

Regione
PUGLIA



Comune
LATERZA



Comune
SANTERAMO IN COLLE



Comune
CASTELLANETA



Provincia
BARI



**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
EOLICO DENOMINATO "SANTERAMO IN COLLE" COSTITUITO DA
9 AEROGENERATORI CON POTENZA COMPLESSIVA DI 59,4 MW
E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.**

STUDIO DEGLI EFFETTI DI SHADOW-FLICKERING

ELABORATO

PR20

PROPONENTE:

SANTERAMO WIND S.R.L.
Contrada Cacapentima snc
74014 Laterza (TA)
pec: santeramowind@pec.it

cod. id.: E-LASAN

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

Innovative Engineering

Via Caduti di Nassiriya 55
70124 Bari (BA)
e-mail: atechsrl@libero.it
pec: atechsri@legalmail.it

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	Novembre 2023	B.C.C - C.C	A.A.	O.T.	Progetto definitivo

1.PREMESSA.....	2
2.BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	3
3.ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA	5
4.EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DALL'IMPIANTO.....	6
5.ALLEGATO	14



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 SAN 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 **9 turbine (denominati SAN 1-9) avente potenza complessiva pari a 59,4 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 **Santeramo in Colle (BA)**, le opere di connessione interessano i territori comunali di **Laterza e Castellaneta (TA)**.

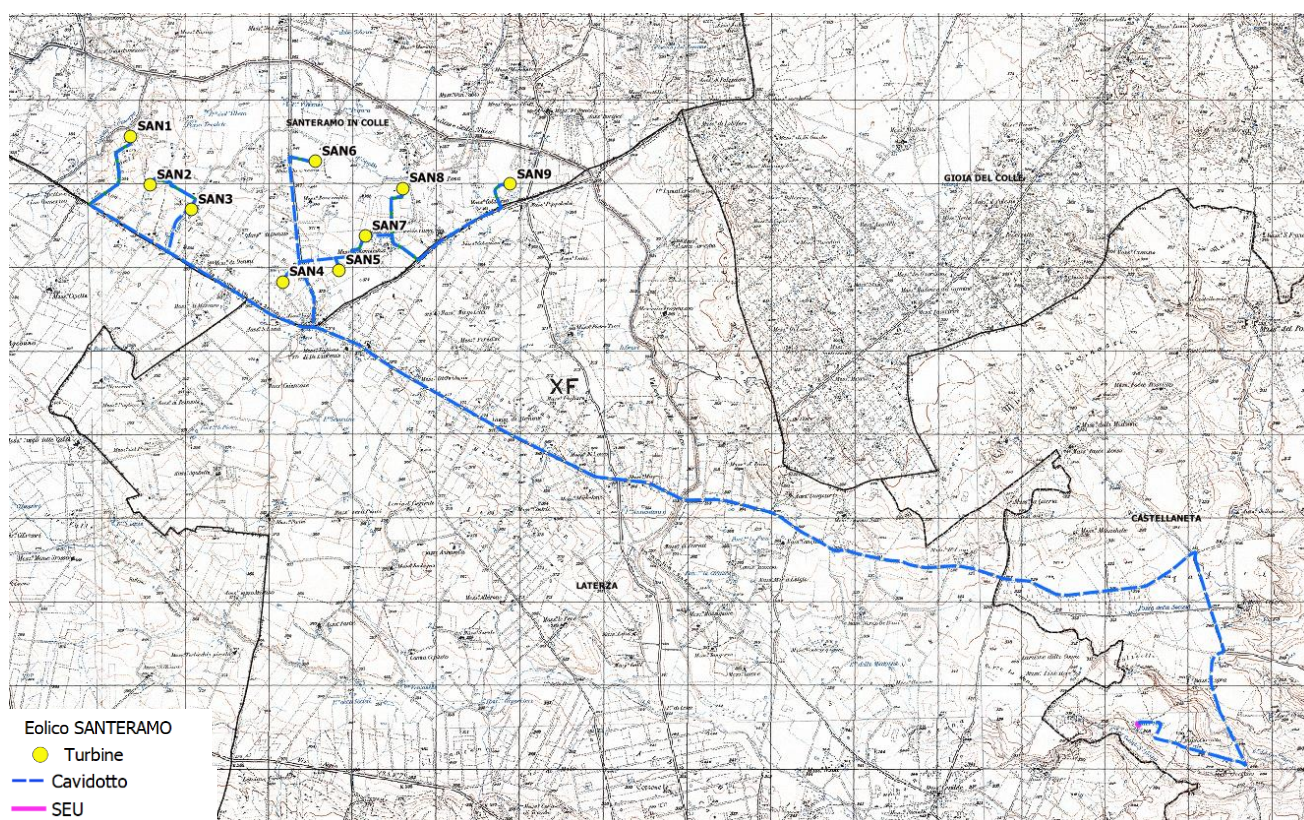


Figura 2-1: Inquadramento intervento di area vasta

Il progetto del parco eolico è costituito da:

- **n° 9 aerogeneratori della potenza di 6,6 MW**
- piazzole di collegamento alle turbine;
- tracciato dei cavidotti di collegamento (tra gli aerogeneratori e la sottostazione elettrica di trasformazione utente MT-AT);

- cabine di raccolta;
- nuova Stazione Elettrica Utente 150/30 Kv;
- collegamento in antenna a 150 kV su un futuro ampliamento della sezione 150 kV della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN 380/150 kV di Castellaneta.

Il sito di intervento è all'interno del territorio comunale di Santeramo in Colle (BA - Regione Puglia), a sud del centro urbano alla distanza di circa 7 km.

È baricentrico rispetto ai centri abitati di Matera (Regione Basilicata) a sud ovest, a circa 10 km, di Laterza (TA) a sud est a nord a circa 12 km, di Altamura a nord ovest ad una distanza di circa 16 km di Gioia del Colle a nord est a circa 15 km.

È raggiungibile e delimitato a sud dalle strade provinciali SP140 e SP22. È attraversabile in direzione nord-sud dalla SP17.



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.

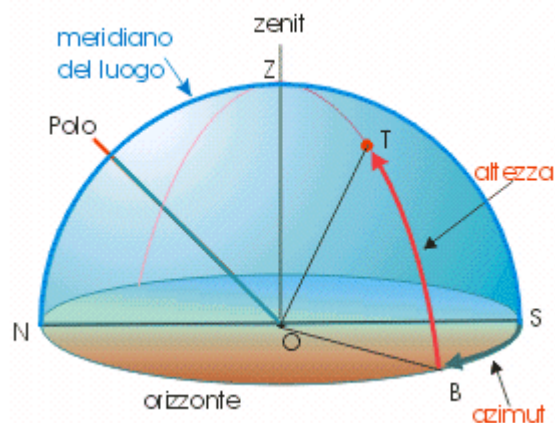


Figura 3-1: Individuazione dell'altezza e dell'azimut

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.



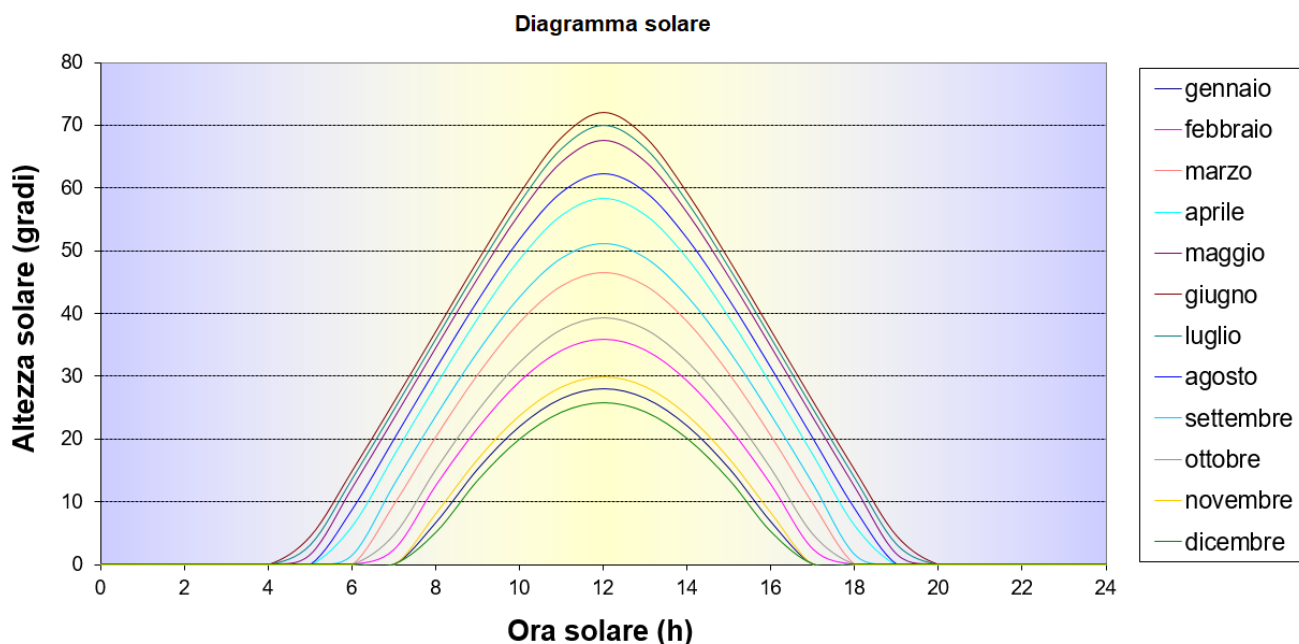


Figura 4-1: Diagramma solare della zona di Bari

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.

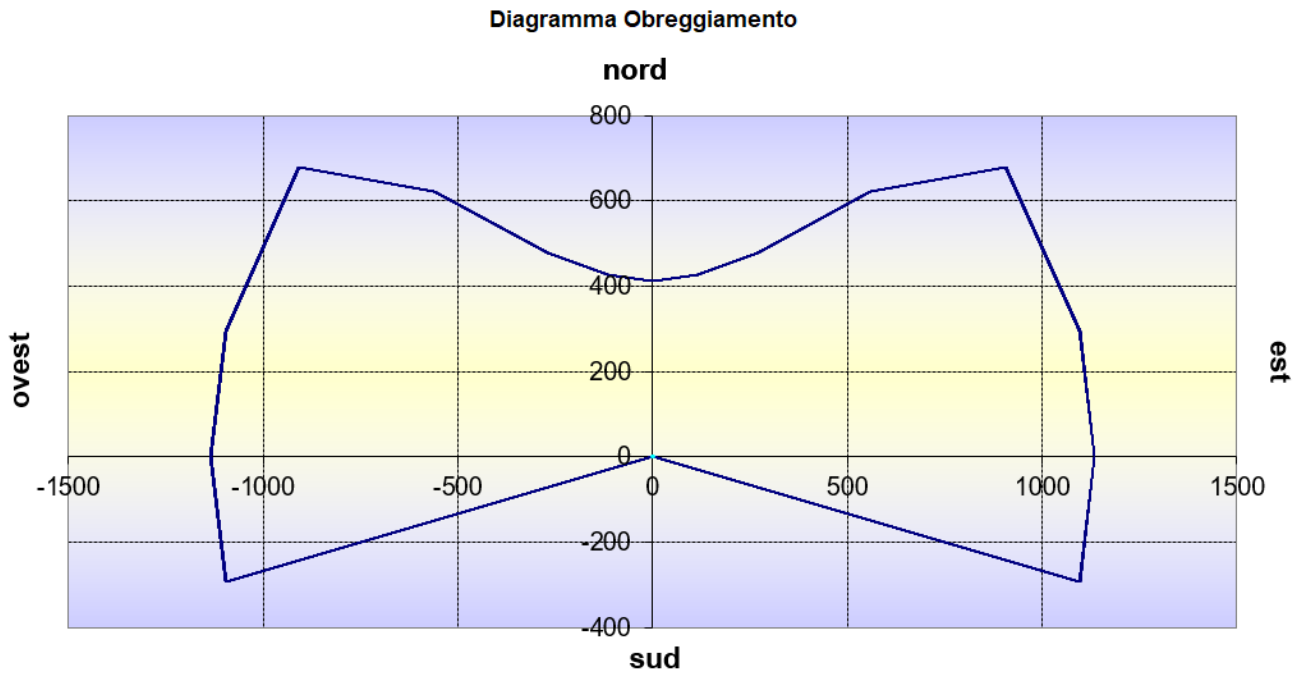


Figura 4-2: Diagramma di ombreggiamento della zona di Bari (angolo limite 10°)

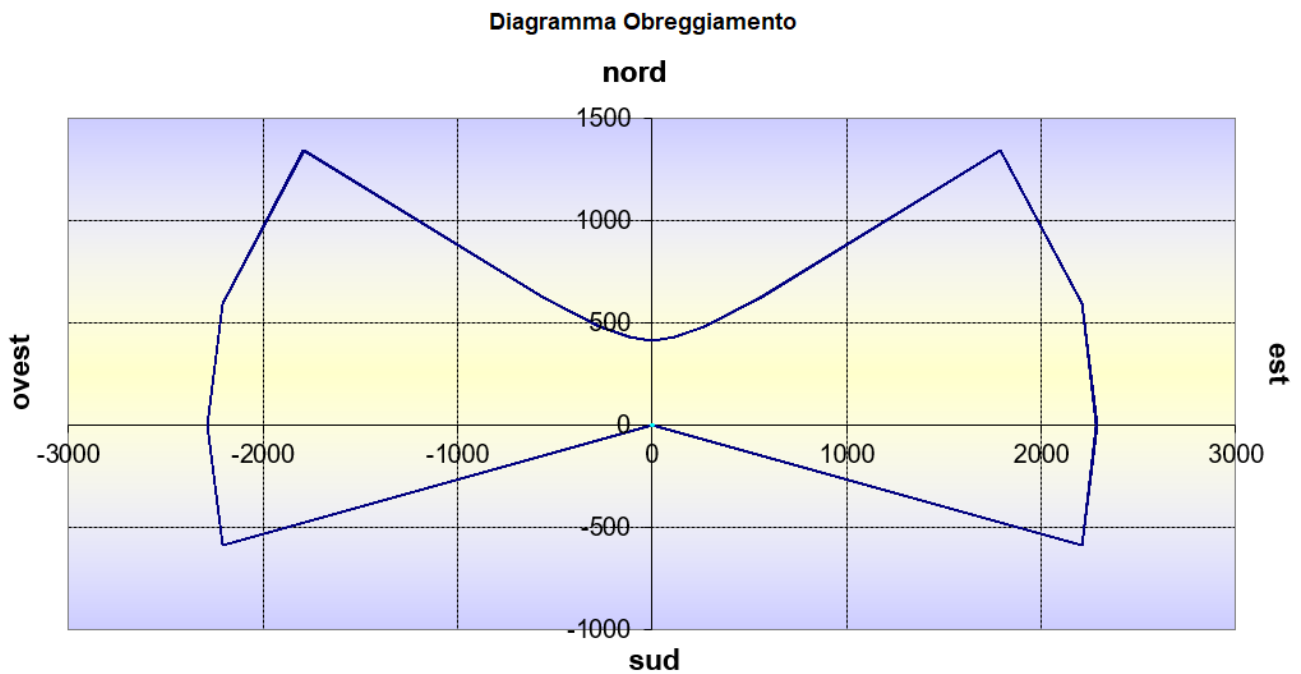


Figura 4-3: Diagramma di ombreggiamento della zona di Bari (angolo limite 5°)

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 SAN, 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.

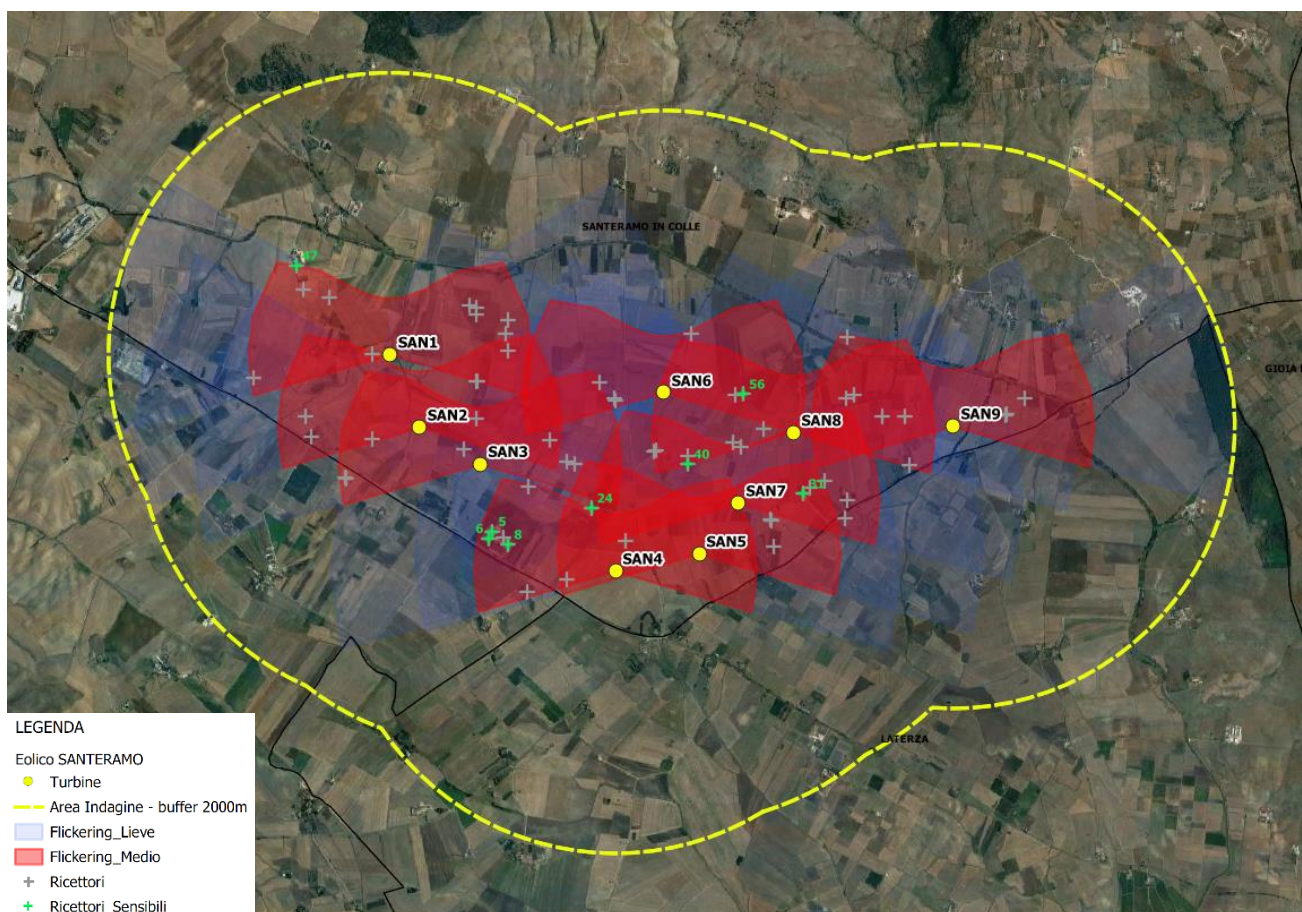


Figura 4-4: Individuazione dei ricettori sensibili nell'area di indagine – cfr. All.01

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.

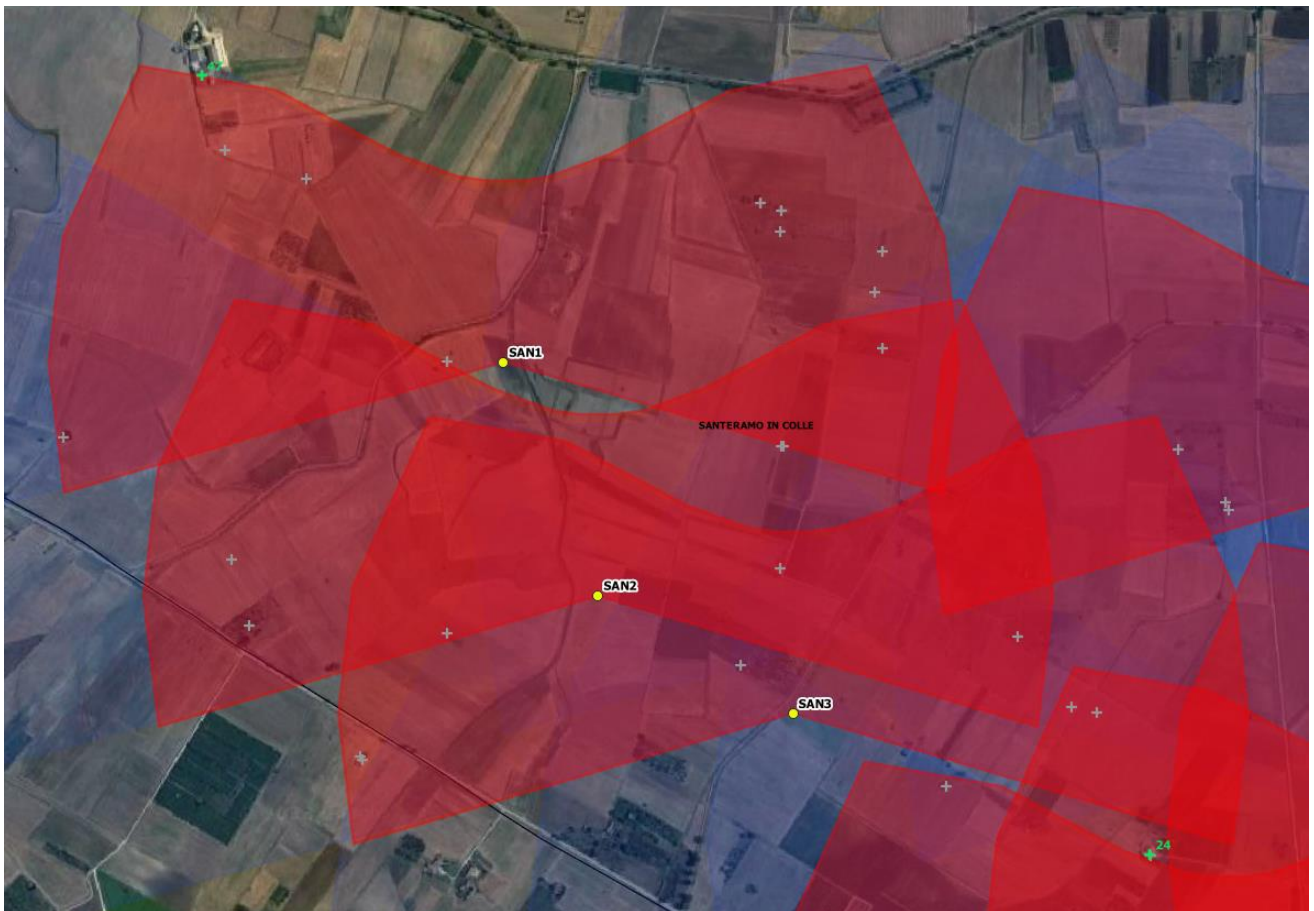


Figura 4-5: Effetto delle turbine SAN01-02-03

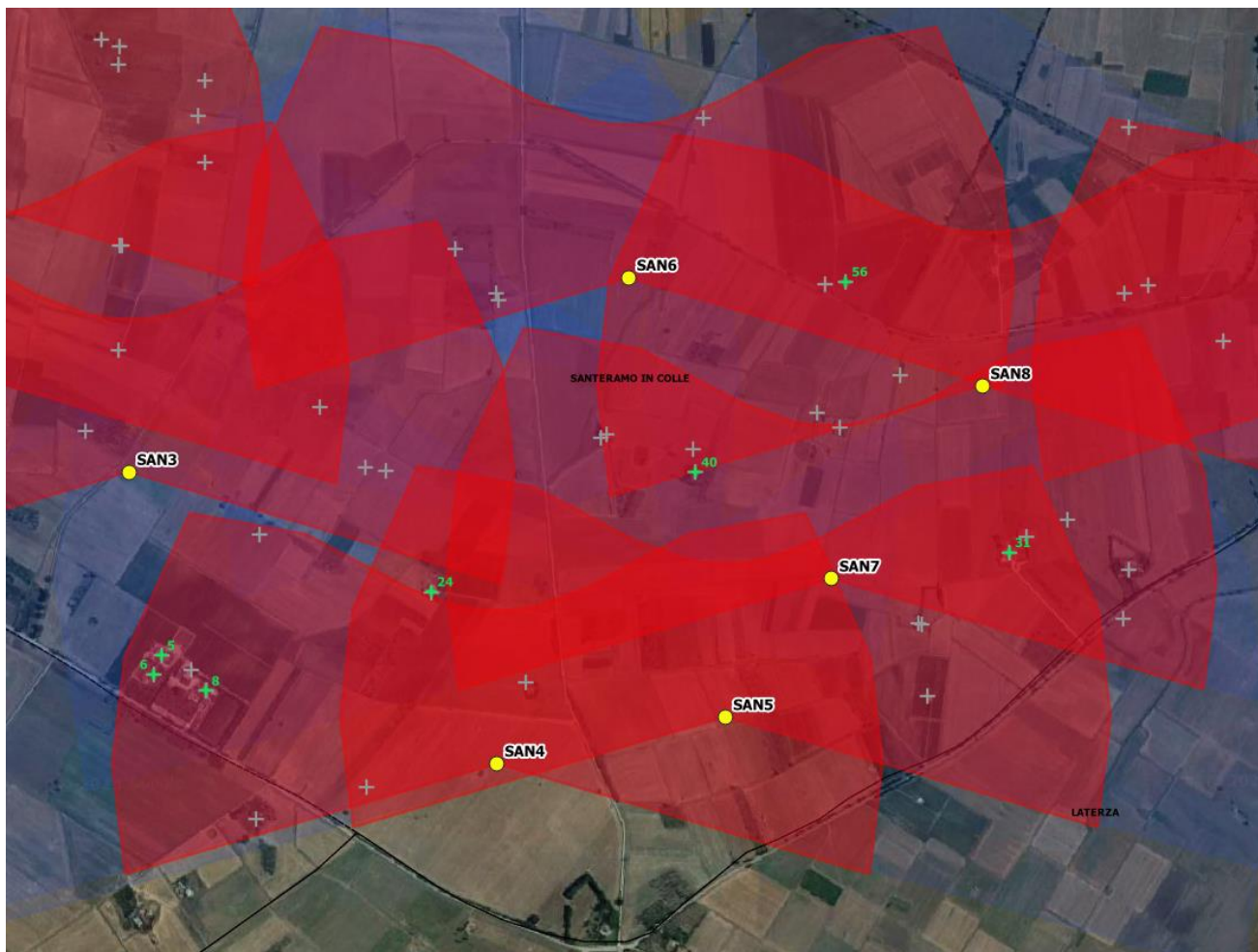


Figura 4-7: Effetto delle turbine SAN 04-05-06-07

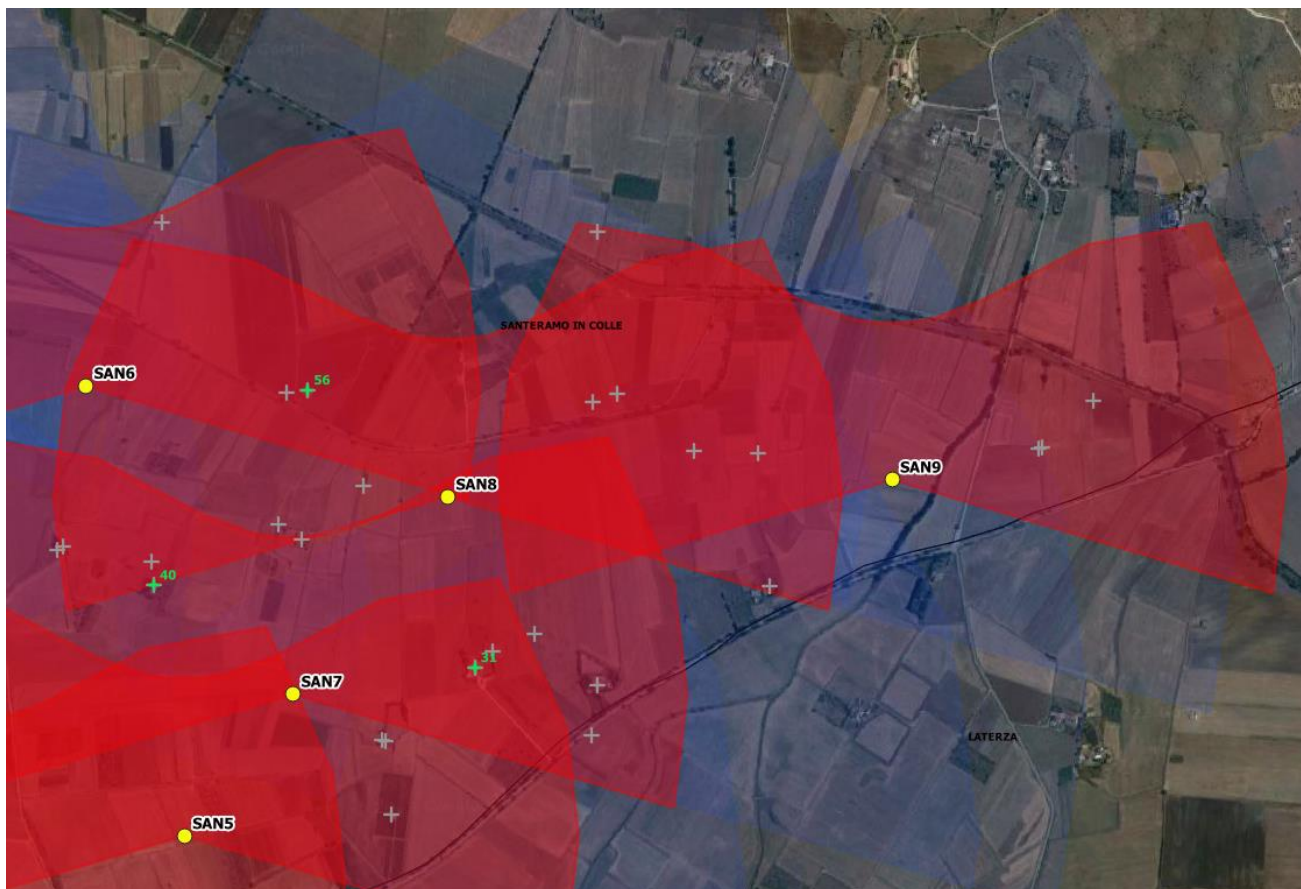


Figura 4-7: Effetto delle turbine SAN 08-09

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	DISTANZA minima dalle TURBINE
1	SANTERAMO IN COLLE	103	42	Non Accatastato	
2	SANTERAMO IN COLLE	103	503	C2	
3	MATERA	20	442	F2	
4	MATERA	20	443	F2	
5	SANTERAMO IN COLLE	107	247	D10 - A4	550 m dalla Turbina SAN3
6	SANTERAMO IN COLLE	107	389	D10 - A4	590 m dalla Turbina SAN3
7	SANTERAMO IN COLLE	107	367	D10 - F3	
8	SANTERAMO IN COLLE	107	328	D10 - F3 - A3	720 m dalla Turbina SAN3
9	SANTERAMO IN COLLE	103	210	Non Accatastato	
10	SANTERAMO IN COLLE	104	212	A7	
11	SANTERAMO IN COLLE	104	213	D10	
12	SANTERAMO IN COLLE	104	215	C2	
13	SANTERAMO IN COLLE	104	228	C2	
14	SANTERAMO IN COLLE	104	223	C2	
15	SANTERAMO IN COLLE	104	217	C2	
16	SANTERAMO IN COLLE	104	203	Non Accatastato	
17	SANTERAMO IN COLLE	104	206	C2	
18	SANTERAMO IN COLLE	104	219	C2	
19	SANTERAMO IN COLLE	104	227	C2 - F2	
20	SANTERAMO IN COLLE	107	386	C2	
21	SANTERAMO IN COLLE	107	371	F2	
22	SANTERAMO IN COLLE	107	422	F2	
23	SANTERAMO IN COLLE	107	368	D10	
24	SANTERAMO IN COLLE	107	393	C2 - A4	550 m dalla Turbina SAN4
25	SANTERAMO IN COLLE	107	396	D10	
26	MATERA	20	460	F2	
27	SANTERAMO IN COLLE	107	415	F6	
28	SANTERAMO IN COLLE	108	768	C2	
29	SANTERAMO IN COLLE	108	725	F2	
30	SANTERAMO IN COLLE	108	720	C2	
31	SANTERAMO IN COLLE	108	765	D8 - A3	525 m dalla Turbina SAN7
32	SANTERAMO IN COLLE	108	738	D10	
33	SANTERAMO IN COLLE	108	670	F2	
34	SANTERAMO IN COLLE	110	218	F2	
35	SANTERAMO IN COLLE	108	671	C2 - C6 - A6	
36	SANTERAMO IN COLLE	109	177	C2 - C6	
37	SANTERAMO IN COLLE	109	165	D10	
38	SANTERAMO IN COLLE	108	773	F2	
39	SANTERAMO IN COLLE	108	730	C2 - F2	
40	SANTERAMO IN COLLE	108	586	A7	510 m dalla Turbina SAN7
41	SANTERAMO IN COLLE	108	711	F2	
42	SANTERAMO IN COLLE	107	403	F2	
43	SANTERAMO IN COLLE	107	360	C2 - F2	
44	LATERZA	4	123	Non Accatastato	
45	SANTERAMO IN COLLE	107	362	D10	
46	SANTERAMO IN COLLE	108	715	C2	
47	SANTERAMO IN COLLE	103	470	D1 - D10 - F5 - A2	1050 m dalla Turbina SAN1
48	SANTERAMO IN COLLE	103	53	Non Accatastato	
49	SANTERAMO IN COLLE	104	231	C2	
50	SANTERAMO IN COLLE	104	220	Non Accatastato	
51	SANTERAMO IN COLLE	104	221	C2	
52	SANTERAMO IN COLLE	108	721	D10	
53	SANTERAMO IN COLLE	108	731	D10	
54	SANTERAMO IN COLLE	108	705	D10	
55	SANTERAMO IN COLLE	108	735	C2	
56	SANTERAMO IN COLLE	108	758	A4 - F1 - F2 - C6 - C2	500 m dalla Turbina SAN8
57	SANTERAMO IN COLLE	105	208	Non Accatastato	
58	SANTERAMO IN COLLE	108	707	D10	
59	SANTERAMO IN COLLE	108	682	C2	
60	SANTERAMO IN COLLE	109	162	D10	
61	SANTERAMO IN COLLE	110	216	D10	
62	SANTERAMO IN COLLE	110	220	F2	

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: 5-6-8-24-31-40-47-56, tutti i ricettori sono posti a distanze oltre i 500m** (distanza ben superiore ai 200 m indicati nel DM10/2010), come si evince dalla tabella precedente.

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 ricettori 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



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DENOMINATO "SANTERAMO IN COLLE" COSTITUITO DA 9 AEROGENERATORI CON POTENZA COMPLESSIVA DI 59,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI SANTERAMO IN COLLE (BA), LATERZA E CASTELLANETA (TA)

STUDIO degli Effetti di SHADOW-FLICKERING
INQUADRAMENTO SU ORTOFOTO

ALLO1

- LEGENDA**
- Eolico SANTERAMO
 - Turbine
 - Area Indagine - buffer 2000m
 - █ Flickering_Lieve
 - █ Flickering_Medio
 - + Ricettori
 - + Ricettori_Sensibili

ID	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	CAT. FABBRICATO	DISTANZA minima dalle TURBINE
1	SANTERAMO IN COLLE	103	42	Non Accatastato	
2	SANTERAMO IN COLLE	103	503	C2	
3	MATERA	20	442	F2	
4	MATERA	20	443	F2	
5	SANTERAMO IN COLLE	107	247	D10 - A4	550 m dalla Turbina SAN3
6	SANTERAMO IN COLLE	107	389	D10 - A4	500 m dalla Turbina SAN3
7	SANTERAMO IN COLLE	107	367	D10 - F3	
8	SANTERAMO IN COLLE	107	328	D10 - F3 - A3	720 m dalla Turbina SAN3
9	SANTERAMO IN COLLE	103	210	Non Accatastato	
10	SANTERAMO IN COLLE	104	212	Non Accatastato	
11	SANTERAMO IN COLLE	104	213	D10	
12	SANTERAMO IN COLLE	104	215	C2	
13	SANTERAMO IN COLLE	104	228	C2	
14	SANTERAMO IN COLLE	104	223	C2	
15	SANTERAMO IN COLLE	104	217	C2	
16	SANTERAMO IN COLLE	104	203	Non Accatastato	
17	SANTERAMO IN COLLE	104	206	C2	
18	SANTERAMO IN COLLE	104	219	C2	
19	SANTERAMO IN COLLE	104	227	C2 - F2	
20	SANTERAMO IN COLLE	107	385	C2	
21	SANTERAMO IN COLLE	107	371	F2	
22	SANTERAMO IN COLLE	107	422	F2	
23	SANTERAMO IN COLLE	107	368	D10	
24	SANTERAMO IN COLLE	107	393	C2 - A4	550 m dalla Turbina SAN4
25	SANTERAMO IN COLLE	107	396	D10	
26	MATERA	20	460	F2	
27	SANTERAMO IN COLLE	107	415	F6	
28	SANTERAMO IN COLLE	108	768	C2	
29	SANTERAMO IN COLLE	108	725	F2	
30	SANTERAMO IN COLLE	108	720	C2	
31	SANTERAMO IN COLLE	108	765	DE - A3	525 m dalla Turbina SAN7
32	SANTERAMO IN COLLE	108	738	D10	
33	SANTERAMO IN COLLE	108	670	F2	
34	SANTERAMO IN COLLE	110	218	F2	
35	SANTERAMO IN COLLE	108	671	C2 - C6 - A6	
36	SANTERAMO IN COLLE	109	177	C2 - C6	
37	SANTERAMO IN COLLE	109	165	D10	
38	SANTERAMO IN COLLE	108	775	F2	
39	SANTERAMO IN COLLE	108	730	C2 - F2	
40	SANTERAMO IN COLLE	108	386	A4	510 m dalla Turbina SAN7
41	SANTERAMO IN COLLE	108	111	F2	
42	SANTERAMO IN COLLE	107	403	F2	
43	SANTERAMO IN COLLE	107	250	C2 - F2	
44	LATERZA	4	123	Non Accatastato	
45	SANTERAMO IN COLLE	107	369	D10	
46	SANTERAMO IN COLLE	108	715	C2	
47	SANTERAMO IN COLLE	103	670	D1 - D10 - F5 - A2	1050 m dalla Turbina SAN1
48	SANTERAMO IN COLLE	104	53	Non Accatastato	
49	SANTERAMO IN COLLE	104	231	Non Accatastato	
50	SANTERAMO IN COLLE	104	230	Non Accatastato	
51	SANTERAMO IN COLLE	104	221	C2	
52	SANTERAMO IN COLLE	108	721	D10	
53	SANTERAMO IN COLLE	108	721	D10	
54	SANTERAMO IN COLLE	108	705	D10	
55	SANTERAMO IN COLLE	108	735	C2	
56	SANTERAMO IN COLLE	108	758	A4 - F2 - C2 - D10	500 m dalla Turbina SAN8
57	SANTERAMO IN COLLE	105	208	Non Accatastato	
58	SANTERAMO IN COLLE	108	707	D10	
59	SANTERAMO IN COLLE	108	682	C2	
60	SANTERAMO IN COLLE	109	182	D10	
61	SANTERAMO IN COLLE	110	216	D10	
62	SANTERAMO IN COLLE	110	200	F2	

