

# PARCO EOLICO "MONTE ARGENTU"

COMUNE DI NURRI

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA (SU)



## STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

**Elaborato:**

*ELABORAZIONI SIA*

**STUDIO PREVISIONALE PER LA VALUTAZIONE DELLE INTERFERENZE  
CON LE TELECOMUNICAZIONI**

Codice elaborato:  
**NU\_SIA\_A013**

Data: Gennaio 2023

**Il committente:** Sardeolica s.r.l.

**Coordinamento:** FAD SYSTEM SRL - Società di ingegneria

*Dott. Ing. Ivano Distinto*

*Dott. Ing. Carlo Foddis*

**Elaborazione SIA:**

*Dott. Ing. Bruno Manca*

**Elaborato a cura di:**

Prof. Ing. Giuseppe Mazzarella

Prof. Ing. Emilio Ghiani

rev.	data	descrizione revisione	rev.	data	descrizione revisione
00	18/10/2021	Emissione per consegna			
01	30/01/2023	Revisione con riduzione numero aerogeneratori			

**"MONTE ARGENTU"**  
**PARCO EOLICO DI MONTE ARGENTU NEL COMUNE DI NURRI (SU)**  
**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**



**STUDIO PREVISIONALE PER LA VALUTAZIONE DELLE INTERFERENZE  
CON LE TELECOMUNICAZIONI**

Elaborato da:



**DIEE – Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica - Università di Cagliari**

**Prof. Ing. Giuseppe Mazzarella – Prof. Ing. Emilio Ghiani**

2	08/02/23	Revisione Progetto	DIEE	Sardeolica	Sardeolica
1	10/07/21	Emissione per procedura di VIA	DIEE	Sardeolica	Sardeolica
Rev.	Data	Descrizione	Red.	Contr.	Appr.



Sede Amministrativa  
I-20122 Milano  
Galleria Passarella 2  
Tel. +39 02 77371  
Fax +39 02 7737209

Sede Legale  
Sesta Strada Ovest  
Z.I. Macchiareddu  
I-09068 Uta (CA)  
Tel. +39 070 24661780  
Fax +39 070 24661211

Stabilimento  
Parchi Eolici di Ulassai  
S.P. 13, km.11+500  
I-08040 Ulassai (NU)  
Tel. +39 3297518302  
Fax +39 078240594

Cap. Soc. € 56.696.00 int. vers.  
Reg. Imprese di Cagliari e  
Cod. Fisc. IT 01953460902  
Società appartenente al Gruppo IVA  
P. IVA 03868280920  
sardeolica@pec.grupposaras.it  
comunicazioni.sardeolica@pec.grupposaras.it



EN ISO 9001  
20 100 121257604  
EN ISO 14001  
20 104 121257607  
EN ISO 18001  
20 116 121257606  
EN ISO 50001  
1A270173002575

## **INDICE**

PREMESSA .....	2
1. LOCALIZZAZIONE E CARATTERISTICHE GENERALI DEL PROGETTO .....	3
1.1 Parco Eolico "Monte Argentu" .....	3
1.2 Aerogeneratori.....	4
2. SISTEMI TLC INDIVIDUATI NELL'AREA DI PROGETTO .....	5
3. SPECIFICHE TECNICHE E MODELLIZZAZIONE PER LO STUDIO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI .....	10
3.1 Premessa .....	10
3.2 Valutazione della Radar Cross Section (RCS).....	10
3.3 Analisi tecnica .....	14
4. CONCLUSIONI DELLO STUDIO .....	15

## **PREMESSA**

La presente relazione tecnica riguarda lo studio previsionale per la valutazione delle interferenze con le telecomunicazioni, relativamente al progetto denominato "MONTE ARGENTU" relativo al progetto di un parco eolico comune di Nurri (SU) che prevede la realizzazione di n. 6 Aerogeneratori della potenza di 6 MW per una potenza complessiva dell'impianto di 36 MW.

Nello specifico, è obbiettivo dello studio la valutazione dell'effetto degli aerogeneratori sul campo incidente nella zona di servizio, proveniente dai ripetitori presenti nello spazio circostante all'area in cui è prevista la realizzazione del nuovo impianto eolico. Questo effetto si manifesta nell'aggiunta al campo preesistente del campo diffuso dalle torri eoliche previste in progetto. In questa analisi va ricordato che il campo della sorgente primaria (il ripetitore) risulta inversamente proporzionale alla distanza, e quello diffuso risulta inversamente proporzionale al prodotto della distanza ripetitore-torre e della distanza torre-zona di servizio. Quindi, ai fini dello studio, ha interesse considerare solo i ripetitori vicini al parco eolico, in particolare sono stati considerati i ripetitori presenti entro 20 km dall'area di progetto.

Quindi a partire dalle valutazioni del campo nelle due situazioni (con e senza parco eolico), la relazione intende determinare se esista un effetto dovuto al parco eolico sulla copertura dei sistemi di telecomunicazione (e.g. trasmissioni televisive, radio, ecc) nell'area interessata al progetto e se questo possa dare effetti di interferenza peggiorativi sulla qualità del servizio trasmesso.

I nuovi aerogeneratori del progetto "MONTE ARGENTU" sono previsti in territorio di Nurri, saranno elettricamente collegati in entra esce e raggruppati in sottocampi con cavi in Media Tensione (30 kV) per il successivo collegamento alla stazione di utenza (30/150 kV) che convoglierà poi l'energia prodotta dal parco eolico, tramite trasformatori MT/AT, alla limitrofa stazione di rete AT (150 kV) di titolarità di Terna, denominata "Nurri" sita nel comune di Nurri.

## 1. LOCALIZZAZIONE E CARATTERISTICHE GENERALI DEL PROGETTO

### 1.1 Parco Eolico “Monte Argentu”

Il parco eolico del progetto “Monte Argentu” ricade nel comune di Nurri e sarà costituito da n° 6 generatori eolici la cui ubicazione definitiva è qualitativamente illustrata in Figura 1, e i cui dati altimetrici sono indicati in Tabella 1.



Figura 1 - Ubicazione dell’impianto eolico “Monte Argentu” in progetto

Tabella 1 - Coordinate geografiche installazione aerogeneratori progetto “Monte Argentu”

WTG	Geografiche WGS84		Quota di progetto installazione WTG	Tipologia WTG	HH hub	MW
	Est	Nord				
N05	9°11'34.10"	39°39'32.43"	471	V162	HH125	6
N06	9°11'28.42"	39°39'57.00"	509	V162	HH125	6
N07	9°11'35.00"	39°40'21.28"	444	V162	HH125	6
N08	9°11'58.10"	39°40'37.97"	478	V162	HH125	6
N09	9°12'22.59"	39°40'29.32"	462	V162	HH125	6
N10	9°12'57.10"	39°40'31.87"	480	V162	HH119	6

## 1.2 Aerogeneratori

L'aerogeneratore ipotizzato per le valutazioni progettuali è stato scelto tra quelli maggiormente efficienti e sofisticati presenti attualmente sul mercato. In particolare si è preso come riferimento l'aerogeneratore di tipologia Vestas V162 da 6 MW (Figura 2).

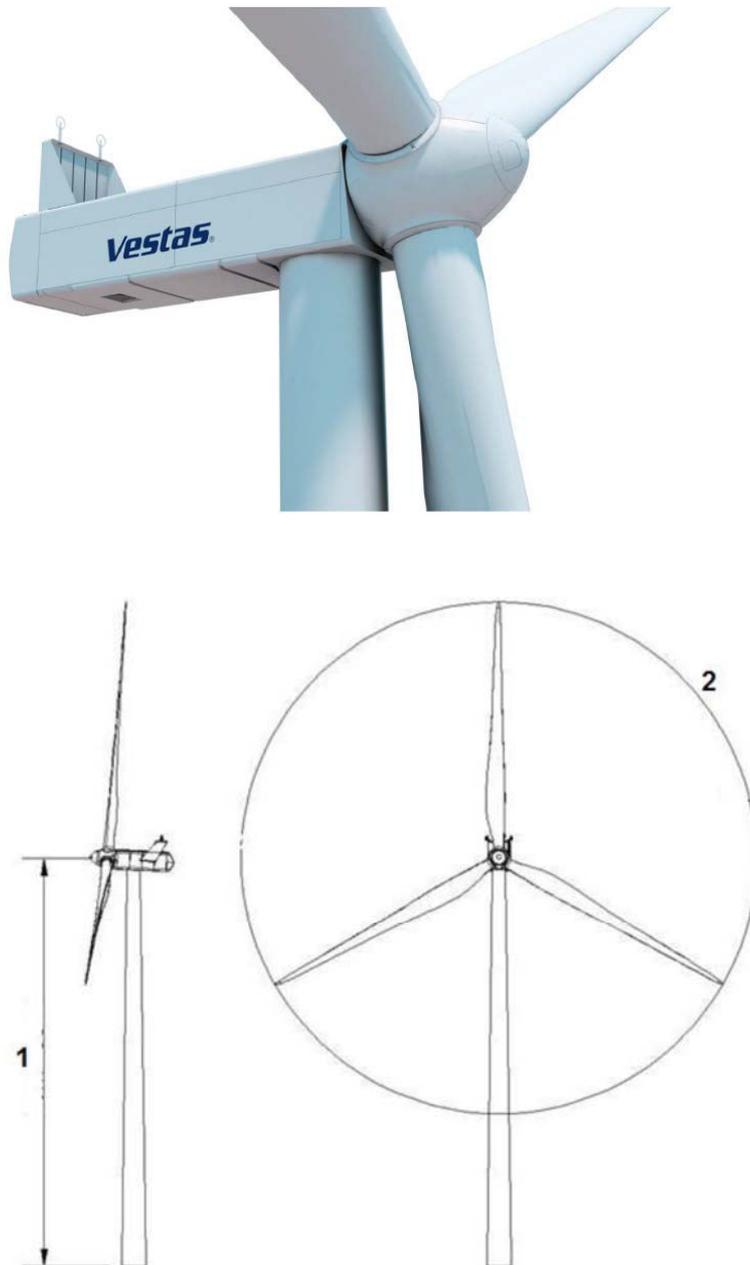


Figura 2 – Aerogeneratore tipo Vestas V162 da 6 MW con altezza al mozzo di 125/119 m,  
diametro alla base 4,5 m, diametro al mozzo 4,15 m.

## 2. SISTEMI TLC INDIVIDUATI NELL'AREA DI PROGETTO

Al fine di procedere alla valutazione delle interferenze con le telecomunicazioni si è proceduto preliminarmente a censire tutte le sorgenti presenti in prossimità dell'impianto eolico, in particolare si è proceduto a individuare il numero e posizione degli impianti riceventi e trasmettenti presenti entro il raggio di 20 km dall'area del sito di realizzazione del parco eolico.

Le emittenti di diffusione Radio TV e gli impianti sono stati individuati mediante una ricerca di prossimità, mediante accesso al pubblico registro impianti di diffusione dell'A.G.COM. e il Catasto Nazionale delle Frequenze Radiotelevisive (CNF), nonché' utilizzando le informazioni presenti nel sito di pubblico accesso sardegnahertz.it.

Le caratteristiche degli apparati per TLC presenti nell'area entro 20 km dal sito del parco eolico sono i seguenti indicati in Figura 3 e in Tabella 2.

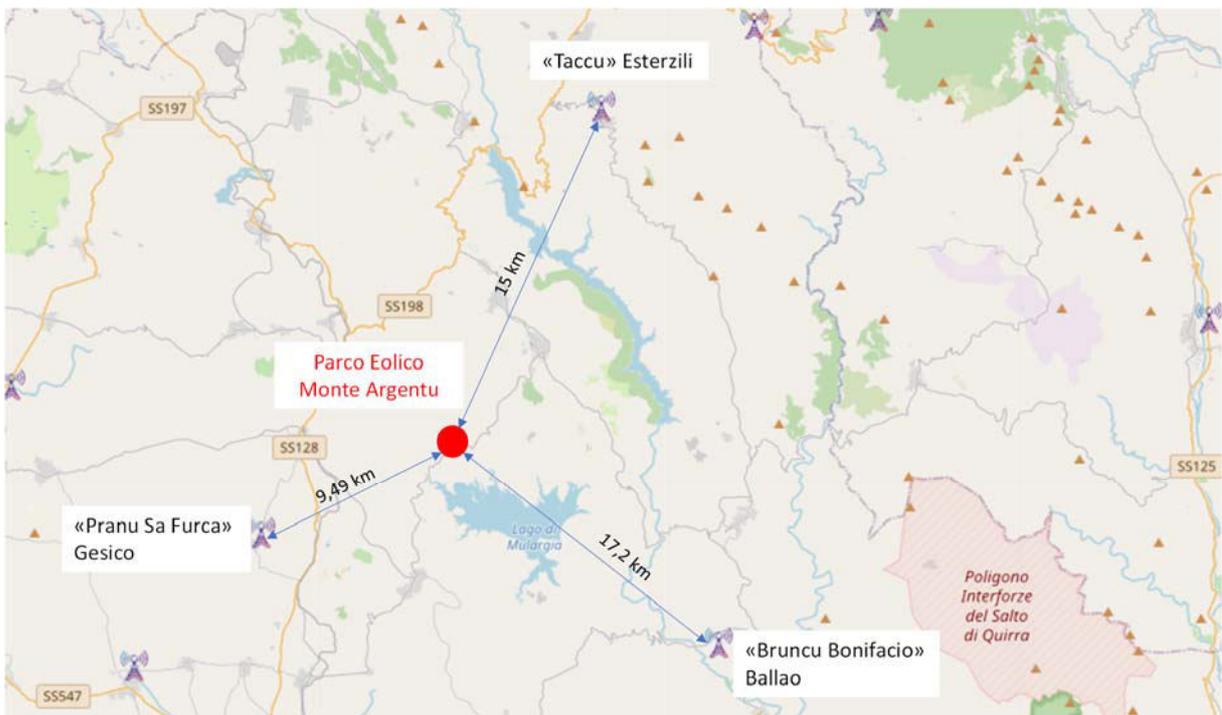


Figura 3 – Apparati TLC presenti entro 20 km dall'area di impianto

Tabella 2 - Apparati TLC entro 20km dell'area di progetto

OPERATORE	ID IMPIANTO	TIPO	UBICAZIONE	LAT.	LONG.	ALT. (m slm)	CANALE	FREQ. C.	BOUQUET	ERP MAX H
RAI - RADIOTELEVISIONE ITALIANA S.P.A.	CNF125652	TD	PRANU"SA" Furca - GESICO	39N3644	09E0638	351	5	177,500	DVM1-CA	4 dBW
RAI - RADIOTELEVISIONE ITALIANA S.P.A.	CNF125609	TD	BRUNCU BONIFACIO - BALLAO	39N3409	09E2025	340	11	219,500	DVM1-CA	6 dBW
VIDEOLINA S.P.A.	CNF104155	TD	TACCU - ESTERZILI	39N4649	09E1652	730	36	594,000	VIDEOLINA	14dbW

Nelle figure seguenti sono inoltre illustrati i profili altimetrici nelle diverse direttrici verso il parco eolico.

Nella Figura 4 è mostrato il profilo altimetrico della direttrice "Pranu Sa Furca" - Gesico - Parco Monte Argentu; il punto di installazione del ripetitore di Pranu Sa Furca è a circa 350 m s.l.m., mentre l'aerogeneratore all'altezza maggiore si trova a circa 510 m s.l.m..



Figura 4 – Profilo altimetrico direttrice "Pranu Sa Furca" - Gesico - Parco Monte Argentu

Nella Figura 5 è mostrato il profilo altimetrico della direttrice "Taccu" (Esterzili) - Parco Monte Argentu, dove si evidenzia la posizione del ripetitore "Taccu" a circa 760m s.l.m.



Figura 5 – Profilo altimetrico direttrice "Taccu" (Esterzili) - Parco Monte Argentu

Nella Figura 6 è mostrato il profilo altimetrico della direttrice verso Bruncu Bonifacio dove è installato il ripetitore a circa 340 m s.l.m..



Figura 6 – Profilo altimetrico direttrice "Bruncu Bonifacio" (Ballao) - Parco Monte Argentu

Sono inoltre rappresentati i 3 diagrammi di irradiazione dei ripetitori considerati, con evidente diagramma di emissione orientati verso le aree di copertura in cui sono presenti centri abitati, e in direzione opposta a quella del parco Eolico.

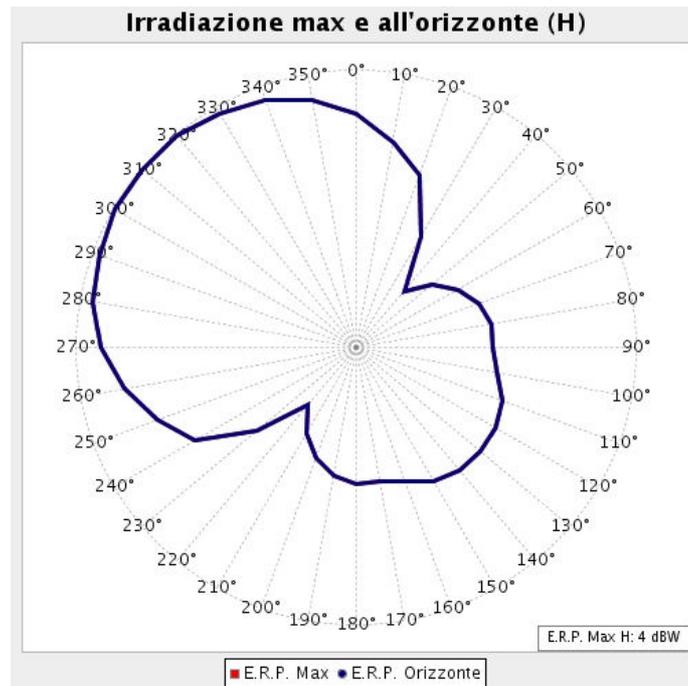


Figura 7 – Diagramma di irradiazione ripetitore "Pranu Sa Furca"

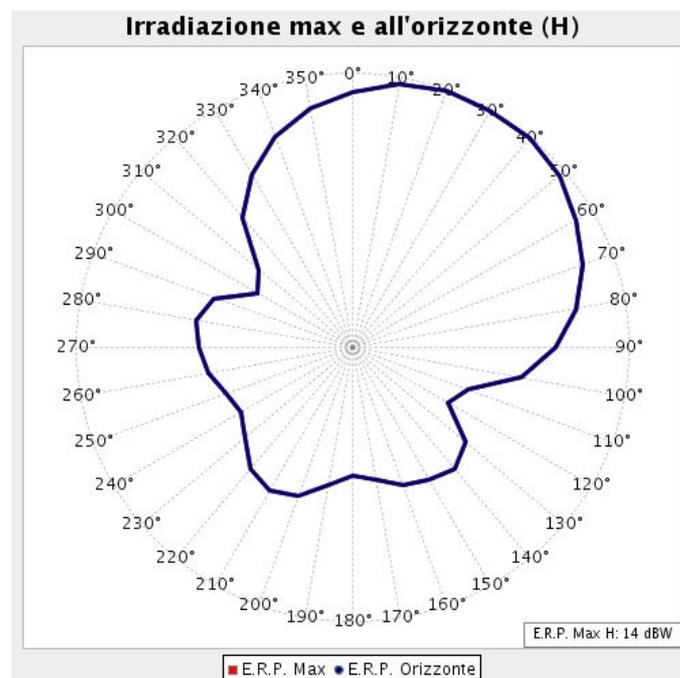


Figura 8 – Diagramma di irradiazione ripetitore "Taccu" (Esterzili)

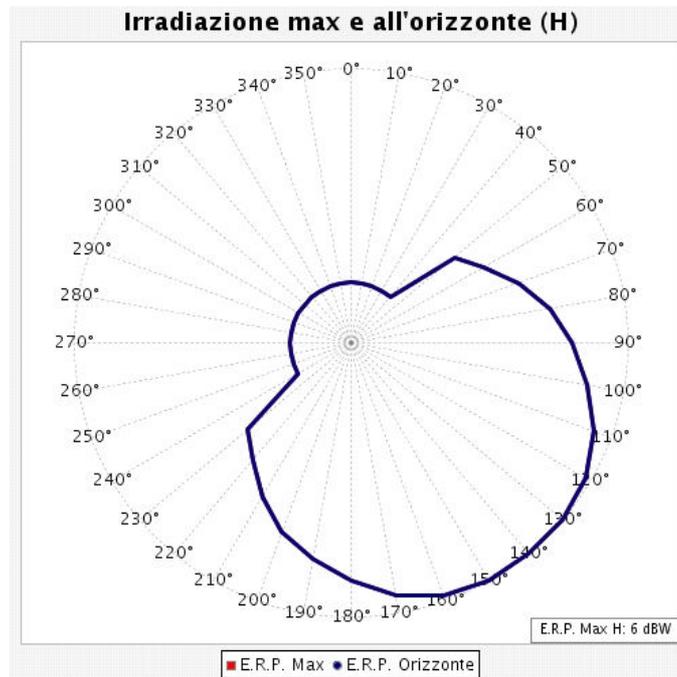


Figura 9 – Diagramma di irradiazione ripetitore "Bruncu Bonifacio" (Ballao)

Dalla analisi dei diagrammi di irradiazione delle fig. 7-9 risulta evidente come l'erigendo parco eolico non interferisca affatto con i servizi forniti dai ripetitori di Tabella 2.

Poiché nessuno degli impianti di Tabella 2 serve gli altri paesi intorno all'erigendo parco (Nurri, Serri, Escolca, Gergei, Isili), evidentemente questi centri abitati sono serviti da impianti posti più lontano, e in particolare da quelli di Punta Serpeddì, posto a circa 35 km di distanza dal parco. Nonostante la distanza, la geometria relativa delle direzioni di servizio e dell'erigendo parco (Figura 10) suggerisce di verificare l'eventuale presenza di interferenza.

Si noti che a Punta Serpeddì (che è uno dei siti principali di trasmissione) sono allocati servizi che coprono tutto lo spettro allocato al segnale televisivo (da 150 MHz a 600 MHz). Pertanto le analisi verranno fatte alle due frequenze estreme e ad alcune frequenze intermedie.

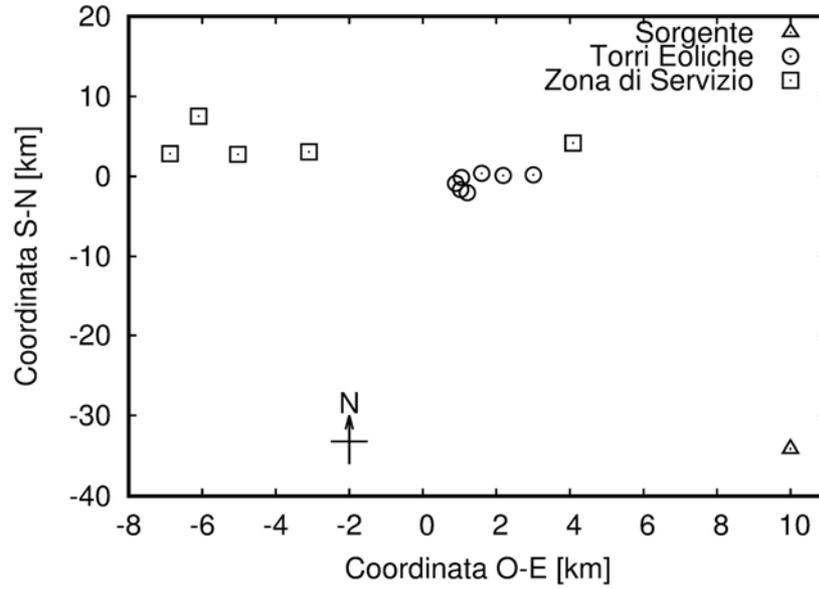


Figura 10 – Geometria relativa del trasmettitore di Punta Serpeddì, delle torri del parco eolico di Monte Argentu e dei comuni dell'area del parco serviti da Punta Serpeddì (Nurri, Serri, Escolca, Gergei e Isili)

### 3. SPECIFICHE TECNICHE E MODELLIZZAZIONE PER LO STUDIO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

#### 3.1 Premessa

Esistono un significativo numero di tecniche di analisi elettromagnetica, sia di tipo modellistico, sia di tipo full-wave, che, in linea di principio, sono applicabili al problema in esame. Queste tecniche si differenziano per

- accuratezza;
- range di validità;
- precisione richiesta ai dati del problema;
- carico computazionale.

Indicando con "dati del problema" l'insieme di tutte le informazioni necessarie ad analizzare il problema, in questo caso di studio alcuni di questi dati potrebbero essere del tutto non noti (ad es., la costante dielettrica del terreno in tutta la zona di interesse) o noti con errori che potrebbero diventare significativi (l'altezza di una torre eolica può variare anche di alcuni cm a causa delle variazioni di temperatura, variazione che è una frazione significativa della lunghezza d'onda). Pertanto è buona pratica ingegneristica di fare delle analisi preliminari per valutare, in particolare, i parametri effettivamente significativi per il risultato finale. Occorre infatti considerare che la dimensione della regione di interesse è superiore a 10 km, enormemente più grande della lunghezza d'onda (che varia da 50 cm a 2 m circa nelle bande televisive), e questo limita le possibili tecniche full-wave al solo metodo dei momenti<sup>1</sup>, in cui solo gli oggetti di interesse vengono discretizzati. Tuttavia anche questi ultimi sono significativamente più grandi della lunghezza d'onda (le torri sono in genere alte ben oltre i 100 m), e quindi una soluzione diretta col metodo dei momenti risulta sostanzialmente inapplicabile.

#### 3.2 Valutazione della Radar Cross Section (RCS)

In prima approssimazione, il contributo diffuso dalle torri del parco eolico in progetto può essere calcolato approssimando la torre metallica con un cilindro metallico

---

<sup>1</sup> Harrington R.F. - Field Computation by Moment Methods - IEEE Press 1993

conduttore perfetto e perfettamente liscio<sup>2</sup>, e valutando il campo diffuso mediante l'approssimazione di ottica fisica<sup>3</sup> (PO). Questa approssimazione consente di calcolare semplicemente e con buona precisione le correnti indotte su oggetti metallici di dimensioni grandi rispetto alla lunghezza d'onda. Una volta note le correnti, il campo si ottiene come convoluzione di queste correnti con la funzione di Green (risposta impulsiva spaziale) di spazio libero. Per punti a grande distanza questo integrale può poi essere valutato asintoticamente. L'approssimazione di campo lontano non è completamente accettabile e questo si traduce in una riduzione del valore massimo del campo diffuso con conseguente allargamento del diagramma di diffusione. Ne segue pertanto che supporre le zone di servizio in campo lontano del parco eolico fornisce una sopravvalutazione del campo diffuso, che è quindi accettabile costituendo un worst case.

Poiché il raggio medio della torre del generatore è di poco superiore ai 2 m, l'approssimazione di ottica fisica è sicuramente accurata nelle bande televisive IV e V, che hanno frequenze nella parte bassa della gamma UHF e lunghezze d'onda inferiori a 80 cm. Per la banda III, in VHF, la lunghezza d'onda è intorno ai 2 m, per cui ci si attende una precisione inferiore nel piano orizzontale, mentre la precisione è sicuramente molto più elevata nel piano verticale, essendo l'altezza della torre superiore alle decine di lunghezze d'onda in tutti i casi.

La valutazione della diffusione da un cilindro come sopra descritto è nota in letteratura<sup>4</sup>. Il calcolo della diffusione viene basato sul concetto di Radar Cross Section (RCS), che è sostanzialmente il rapporto tra la densità di potenza diffusa e quella incidente sull'oggetto. E quindi consente di valutare immediatamente la relazione tra il campo in assenza dell'oggetto e quello diffuso dall'oggetto stesso.

---

<sup>2</sup> Ipotesi che fanno aumentare la diffusione del cilindro (worst-case).

<sup>3</sup> Stutzman W. L., Thiele G.A. - Antenna Theory and Design - John Wiley & Sons - 3rd Ed.2013, Sect. 16.14

<sup>4</sup> E.F. Knott et al., Radar Cross Section II ed., Scitech

Indicando con  $E_i$  il campo del ripetitore incidente sul cilindro, e con  $S_i$  la relativa densità di potenza, essa si può valutare mediante la (1):

$$S_i = \frac{1}{2\zeta} |E_i|^2 \quad (1)$$

Dove  $\zeta = 377 \Omega$ .

La densità di potenza diffusa  $S_d(\mathbf{R}, \Omega)$  dalla struttura (dipendente dalla direzione  $\Omega$  in cui la si osserva, e dipendente come  $R^{-2}$  dalla distanza  $R$  tra struttura e punto di osservazione) è proporzionale ad  $S_i$  e può essere espressa mediante la sezione radar  $\sigma(\Omega)$  della struttura tramite la (2):

$$S_d(R, \Omega) = \sigma(\Omega) \frac{S_i}{4\pi R^2} \quad (2)$$

Le torri eoliche sono strutture essenzialmente verticali, alte e snelle, e per esse la sezione radar ha un massimo molto pronunciato nella direzione che è il prolungamento della direzione da cui arriva il campo incidente.

Quindi è sufficiente valutare l'effetto solo per tale zona, dove la sezione radar (per un segnale di lunghezza d'onda  $\lambda$ ) di una struttura cilindrica verticale di raggio  $a$  e lunghezza  $L$  risulta, se valutata in approssimazione di Ottica Fisica (PO), pari a  $\sigma$  come dalla (3):

$$\sigma = \frac{4}{\pi} (\beta a)^2 L^2 \quad (3)$$

essendo  $\beta = 2\pi/\lambda$  e assumendo condizioni di campo lontano. Nel caso in esame le condizioni di campo lontano sono verificate nel piano orizzontale ma non in quello verticale. Tuttavia (grazie anche alla distanza elevata dalla sorgente) la vera RCS è solo di poco inferiore alla (3), che quindi viene usata come worst case.

D'altra parte, come si vede dalla Fig. 10, le direzioni del campo diffuso sono, nel piano orizzontale, molto discoste dalla direzione di incidenza sul parco, e questo riduce significativamente la RCS (mentre nel piano verticale tutti gli angoli, sia di incidenza, sia di arrivo, sono prossimi a  $90^\circ$ ). Pertanto si può utilizzare, per la RCS, la (4)

$$\sigma = \frac{4}{\pi} (\beta a)^2 f(\phi_s) L^2 \quad (4)$$

dove  $f(\phi_s)$  (con  $\phi_s$  definito dalla Figura 11) è un termine minore di 1, dato dalla Figura 12.

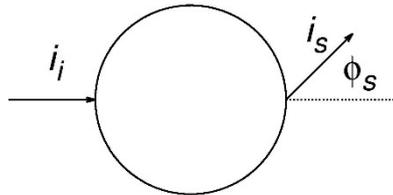


Figura 11 – Definizione dell'angolo  $\phi_s$  ( $i_i$  ed  $i_s$  sono rispettivamente la direzione da cui arriva il campo incidente e la direzione in cui si vuole valutare il campo diffuso).

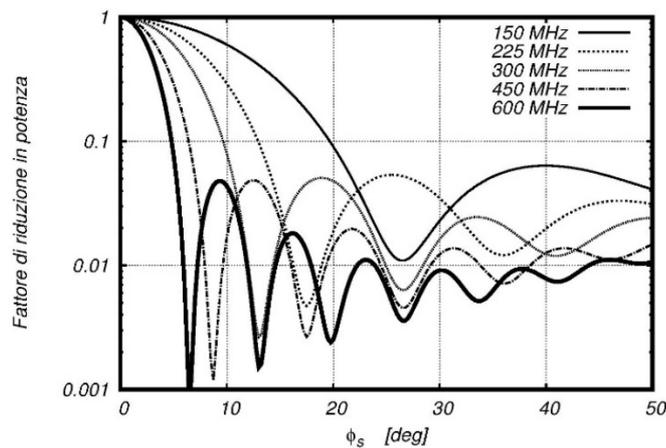


Figura 12 – Grafico del fattore  $f(\phi_s)$  di riduzione della RCS nella banda televisiva, per gli angoli di interesse in questo studio. Si noti che  $f(\phi_s)$  è una funzione pari dell'angolo.

Le distanze da Punta Serpeddì e dal parco eolico, e le direzioni  $\phi_s$  dei vari comuni di servizio sono indicati nella Tabella 3.

Tabella 3 – Zone Servite da punta Serpeddì

	Punta Serpeddì	Nurri	Serri	Escolca	Gergei	Isili
<b>Distanza sorgente (km)</b>		39	40	40	41	45
<b>Distanza parco (km)</b>	35	6.5	6	7.5	9	11.5
<b>Angolo</b>		-43 deg	26 deg	38 deg	45 deg	22 deg

### 3.3 *Analisi tecnica*

Per valutare la perturbazione prodotta da campo eolico, occorre verificare la potenza diretta nelle varie zone di servizio, data dalla (5)

$$S_0(R, \Omega) = \frac{\text{EIRP}}{4\pi R_0^2} \quad (5)$$

e confrontarla con la potenza diffusa dal parco eolico.

Assumendo che i campi delle varie torri siano incorrelati tra loro, la potenza diffusa dal parco è pari al prodotto del numero di torri (nel caso in esame pari a 6) e della potenza diffusa dalla singola torre, data dalla (2) che qui si richiama:

$$S_d(R, \Omega) = \sigma(\Omega) \frac{S_i}{4\pi R^2} \quad (2)$$

dove  $S_i$  è la potenza che incide sul parco eolico, data dalla (6)

$$S_i(R, \Omega) = \frac{\text{EIRP}}{4\pi R^2} \quad (6)$$

Tenendo conto della geometria complessiva, si trova che il rapporto C/I (segnale diretto diviso interferenza) risulta sempre superiore a 24 dB, con conseguenti effetti trascurabili sulla qualità del segnale ricevuto. Infatti la riduzione della ampiezza del campo presente nelle zone di servizio è sempre inferiore a 0.5 dB. Se poi si tenesse conto delle caratteristiche direzionali delle antenne televisive, il segnale interferente viene ulteriormente attenuato di almeno 3-4 dB entrando in antenna.

Come illustrato in Figura 13 il risultato è una riduzione della potenza disponibile sempre inferiore a 0.3 dB (ad eccezione del caso di Nurri, alle frequenze più elevate, in cui la riduzione è comunque non superiore a 0.4 dB), valore che garantisce la stessa qualità del segnale ottenibile dal segnale diretto.

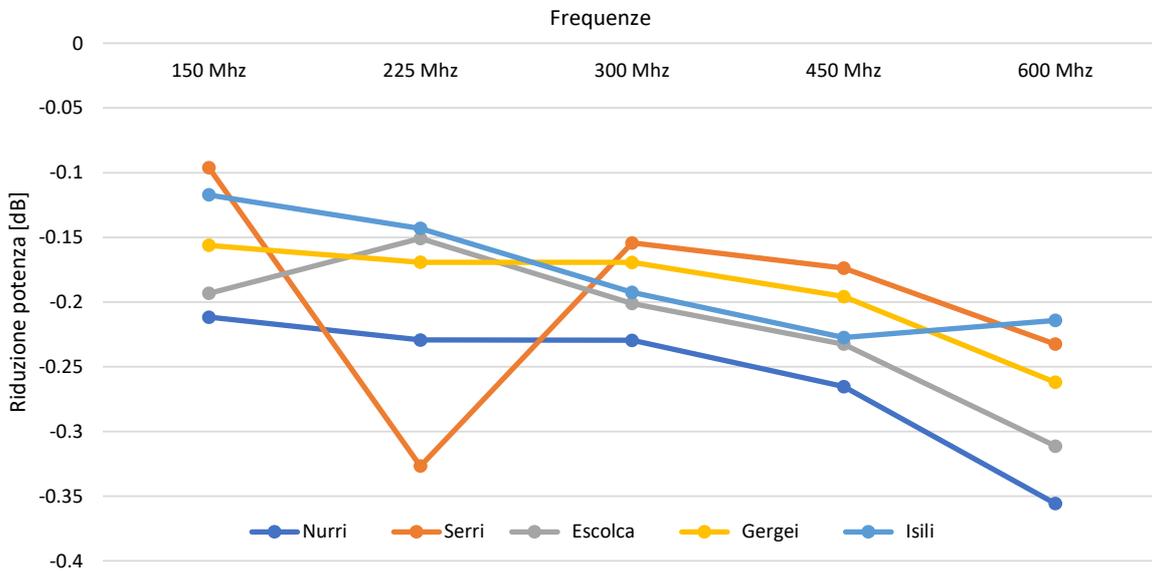


Figura 13 – Riduzione dalla potenza disponibile in antenna a seguito della realizzazione del parco eolico in progetto

## 4. CONCLUSIONI DELLO STUDIO

Questo studio ha valutato l'effetto della futura installazione del parco eolico di Monte Argentu nel comune di Nurri, sul servizio di broadcasting fornito ai comuni nell'area del parco eolico (comuni di Nurri, Serri, Escolca, Gergei, Isili, Gesico, Esterzili e Ballao).

I comuni di Gesico, Esterzili e Ballao sono serviti da ripetitori dedicati, che si trovano tra il parco eolico di Monte Argentu e il relativo abitato, per cui nessun effetto è prevedibile.

Gli altri cinque comuni sono serviti dai trasmettitori collocati nel sito di Punta Serpeddì. Nonostante la distanza tra il parco eolico e il sito di Punta Serpeddì, è possibile un effetto del parco sulla diffusione del segnale televisivo, che è stato valutato.

L'analisi worst case fatta mostra che la potenza disponibile in antenna è sempre molto simile a quella preesistente, con riduzione massima di 0.3 dB in quasi tutti i casi, e solo in un caso la riduzione arriva a 0.35 dB. Questa riduzione è molto piccola, e

quindi il segnale ricevuto presenta la stessa qualità sia in assenza, sia in presenza del parco eolico di Monte Argentu.

Dai risultati ottenuti ed illustrati nel presente documento si può concludere che sono da escludersi effetti di peggioramento della qualità del servizio televisivo nei centri abitati circostanti il parco eolico in progetto.

Cagliari, 08.02.2023

I professionisti

**Prof. Ing. Giuseppe Mazzarella**

**Prof. Ing. Emilio Ghiani**