



Green Power

Engineering & Construction



CONSULENZA  
E PROGETTI

GRE CODE

GRE.EEC.R.26.IT.W.15067.00.127.00

PAGE

1 di/of 8

TITLE:  
IT

AVAILABLE LANGUAGE:

# IMPIANTO EOLICO "MACOMER 2"

## Analisi inquinamento luminoso



File: GRE.EEC.R.26.IT.W.15067.00.127.00\_Analisi inquinamento luminoso.docx

<b>00</b>	<b>16/04/24</b>	<b>Nota MASE U.0000245 del 09/01/2024</b>	GM	GF	GF
			Name (Contactor)	Name (Contactor)	Name (Contactor)
<b>REV.</b>	<b>DATE</b>	<b>DESCRIPTION</b>	<b>PREPARED</b>	<b>VERIFIED</b>	<b>APPROVED</b>

### GRE VALIDATION

Name (GRE)	Name (GRE)	A. Puosi (GRE)
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT *****	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT			SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISIO							
	<b>GR</b>	<b>EEC</b>	<b>R</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>I</b>	<b>T</b>	<b>W</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>0</b>

<b>CLASSIFICATION</b>	<b>UTILIZATION SCOPE</b>
-----------------------	--------------------------

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

## INDEX

1. PREMESSA .....	3
2. INQUADRAMENTO METODOLOGICO: IL FENOMENO DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO E OTTICO .....	4
3. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL CIELO NOTTURNO E INQUINAMENTO LUMINOSO NELL'AREA DI IMPIANTO .....	6
4. REQUISITI DELLA SEGNALETICA LUMINOSA.....	7
5. CONCLUSIONI .....	8

## 1. PREMESSA

In data 29.04.2022 la società Enel Green Power Italia s.r.l. attivava presso il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) istanza per l'avvio della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) del progetto di realizzazione del Parco eolico "Macomer 2" (Codice Procedura ID: 8454), composto da 8 aerogeneratori, da realizzarsi nei Comuni di Santu Lussurgiu (OR), Borore (OR) e Macomer (NU).

Quanto segue è redatto al fine di riscontrare la seguente richiesta di integrazioni documentali formulata nell'ambito del procedimento di VIA dalla Commissione Tecnica PNRR-PNIEC, con nota prot. U0000245 del 09/01/2024 (p.to 9):

*"Dovrà essere stilata una relazione sulle caratteristiche del cielo notturno dell'area di impianto con indicazione, allo stato dei fatti, del livello di brillantezza artificiale del cielo e del suo rapporto rispetto a quello naturale e delle eventuali variazioni apportate dalla presenza dell'impianto in progetto. Qualora queste dovessero essere significative, dovrà essere stilato un progetto illuminotecnico con opportune misure di mitigazione di questo tipo di inquinamento che comunque contemperino le esigenze di sicurezza di tutte le parti impiantistiche".*

## 2. INQUADRAMENTO METODOLOGICO: IL FENOMENO DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO E OTTICO

L'inquinamento luminoso è comunemente inteso come conseguenza di un'elevata illuminazione diretta o riflessa da manufatti prodotti dall'uomo nella bassa atmosfera.

Questo complesso fenomeno è definibile sia come "l'uso inappropriato o eccessivo della luce artificiale" ma anche come la riflessione di raggi solari portata da elementi antropici.

Si possono definire vari effetti legati all'inquinamento luminoso:

- Sconfinamento della luce: quando la luce raggiunge elementi che non necessitano di essere illuminati (*light spillover*);
- Sovrailluminazione: l'uso eccessivo di luce, rispetto a quanto richiesto per un'attività specifica
- Abbagliamento: risposta degli organi visivi ad un'esposizione diretta a luce artificiale o naturale con livelli di luminanza superiori a quelli cui l'occhio può adattarsi;
- Bagliore del cielo: il bagliore percepibile nei cieli notturni in corrispondenza di aree urbanizzate illuminate (*skyglow*) dovuto a fenomeni di irraggiamento diffuso della luce artificiale che si propaga verso l'alto da parte di particelle di polvere, gas e gocce d'acqua presenti nell'aria

I principali effetti possono sinteticamente ricondursi quindi a due grandi tipologie: di tipo "generalizzato" e di tipo "prossimale". Il primo è causato dall'immissione in atmosfera di luce artificiale e dalla sua successiva diffusione da parte delle molecole e delle particelle di aerosol, che si comportano come sorgenti secondarie di luce; il secondo, invece, è dovuto all'illuminamento diretto, non richiesto e collaterale, di superfici, oggetti e soggetti inutilmente illuminati.

La valutazione dell'impatto di tipo "generalizzato" è alquanto complessa: occorrerebbe infatti determinare in prima istanza l'emissione massima accettabile, quella per cui la somma degli effetti di tutte le sorgenti attive produca un'alterazione trascurabile dell'ambiente naturale. Data la natura fisica del fenomeno, la propagazione della luce artificiale in atmosfera può determinare effetti che si manifestino anche a centinaia di chilometri dalla sorgente; tale valutazione risulta quindi molto complessa e i risultati sarebbero inevitabilmente affetti da errori non trascurabili.

L'effetto "prossimale", invece, è originato dal flusso luminoso indesiderato che arriva sulla superficie o sul soggetto coinvolto. I parametri più importanti che definiscono il disturbo sono in generale l'illuminamento orizzontale o verticale, ossia il flusso luminoso per unità di superficie su piani orizzontali o verticali, o, in particolare, quelli legati al soggetto stesso, come l'abbagliamento debilitante o molesto. Le aree più colpite da questo tipo di impatto sono quelle situate in prossimità degli elementi antropici che producono o riflettono la luce.

Le due tipologie di effetti ambientali legati alla luce artificiale, in accordo alle Linee Guida SNPA 28/2020, consentono di affermare che la radiazione luminosa artificiale comporti sia problemi di inquinamento luminoso che di inquinamento ottico, definibili sinteticamente come:

- inquinamento luminoso: ogni alterazione dei livelli di illuminazione naturale e in particolare ogni forma di irradiazione di luce artificiale che si disperde al di fuori delle aree cui essa è funzionalmente dedicata ed in particolare oltre il piano dell'orizzonte (o verso la volta celeste)
- inquinamento ottico: ogni forma di irradiazione artificiale diretta su superfici e/o cose cui non è funzionalmente dedicata o per le quali non è richiesta alcuna illuminazione

Con il termine inquinamento luminoso ci si riferisce soprattutto all'immissione in ambiente di luce artificiale, ed in particolare la dispersione nel cielo notturno di luce prodotta da sorgenti artificiali o riflessa da elementi antropici. L'inquinamento luminoso è prodotto sia dall'immissione diretta di flusso luminoso verso l'alto, sia dalla diffusione di flusso luminoso riflesso da superfici e oggetti illuminati con intensità superiori a quanto necessario ad assicurare la funzionalità e la sicurezza di quanto illuminato.

Il termine inquinamento ottico, invece, attiene, più che alla tipologia delle fonti, soprattutto alla direzione di propagazione delle onde luminose e al "bersaglio" finale di queste.

Infatti, se nel primo caso l'attenzione è incentrata sulla luce artificiale che si propaga, nelle direzioni zenitali, al di sopra del piano dell'orizzonte, nel secondo ci si focalizza al di sotto di tale piano ideale, in uno spazio ove sono dislocati i ricettori, secondo un approccio che potrebbe definirsi di analisi "azimutale" (superfici e/o cose giacenti sul piano di campagna illuminate non intenzionalmente e comunque raggiunte da luce artificialmente prodotta o riflessa).

Nel caso del progetto in esame, non essendo presenti né un sistema di illuminazione dell'impianto né potenziali fenomeni di riflessione da parte degli aerogeneratori, l'unico fenomeno degno di nota è legato alla presenza di luci di segnalazione notturna, peraltro richieste in modo esplicito dall'ENAC per garantire la sicurezza del volo.

Nel presente documento saranno quindi considerati afferenti al caso dell'inquinamento luminoso i fenomeni di immissione di luce artificiale verso il cielo notturno e saranno indagati i potenziali effetti di incremento dell'albedo locale e di bagliore del cielo; dato che l'impianto eolico non prevede sistemi di illuminazione al suolo, saranno trascurati gli effetti ricadenti nella fattispecie dell'inquinamento ottico.

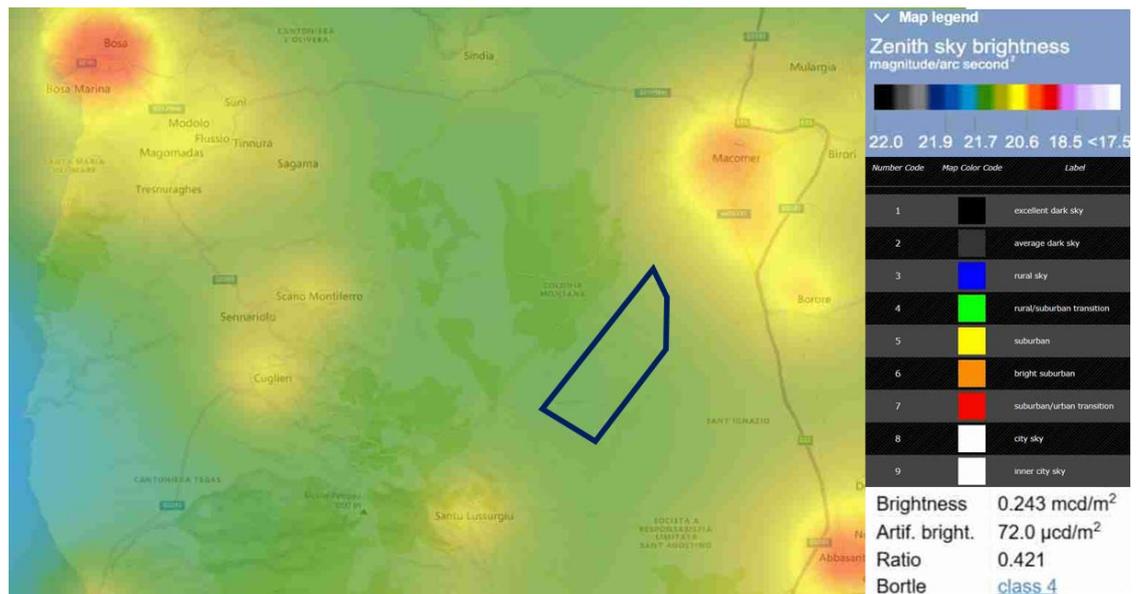
### 3. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL CIELO NOTTURNO E INQUINAMENTO LUMINOSO NELL'AREA DI IMPIANTO

Ragionando secondo le categorie interpretative più sopra definite, il fenomeno dell'inquinamento luminoso può ricondursi ai potenziali effetti del sistema di segnalazione per la sicurezza al volo di servizio all'impianto in progetto.

Per gran parte del globo è disponibile già da alcuni anni un Atlante Mondiale che illustra la luminosità artificiale del cielo nelle ore notturne (*Artificial Sky Brightness* - Falchi et al.) classificando la volta celeste con un sistema di colori che rappresenta il rapporto tra la lucentezza artificiale del cielo e quella naturale.

È possibile quindi valutare la brillantezza notturna del cielo zenitale misurata in unità astronomiche ( $\text{mag}/\text{arcsec}^2$ ) ed in unità internazionali ( $\text{mcd}/\text{m}^2$ ) (VIIRS/DMSP Earth Observation Group, NOAA National Geophysical Data Center, <https://www.lightpollutionmap.info>). Tale indicatore identifica il rapporto tra la brillantezza artificiale e naturale del cielo nelle ore notturne e mostra come il sito di progetto risulti classificato come "area di transizione tra ambito rurale e ambito suburbano" nella Bortle Dark Sky Scale<sup>1</sup>: il sito presenta il valore 4. Questa scala è infatti articolata in 9 classi, con la classe 1 costituita dal cielo notturno indisturbato e la classe 9 in cui si trovano le situazioni di aree urbane compatte.

Si deduce quindi che la qualità del contesto visivo notturno nell'area di progetto risente, sebbene in modo limitato, dell'influenza dei centri abitati più prossimi (Figura 3.3).



**Figura 1 - Inquadramento dell'area di progetto (poligono blu) nell'Atlante mondiale dell'Inquinamento Luminoso**

Gli effetti dell'immissione di luce verso il cielo durante le ore notturne sono riferibili in modo esclusivo agli effetti del sistema di segnalazione per la sicurezza la volo richiesto dall'ENAC.

<sup>1</sup> La Bortle Dark Sky Scale è stata sviluppata da John Bortle "sulla base di quasi 50 anni di esperienza di osservazione" per descrivere la quantità di inquinamento luminoso in un cielo notturno. È stata pubblicata per la prima volta in un articolo di Sky & Telescope del 2001 ed è utilizzata come riferimento per definire la visibilità degli elementi celesti in rapporto alla presenza di fonti luminose di disturbo.

#### 4. REQUISITI DELLA SEGNALETICA LUMINOSA

In accordo con le attuali prassi valutative dell'ENAC, l'autorizzazione del parco eolico ai sensi del Codice della Navigazione aerea sarà subordinata all'osservanza, tra le altre, delle seguenti prescrizioni relativi alla segnaletica notturna:

- sarà costituita da luce di colore, posizione ed intensità luminosa conformi alla CS ADR-DSN.Q (Regulation (EU) No 139/2014) di riferimento. In particolare, la luce dovrà essere posta alla sommità della struttura ed essere visibile a 360°;
- inoltre, dovranno essere installate le luci intermedie (rosse di media intensità) intorno alla torre di sostegno dell'aerogeneratore (tra navicella e base) in numero e caratteristiche secondo quanto stabilito al capitolo "Q" delle suddette CS; le luci dovranno essere dotate di doppia lampada che funzioni da alternata in caso di avaria della luce operativa principale. Le luci dovranno lampeggiare simultaneamente in tutto il parco eolico.

La Segnalazione luminosa notturna - si tratta di luci a bassa o media intensità, tipicamente di colore rosso - ha lo scopo di rendere facilmente identificabili le turbine eoliche nel periodo da trenta minuti prima del tramonto a trenta minuti dopo il sorgere del sole.

La segnaletica prescritta dovrà essere adottata anche durante i lavori di costruzione al raggiungimento dei 100 metri d'altezza.

## 5. CONCLUSIONI

L'insieme delle considerazioni svolte in accordo con le categorie interpretative richiamate nelle LINEE GUIDA - SNPA 28/2020, consentono di affermare come, per le caratteristiche dell'impianto in progetto, non sia ravvisabile un fenomeno di inquinamento ottico; d'altro canto, riguardo al fenomeno dell'inquinamento luminoso del cielo notturno, lo stesso è principalmente riconducibile al funzionamento dei dispositivi luminosi obbligatori di segnalazione ostacoli per la navigazione aerea.

La Segnalazione luminosa notturna ha lo scopo di rendere facilmente identificabili le turbine eoliche ai velivoli che transitano nelle vicinanze nel periodo da trenta minuti prima del tramonto a trenta minuti dopo il sorgere del sole. Si tratta di dispositivi che debbono rigidamente possedere requisiti e caratteristiche standardizzati conformi alle previsioni dei regolamenti internazionali inerenti alla sicurezza della navigazione aerea. In virtù degli stringenti requisiti previsti per la sicurezza dei voli non è lasciata, pertanto, alcuna facoltà al proponente di intervenire sulle condizioni di funzionamento o, tantomeno, di regolare l'intensità delle sorgenti luminose.

In riferimento al territorio interessato dal progetto in esame, valutato che la qualità del contesto visivo notturno nell'area risente, sebbene in modo limitato, dell'influenza dei centri abitati più prossimi, considerata inoltre la limitata introduzione di sorgenti luminose artificiali prevista dal progetto, unitamente alle loro caratteristiche di funzionamento intermittente, si ritiene ragionevolmente che l'iniziativa proposta non determini impatti significativi sotto il profilo dell'inquinamento luminoso.

Anche alla scala del paesaggio, valutato che il fenomeno in esame è strettamente collegato all'intervisibilità dell'impianto, si ritiene che lo stesso configuri effetti percettivi accettabili; infatti, all'interno del bacino visivo del parco eolico<sup>2</sup> delimitato entro i 20km dagli aerogeneratori, le aree di invisibilità assommano a circa il 58% mentre le porzioni di territorio interessate dalla visibilità di tutti gli aerogeneratori riguardano appena il 24% della sua superficie complessiva.

---

<sup>2</sup> "porzione di territorio costituito dall'insieme dei punti di vista da cui l'impianto è chiaramente visibile"