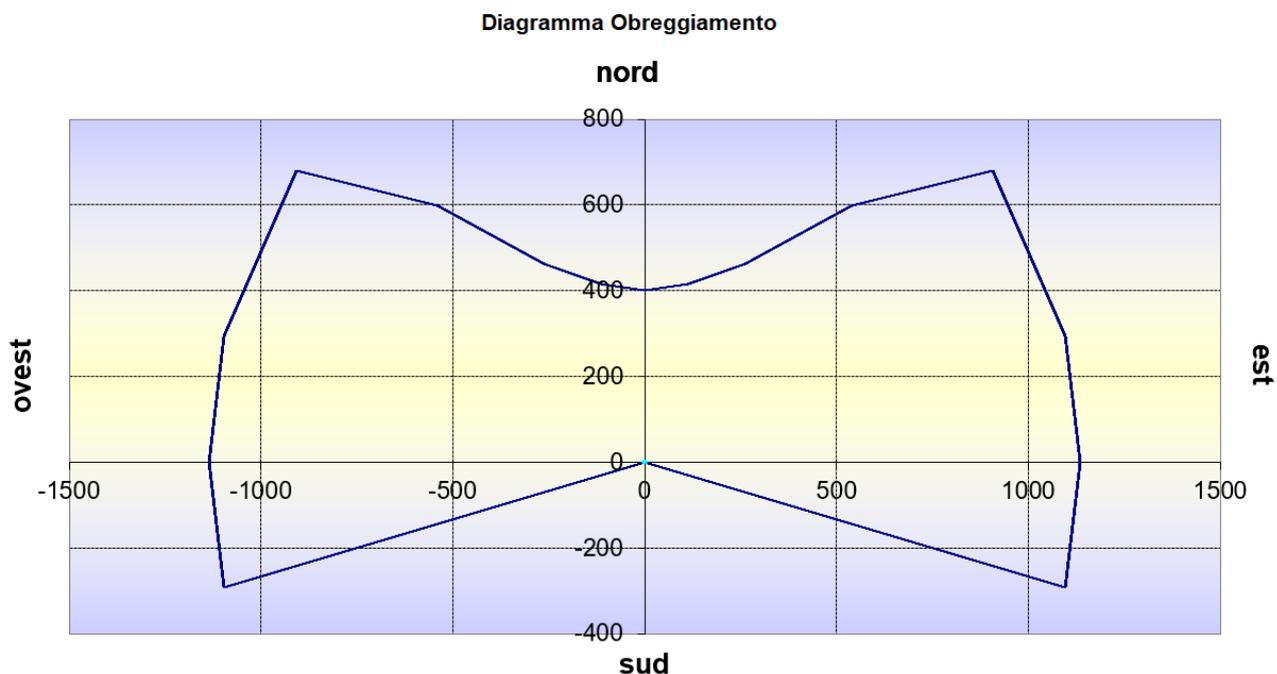


**Figura 4-1: Diagramma solare della zona di Taranto**

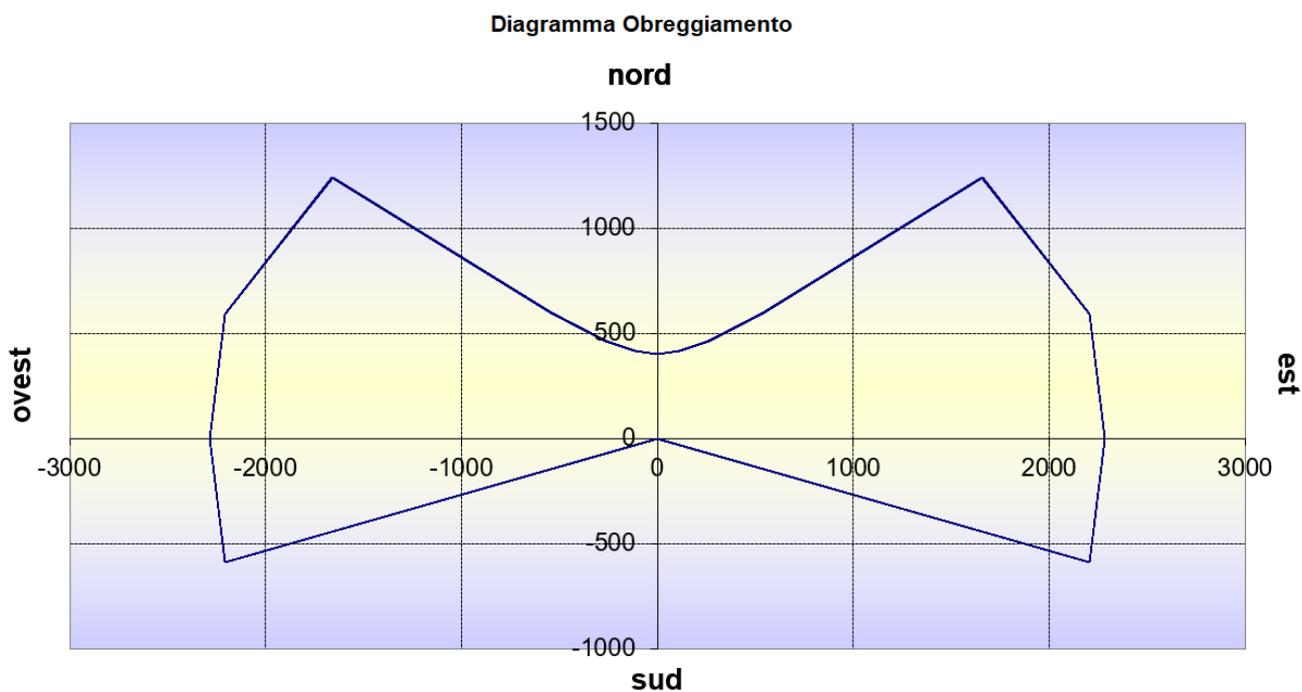
Le simulazioni sono state effettuate considerando due diversi scenari:

- sole con un'altezza sull'orizzonte di 5°;
- sole con un'altezza sull'orizzonte di 10°.

Vengono così generate due aree di ombreggiamento; una più estesa, quella a 5°, in cui l'ombreggiamento avviene dalle ore 5 a.m. alle ore 19 p.m., ed una più ristretta, a 10°, dove si considera l'ombreggiamento dalle ore 5,30 a.m. alle ore 18.30 p.m.



**Figura 4-2: Diagramma di ombreggiamento della zona di Taranto (angolo limite 10°)**

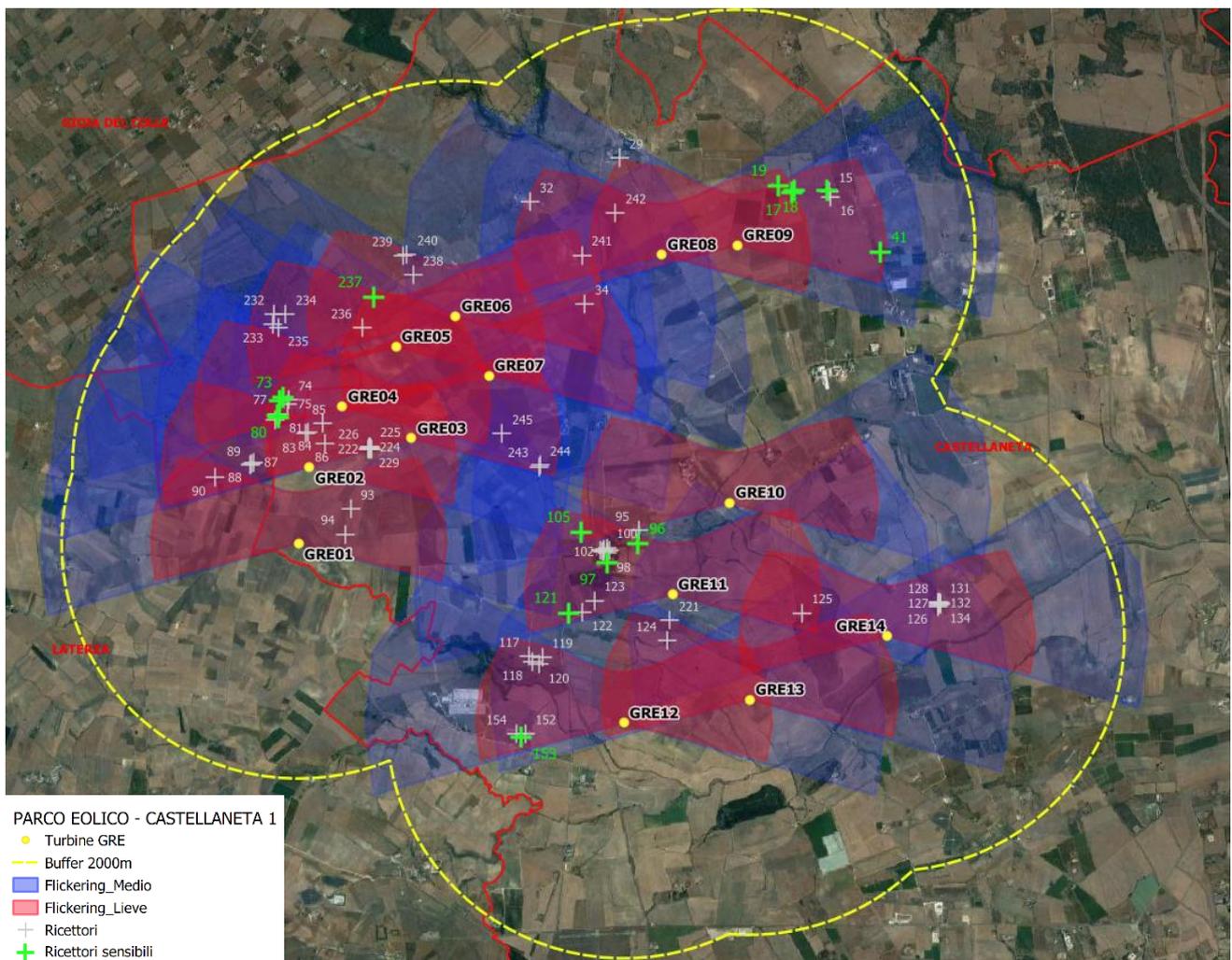


**Figura 4-3: Diagramma di ombreggiamento della zona di Taranto (angolo limite 5°)**

I diagrammi in figura mostrano, al variare dell'angolo limite considerato e quindi della altezza solare rispetto all'orizzonte, l'ombreggiamento di un aerogeneratore nell'arco della giornata esteso all'intero anno solare. Tale ombreggiamento, determinato per una superficie piana, è stato poi adattato alla orografia del suolo, note le quote altimetriche del terreno dell'area del parco.

Lo studio dell'ombreggiamento è finalizzato alla verifica dell'effetto flickering sui ricettori sensibili (rappresentati nell'immagine seguente) presenti nei pressi del parco eolico, in particolare è stata definita un'area di indagine avente 2,0 km di raggio da ciascuna GRE, ovvero 10 volte l'altezza complessiva.

Nell'area di indagine sono stati individuati i potenziali ricettori presenti nell'area di progetto. In seguito è stata elaborata la mappa sotto riportata relativa all'evoluzione dell'ombra.



**Figura 4-4: Individuazione dei ricettori sensibili nell'area di indagine – cfr. All.01**

La differenziazione di colore individua il passaggio dell'altezza dell'angolo solare da 5° a 10°.

L'effetto flickering, ossia l'oscillazione dell'ombra prodotta dal rotore, non deve verificarsi, secondo la normativa vigente, in maniera prolungata in prossimità di abitazioni, masserie, o comunque luoghi dove sia prevista una sosta superiore alle 4 ore. Si è quindi analizzata **l'intensità dell'effetto flickering**, valutandola in base al quantitativo di ore (da 0 a 4) in cui il flickering ha interferenza con i recettori sensibili.

L'assenza di flickering si verifica quando ci si trova sulla **linea blu** di confine della proiezione dell'ombra; si passa da trascurabile a lieve entità nella fascia che degrada dal **bordo blu** verso il **bordo interno rosso**; ovviamente diventa di media intensità all'interno dell'**area rossa**, sino a divenire intenso in prossimità dell'aerogeneratore.

Nelle immagini seguenti sono individuate planimetricamente le aree ombreggiate su descritte, con la finalità di verificare nel dettaglio se insistono sui ricettori sensibili individuati e quantificarne l'intensità dell'impatto prodotto.

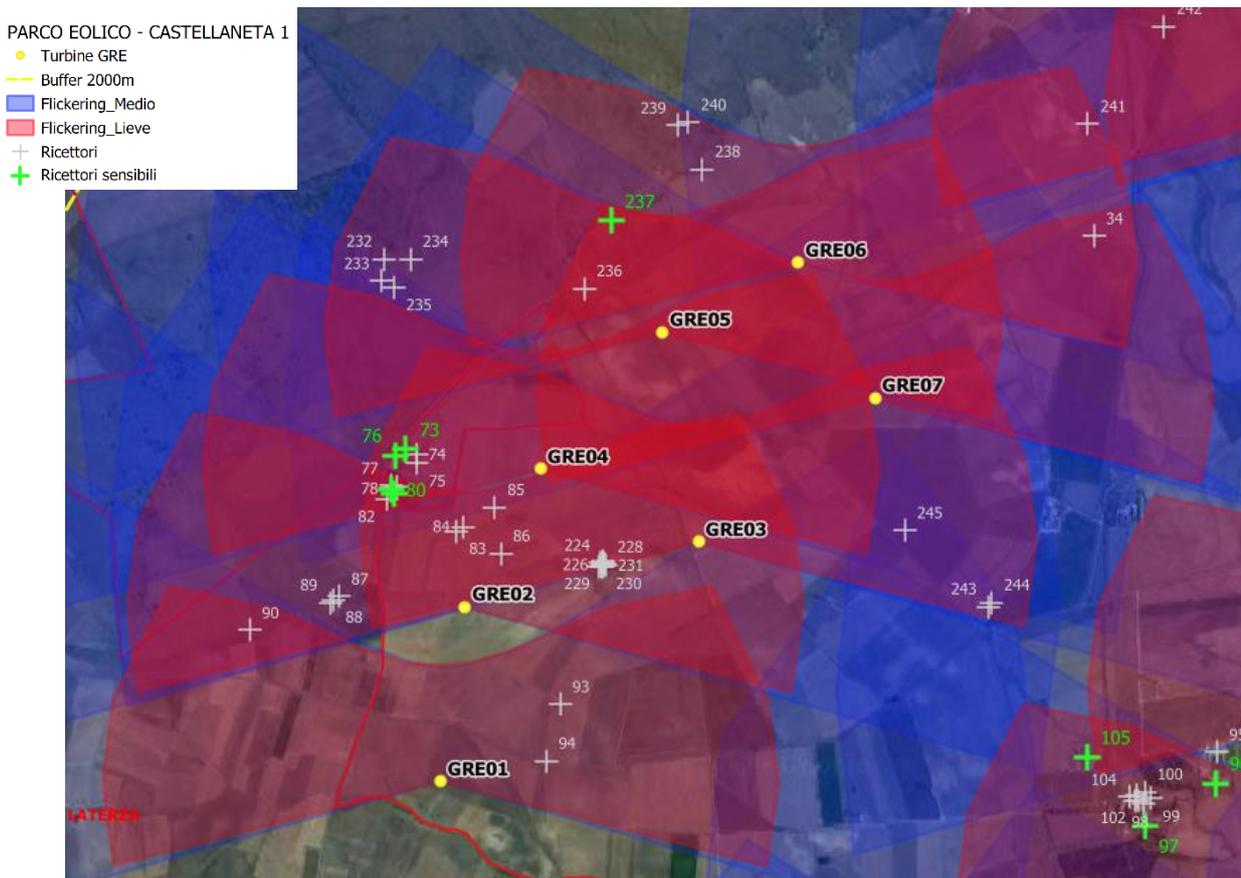


Figura 4-5: Effetto delle turbine GRE01-02-03-04-05-06-07

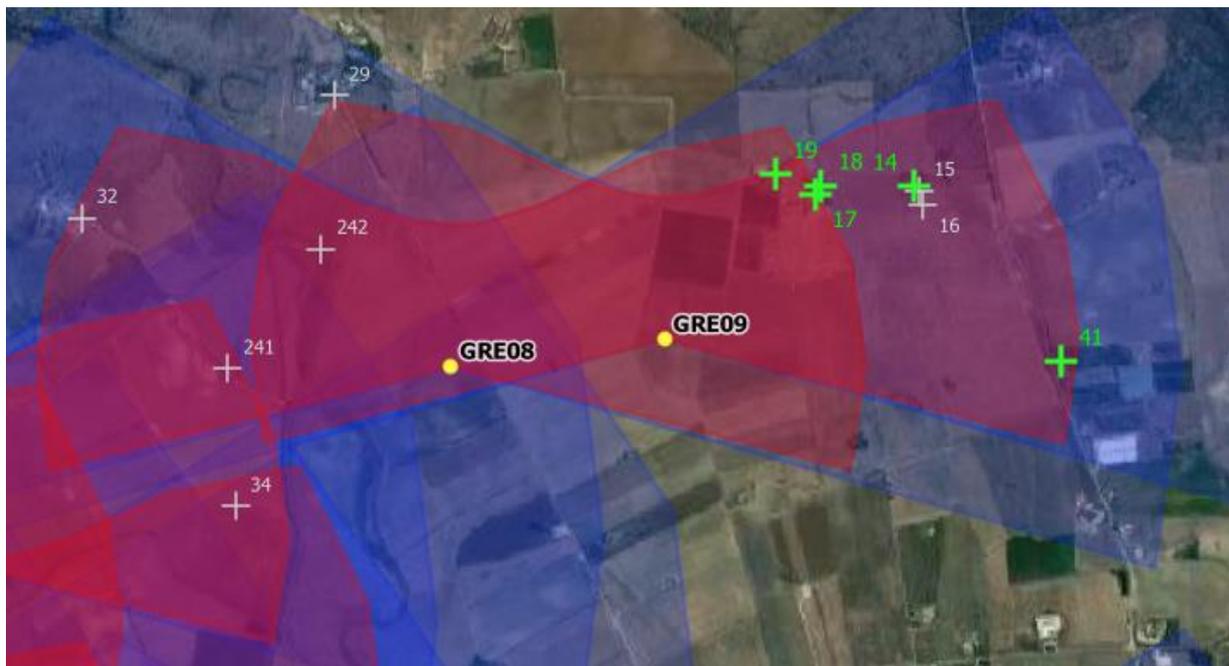


Figura 4-7: Effetto delle turbine GRE 08-09

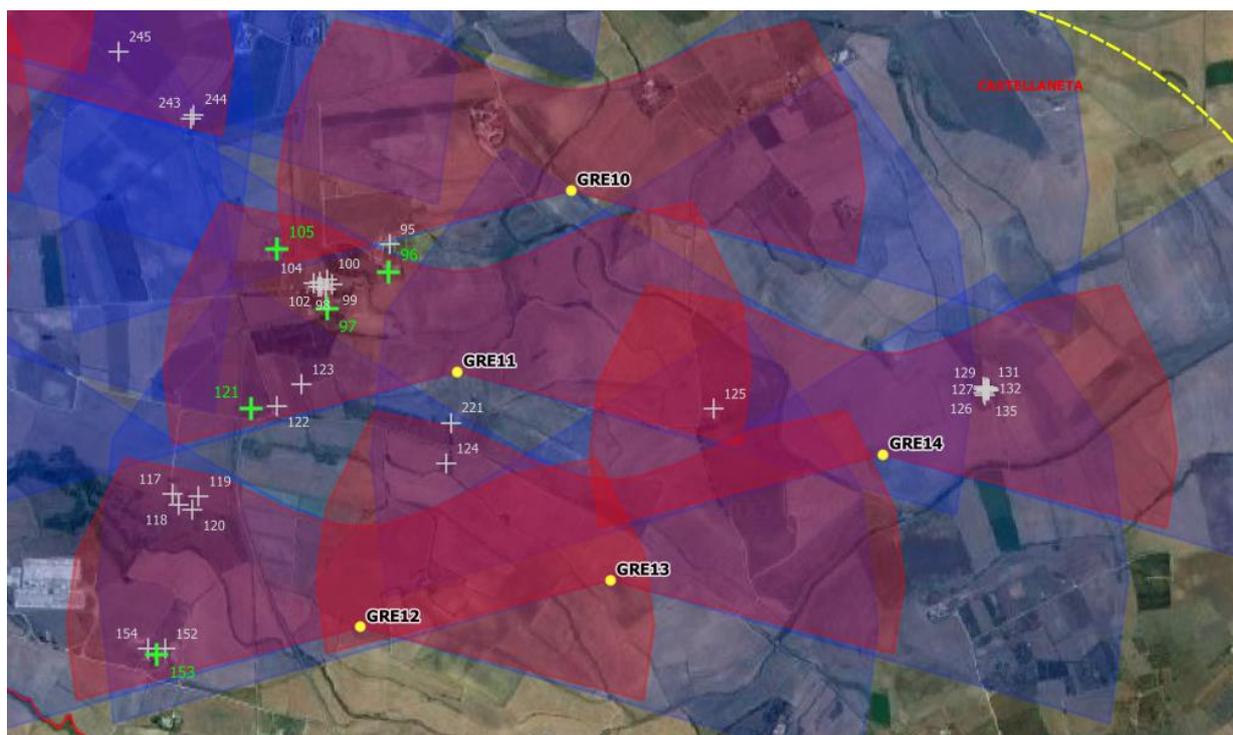


Figura 4-7: Effetto delle turbine GRE 10-11-12-13-14

Al fine di valutare la percezione dell'effetto flickering sui recettori presenti nell'area a media intensità, ovvero quelli presenti all'interno dell'**area rossa** è stata elaborata la seguente tabella che ha consentito di identificare i **recettori sensibili**.

Pertanto una volta individuati i recettori presenti nell'area a effetto flickering di media intensità si è indagata la categoria catastale degli immobili:

ID	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	CAT. FABBRICATO
93	CASTELLANETA	4	160	C2
94	CASTELLANETA	4	106	Non Accatastato
87	LATERZA	26	148	F2
88	LATERZA	26	149	F2
89	LATERZA	26	150	F2
90	LATERZA	26	69	Non Accatastato
82	CASTELLANETA	4	222	F2
77	LATERZA	26	153	C2
78	LATERZA	26	161	C2
79	LATERZA	26	134	A4 - C6
80	LATERZA	26	160	A4
81	LATERZA	26	144	C2
73	LATERZA	26	157	A3 - D10
74	LATERZA	26	158	D10
75	LATERZA	26	159	D10
76	LATERZA	26	33	A4 - C2
83	CASTELLANETA	4	205	C2
84	CASTELLANETA	4	206	C2
85	CASTELLANETA	4	212	F2
86	CASTELLANETA	4	158	F2
222	CASTELLANETA	4	18	Non Accatastato
223	CASTELLANETA	4	44	Non Accatastato
224	CASTELLANETA	4	43	Non Accatastato
225	CASTELLANETA	4	36	F2
226	CASTELLANETA	4	67	Non Accatastato
227	CASTELLANETA	4	68	Non Accatastato
228	CASTELLANETA	4	69	Non Accatastato
229	CASTELLANETA	4	47	F2
230	CASTELLANETA	4	50	Non Accatastato
231	CASTELLANETA	4	19	Non Accatastato
232	CASTELLANETA	1	38	F2
233	CASTELLANETA	2	43	F2
234	CASTELLANETA	2	44	F2
235	CASTELLANETA	2	42	F2
236	CASTELLANETA	2	48	F2 - D10
237	CASTELLANETA	2	26	A3 - D10
238	CASTELLANETA	2	33	Non Accatastato
239	CASTELLANETA	2	52	F2
240	CASTELLANETA	2	51	F2
32	CASTELLANETA	3	49	Non Accatastato
241	CASTELLANETA	5	214	F2
242	CASTELLANETA	3	127	Non Accatastato
19	CASTELLANETA	6	320-321	A3 - D10
17	CASTELLANETA	6	270	A4 - D10
18	CASTELLANETA	6	269	A4 - D10
14	CASTELLANETA	6	264	A4 - D10
15	CASTELLANETA	6	262	D10
16	CASTELLANETA	6	263	D10
41	CASTELLANETA	7	155	A3 - D10
34	CASTELLANETA	5	210	F2
243	CASTELLANETA	5	219	F2
244	CASTELLANETA	5	220	F2
245	CASTELLANETA	5	131	Non Accatastato
95	CASTELLANETA	18	354	D10
96	CASTELLANETA	18	380	A3 - D10
97	CASTELLANETA	18	490	A3 - D10 - F2
98	CASTELLANETA	18	476	F2 - D10
99	CASTELLANETA	18	189	Non Accatastato
100	CASTELLANETA	18	188	Non Accatastato
101	CASTELLANETA	18	186	F2
102	CASTELLANETA	18	475	F2
103	CASTELLANETA	18	5	F2
105	CASTELLANETA	18	469	A3 - D10
121	CASTELLANETA	18	562	A7 - F2
122	CASTELLANETA	18	192	Non Accatastato
123	CASTELLANETA	18	548	F2
117	CASTELLANETA	16	420	F2 - C6
118	CASTELLANETA	16	423	C6
119	CASTELLANETA	16	72	F2
120	CASTELLANETA	16	11	Non Accatastato
152	CASTELLANETA	17	21	Non Accatastato
153	CASTELLANETA	17	146	A3 - D10
154	CASTELLANETA	17	149	Non Accatastato
124	CASTELLANETA	18	477	F2
125	CASTELLANETA	19	181	F2 - D10
126	CASTELLANETA	19	46	Non Accatastato
127	CASTELLANETA	19	188	F2
128	CASTELLANETA	19	51	Non Accatastato
129	CASTELLANETA	19	40	Non Accatastato
130	CASTELLANETA	19	39	Non Accatastato
131	CASTELLANETA	19	189	F2
132	CASTELLANETA	19	42	Non Accatastato
133	CASTELLANETA	19	43	Non Accatastato
134	CASTELLANETA	19	192	F2
135	CASTELLANETA	19	49	Non Accatastato

Figura 4-6: Categoria catastale dei recettori all'interno dell'area a effetto flickering di media intensità.

Dalla tabella sopra riportata si evince che gli immobili classificati di cat. catastale da A/1 a A/10 sono 15, precisamente **ID: 79-80-73-76-237-19-17-18-14-41-96-97-105-121-153**, posti a distanze oltre i 500m.

Tuttavia **i dati non sono accessibili alla Società proponente. Tali attività, pertanto sono espletabili dal Comune ovvero dalla Regione, in quanto titolati a dette verifiche.**

Qualora tali ulteriori verifiche dovessero dare un esito positivo, si provvederà ad un'analisi più dettagliata.

Ad ogni modo, ad ulteriore garanzia delle condizioni di sicurezza desunte dalle analisi, si può considerare che:

- ❖ i recettori sensibili sono tutti ubicati a distanza superiori ai 200 m rispetto alle turbine (così come indicato dal DM10/2010);
- ❖ le turbine eoliche non sono funzionanti per tutte le ore dell'anno;
- ❖ in molte ore all'anno, il sole è oscurato e non genera ombra diretta;
- ❖ molte delle ore di luce analizzate corrispondono a frazioni della giornata poco attive da parte delle attività antropiche (primissime ore mattutine).

## 5. ALLEGATO



PARCO EOLICO - CASTELLANETA 1

- Turbine GRE
- Buffer 2000m
- Flickering\_Medio
- Flickering\_Lieve
- ⊕ Ricettori
- ⊕ Ricettori sensibili

ID	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	CAT. FABBRICATO
93	CASTELLANETA	4	160	C2
94	CASTELLANETA	4	106	Non Accatato
87	LATERZA	26	148	F2
88	LATERZA	26	149	F2
89	LATERZA	26	150	F2
90	LATERZA	26	69	Non Accatato
82	CASTELLANETA	4	222	F2
77	LATERZA	26	153	C2
78	LATERZA	26	161	C2
79	LATERZA	26	134	A4 - C6
80	LATERZA	26	160	A4
81	LATERZA	26	144	C2
73	LATERZA	26	157	A3 - D10
74	LATERZA	26	158	D10
75	LATERZA	26	159	D10
76	LATERZA	26	33	A4 - C2
83	CASTELLANETA	4	205	C2
84	CASTELLANETA	4	206	C2
85	CASTELLANETA	4	212	F2
86	CASTELLANETA	4	158	F2
222	CASTELLANETA	4	18	Non Accatato
223	CASTELLANETA	4	44	Non Accatato
224	CASTELLANETA	4	43	Non Accatato
225	CASTELLANETA	4	35	F2
226	CASTELLANETA	4	67	Non Accatato
227	CASTELLANETA	4	68	Non Accatato
228	CASTELLANETA	4	69	Non Accatato
229	CASTELLANETA	4	47	F2
230	CASTELLANETA	4	50	Non Accatato
231	CASTELLANETA	4	19	Non Accatato
232	CASTELLANETA	1	38	F2
233	CASTELLANETA	2	43	F2
234	CASTELLANETA	2	44	F2
235	CASTELLANETA	2	42	F2
236	CASTELLANETA	2	48	F2 - D10
237	CASTELLANETA	2	26	A3 - D10
238	CASTELLANETA	2	33	Non Accatato
239	CASTELLANETA	2	52	F2
240	CASTELLANETA	2	51	F2
32	CASTELLANETA	3	49	Non Accatato
241	CASTELLANETA	3	214	F2
242	CASTELLANETA	3	127	Non Accatato
19	CASTELLANETA	6	320-321	A3 - D10
17	CASTELLANETA	6	270	A4 - D10
18	CASTELLANETA	6	269	A4 - D10
14	CASTELLANETA	6	264	A4 - D10
15	CASTELLANETA	6	262	D10
16	CASTELLANETA	6	263	D10
41	CASTELLANETA	7	155	A3 - D10
34	CASTELLANETA	5	210	F2
243	CASTELLANETA	5	219	F2
244	CASTELLANETA	5	220	F2
245	CASTELLANETA	5	131	Non Accatato
95	CASTELLANETA	18	354	D10
96	CASTELLANETA	18	380	A3 - D10
97	CASTELLANETA	18	690	A3 - D10 - F2
98	CASTELLANETA	18	476	F2 - D10
99	CASTELLANETA	18	189	Non Accatato
100	CASTELLANETA	18	188	Non Accatato
101	CASTELLANETA	18	186	F2
102	CASTELLANETA	18	475	F2
103	CASTELLANETA	18	5	F2
105	CASTELLANETA	18	469	A3 - D10
121	CASTELLANETA	18	362	A3 - F2
122	CASTELLANETA	18	192	Non Accatato
123	CASTELLANETA	18	548	F2
117	CASTELLANETA	16	420	F2 - C6
118	CASTELLANETA	16	423	C6
119	CASTELLANETA	16	72	F2
120	CASTELLANETA	16	11	Non Accatato
152	CASTELLANETA	17	21	Non Accatato
153	CASTELLANETA	17	146	Non Accatato
154	CASTELLANETA	17	149	Non Accatato
124	CASTELLANETA	18	477	F2
125	CASTELLANETA	19	181	F2 - D10
126	CASTELLANETA	19	46	Non Accatato
127	CASTELLANETA	19	188	F2
128	CASTELLANETA	19	51	Non Accatato
129	CASTELLANETA	19	40	Non Accatato
130	CASTELLANETA	19	39	Non Accatato
131	CASTELLANETA	19	189	F2
132	CASTELLANETA	19	42	Non Accatato
133	CASTELLANETA	19	43	Non Accatato
134	CASTELLANETA	19	192	F2
135	CASTELLANETA	19	49	Non Accatato