



GRE CODE

GRE.EEC.R.26.IT.W.14622.00.114.00

PAGE

1 di/of 9

TITLE:AVAILABLE LANGUAGE: IT

“IMPIANTO EOLICO ACQUAVIVA”

LCA IMPIANTO EOLICO

Handwritten signature and circular stamp of Antonio Sergi, Ingegnere di Brindisi, M. 485.

00	19/07/2021	PRIMA EMISSIONE	A.MARTUCCI	V.D'AMICO	A. SERGI
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

GRE VALIDATION

-	-	-
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

IMPIANTO EOLICO
ACQUAVIVA

EGP CODE

GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION
GRE	EEC	R	26	IT	W	14622	00	114	00

CLASSIFICATION

UTILIZATION SCOPE

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 PowerS.p.A.



GRE CODE

GRE.EEC.R.26.IT.W.14622.00.114.00

PAGE

2 di/of 9

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. INTEGRAZIONE 4.1.....	4
2.1. MATERIALI UTILIZZATI	5
2.2. PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO EOLICO	5
2.3. VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI EVITATE DI CO ₂	6
2.4. IMPRONTA DI CO ₂ DURANTE IL LCA DELL'IMPIANTO	7
2.4.1. GLOBAL WARMING POTENTIALS	7
2.4.2. CARBON PAYBACK	9



GRE CODE

GRE.EEC.R.26.IT.W.14622.00.114.00

PAGE

3 di/of 9

1. INTRODUZIONE

Il presente documento contiene le risposte alle richieste di integrazione incluse al punto 4, richiesta numero 1 e 2 della nota del Ministero della Transizione Ecologica ID_VIP_5756, nell'ambito del progetto del parco eolico denominato "Acquaviva" per la produzione di energia elettrica, costituito complessivamente da n. 15 aerogeneratori, ubicato in agro dei confinanti Comuni di Acquaviva delle Fonti (BA) e Casamassima (BA).

2. INTEGRAZIONE 4.1

Richiesta: "Non risultano adeguatamente contabilizzate le emissioni dovute alle fasi di produzione dei materiali (calcestruzzo, metalli, ...) e alla messa in opera dell'impianto, valutate in ottica ciclo di vita, che dovranno essere opportunamente compensate.

Risposta:

Il Life Cycle Assessment (LCA o Valutazione del Ciclo di Vita) è un metodo oggettivo di valutazione e quantificazione dei carichi energetici ed ambientali e degli impatti potenziali associati ad un prodotto/progetto lungo l'intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie prime al fine vita. La metodologia LCA è standardizzata dalle norme della serie ISO 14040.

Il ciclo di vita dell'impianto in oggetto è stato suddiviso in quattro macrofasi:

- **COSTRUZIONE:** Produzione dei materiali, manifattura dei componenti principali (pale, navicelle e torri), fondamenta, messa in posa, costruzione delle infrastrutture necessarie all'accesso all'impianto
- **TRASPORTO:** Trasporto di materiali e componenti presso il sito
- **FASE OPERATIVA E MANUTENZIONE:** Sostituzione di componenti e materiali (es. olio lubrificante), trasporto di componenti e materiali sostituiti, trasporti collegati alle visite ispettive
- **FINE VITA:** Disassembling, smaltimento dei materiali, trasporto dei materiali da smaltire

Tutte le fonti e i dati di letteratura utilizzati allo scopo dell'analisi sono citati nel presente documento.

Il presente studio si basa su dati e informazioni ricavati da studi similari effettuati nell'ambito del LCA ai fini della valutazione delle emissioni evitate di CO₂ di impianti eolici. In particolare, le ipotesi e le considerazioni sono state estrapolate da uno studio condotto nel 2020 dal CESI dal titolo "GPG Wind technology Carbon footprint using Simplified LCA methodology", condotto considerando un aerogeneratore Siemens Gamesa SG6.0-170, il medesimo utilizzato come riferimento nell'impianto oggetto del presente documento.

L'analisi LCA rappresentata nel documento si basa sulle seguenti ipotesi:

- Vita utile dell'impianto pari a 20 anni.
- Impatti direttamente proporzionali alla potenza installata.
- La produzione costante durante la vita utile.

Le caratteristiche dell'impianto di progetto sono

Vita Utile [anni]	20
Potenza nominale singolo aerogeneratore [MW]	6,0
Numero aerogeneratori	15
Potenza nominale impianto [MW]	90
Altezza mozzo torre [m]	115

Diametro rotore [m]	170
Velocità media del vento [m/s]	6,7
Classe del vento (IEC)	IIIa

Tabella 1: Caratteristiche impianto eolico di progetto

L'unità funzionale di riferimento, definita come "la prestazione quantificata di un sistema di prodotto da utilizzare come unità di riferimento in uno studio di valutazione del ciclo di vita" è 1 kWh di energia elettrica consegnata alla rete elettrica nazionale e prodotta dall'impianto eolico di "Acquaviva" avente potenza complessiva pari a 90 MW.

2.1. MATERIALI UTILIZZATI

Si riportano di seguito i materiali e le quantità in tonnellate dei componenti principali del singolo aerogeneratore considerato come riferimento nel progetto presentato (Siemens - Gamesa 6.0-170):

Componente	Materiale	Peso [t]
Navicella	Ghisa alluminio, rame, acciaio	±100
Rotore (eliche)	Fibra di vetro e componenti stampati pultrusi di carbonio (alluminio, fibra di carbonio, fibra di vetro, plastica, adesivo epox, gomma sintetica)	± 75
Torre	Acciaio	± 450

Tabella 2: Materiali e pesi dei componenti principali di un aerogeneratore

Per ogni fondazione degli aerogeneratori sono state computate le seguenti quantità di materiale utilizzato:

Materiale	Quantità
Calcestruzzo Piedistallo [m³]	15,6
Calcestruzzo Plinto [m³]	869,5
Calcestruzzo magrone [m³]	48,0
Incidenza armatura platea [Kg/m³]	110

Tabella 3: Materiali e pesi dei componenti principali di della fondazione di un aerogeneratore

2.2. PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO EOLICO

Si è condotto uno studio preliminare di producibilità, che ha restituito i risultati descritti nella tabella seguente.

Caratteristica	Valore
Potenza Installata	90 MW
Modello WTG	Siemens Gamesa SG170 6.0 MW (IIIa)

Potenza nominale WTG	6.0 MW
N° di WTG	15
Classe IEC	IIIa
Diametro del rotore	170 m
Altezza del mozzo	115 m
Velocità del vento all'altezza di mozzo (free)	6,7 m/s
Energia prodotta annua P50	247.076 MWh
Ore equivalenti	2745

Tabella 4: Valori di produzione

La tabella rappresenta il valore della producibilità P50, che rappresenta il valore a cui corrisponde il 50% di probabilità di ottenere, nella realtà, un valore maggiore o uguale a quello riportato. Al percentile riportato, si stima che l'impianto eolico potrà produrre 247,1 GWh all'anno, per un totale di 2745 ore equivalenti..

2.3. VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI EVITATE DI CO₂

Sulla base del consumo di combustibili comunicati a ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) da TERNA (Gestore della trasmissione della rete elettrica nazionale in alta tensione) a partire dal 2005, sono stati evinti i fattori di emissione per produzione e consumo di energia elettrica.

Sono state elaborate stime preliminari per il 2019 in base ai dati del Rapporto mensile sul sistema elettrico pubblicato da Terna a gennaio 2020 (aggiornato a dicembre 2019) e ai fattori di emissione elaborati per il 2018. (Fonte: Rapporto ISPRA 2020).

Sulla scorta delle previsioni aggiornate al 2019 (ISPRA, 2020), il fattore di sostituzione di emissioni di gas serra di un impianto alimentato da fonti rinnovabili, rispetto alla media degli impianti alimentati da fonti fossili, è pari a 473.3 gCO₂/kWh (Colonna Produzione Termoelettrica lorda solo fossile - anno 2019). Come detto, la producibilità P50 dell'impianto eolico "Acquaviva" è stimata pari a 247,1 GWh/anno, per cui risulta:

$$473,3 * 247,1 = 116,95 \text{ ktCO}_2/\text{anno}$$

L'impianto eolico proposto consentirebbe di evitare l'emissione di circa 2.339,00 ktCO₂ in 20 anni di esercizio.

Anno	Produzione termoelettrica lorda (solo fossile)	Produzione termoelettrica lorda ¹	Produzione termoelettrica lorda e calore ^{1,3}	Produzione elettrica lorda ²	Produzione di calore ³	Produzione elettrica lorda e calore ^{2,3}	Consumi elettrici
1990	708,2	708,0	708,0	592,2	-	592,2	576,9
1995	681,6	680,6	680,6	561,3	-	561,3	547,2
2000	638,0	633,6	633,6	515,6	-	515,6	498,3
2005	582,6	571,4	513,1	485,0	239,0	447,4	464,7
2006	573,2	561,6	504,7	476,6	248,8	440,5	461,8
2007	557,7	546,2	493,6	469,2	248,3	434,8	453,4
2008	553,8	541,1	490,4	449,5	250,6	419,7	441,7
2009	545,8	527,5	478,7	413,5	259,2	390,6	397,6
2010	544,8	522,4	468,2	403,0	246,1	378,2	388,6
2011	546,6	520,6	459,4	394,3	226,9	366,5	377,8
2012	560,6	528,4	465,9	385,3	225,9	359,9	372,9
2013	554,0	504,7	437,1	337,0	217,0	316,6	326,4
2014	573,3	512,1	437,7	323,2	205,5	303,4	308,8
2015	542,6	487,7	423,9	331,6	217,8	311,8	314,2
2016	516,3	465,6	407,7	321,3	219,1	303,4	313,1
2017	491,0	445,4	393,1	316,4	214,2	298,8	308,1
2018	493,8	444,4	388,6	296,5	208,8	281,4	281,4
2019*	473,3	426,8	377,7	284,5	218,9	273,3	276,3

¹ comprensiva della quota di elettricità prodotta da bioenergie

² al netto degli apporti da pompaggio

³ considerate anche le emissioni di CO₂ per la produzione di calore (calore convertito in kWh)

* stime preliminari

Tabella 5: Fattori di emissione della produzione elettrica nazionale e dei consumi elettrici –

[Fonte: ISPRA - Rapporto 317/2020 Edizione 2020]

2.4. IMPRONTA DI CO₂ DURANTE IL LCA DELL'IMPIANTO

2.4.1. GLOBAL WARMING POTENTIALS

La produzione di energia elettrica da fonti fossili, ha un ruolo importante nel fenomeno di surriscaldamento globale, che è, tra i cambiamenti climatici e ambientali di scala globale, il più significativo. I quantitativi di gas serra emessi durante il ciclo di vita di un impianto vengono normalmente espressi in grammi di CO₂-equivalenti, attraverso un'operazione di standardizzazione basata sui "potenziali di riscaldamento globale" (GWPs, Global Warming Potentials), calcolati per ciascun gas serra, tenendo conto della sua capacità di assorbimento delle radiazioni e del tempo della sua permanenza nell'atmosfera.

Adottando la metodologia LCA (Life Cycle Assessment) per la valutazione dei carichi ambientali connessi con l'impianto in progetto lungo l'intero ciclo di vita, si può ipotizzare che l'impronta ecologica dello stesso sia compresa tra 3 e 34,4 gCO₂/kWh. Questa assunzione si basa su dati di letteratura disponibili, da cui è possibile definire il range dei valori di CO₂ durante il LCA di un impianto eolico.

Parametri di distribuzione	Intensità di CO ₂ [g/kWh]
Minima	3
Media	13.6
Mediana	10.7
Massima	34.4
Deviazione Standard	7.76

Tabella 6: Range dei valori di CO₂ LCA di un impianto eolico

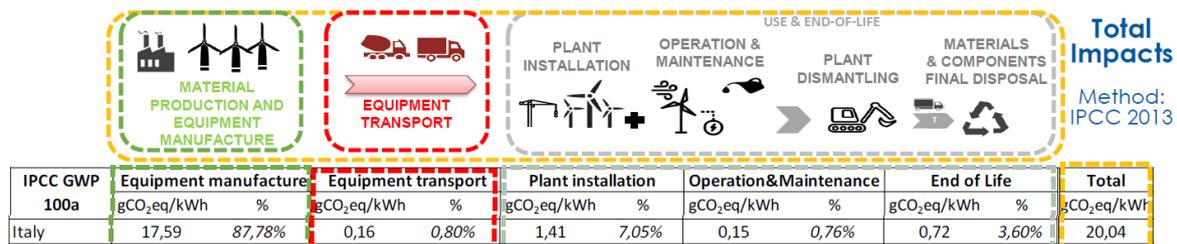
[Fonte: The Carbon Emissions of Wind Power; A Study of Emissions of Windmill in the Panhandle of Texas]

Per la valutazione dell'impronta di CO₂ dell'impianto in oggetto si è fatto riferimento allo studio condotto dal CESI e ottenuto attraverso elaborazione software SimaPro 9.0, database EcoInvent

3.5 e con riferimento al modello di caratterizzazione sviluppato dal Gruppo intergovernativo di esperti sui cambiamenti climatici (IPCC 2013 GWP100y).

I fattori sono espressi come potenziale di riscaldamento globale [g CO₂ eq / kWh] per un orizzonte temporale di 100 anni (GWP100). I dati presi in considerazione sono riferiti al territorio nazionale italiano.

I dati utilizzati per il calcolo dell'impatto GWP espresso in gCO₂ eq/kWh per ogni macrofase del ciclo di vita dell'impianto sono rappresentati nei grafici seguenti.



Contributo di GWP per ogni fase del ciclo di vita dell'impianto

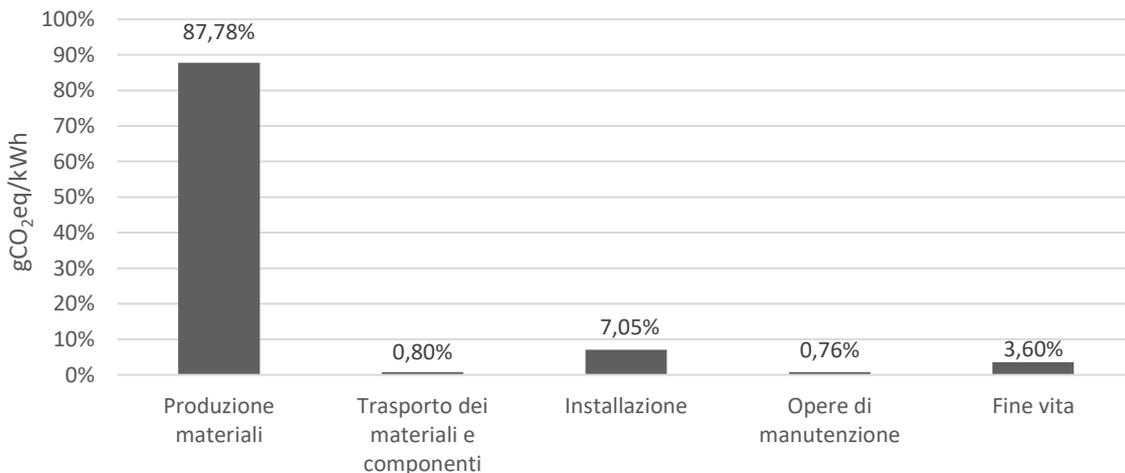


Tabella 7: Impatto GWP dell'impianto eolico durante le fasi del ciclo di vita

[Method IPCC 2013 – Fonte studio CESI 2020]

Come evincibile dal contenuto del grafico sopra, il contributo in percentuale di riscaldamento globale (GWP) è concentrato nella fase di produzione materiale e diventa poi irrilevante nelle fasi successive all'implementazione dell'infrastruttura.

Utilizzando le ore effettive di funzionamento dell'impianto in oggetto, assumendo una produzione costante lungo l'intera vita utile, è possibile ricavare la produzione nel ciclo di vita come segue:

$$247,076 \text{ [GWh]} \times 20 \text{ anni} = \mathbf{4941,52 \text{ GWh}}$$

Il fattore di emissione globale, per unità funzionale, di un impianto eolico, utilizzando il metodo IPCC 2013 (Fonte studio CESI 2020) è pari a 20.04 gCO₂ eq/kWh. La produzione P50 durante la vita dell'impianto, assunta pari a 20 anni, come sopra citato è pari a 4941,52 GWh.

$$4941,52 \text{ [GWh]} \times 20.04 \text{ [gCO}_2\text{eq/kWh]} = \mathbf{100,81 \text{ ktCO}_2}$$

88,49 ktCO₂ delle 100,81 ktCO₂ sono concentrate quindi nella fase di produzione dei materiali e manifattura dei componenti. I componenti più critici nel ciclo LCA sono la produzione dell'aerogeneratore e l'impianto elettrico (materie prime necessarie per produrre tutte le parti in acciaio dell'aerogeneratore, cavi e successive fasi di lavorazione).

Gli aspetti ambientali più rilevanti per la fase di costruzione invece, sono l'utilizzo di macchinari per il trasporto e l'installazione, il consumo di materiale durante la costruzione delle fondazioni e la necessità di intervenire localmente sul sito in cui si installa l'impianto, per adattarlo all'installazione delle componenti.

A differenza delle fonti energetiche convenzionali, a valle dell'implementazione, le restanti fasi del ciclo di vita dell'impianto hanno un contributo quasi irrilevante in termini di impatto ambientale.

Se da un lato la produzione di materie prime e la costruzione degli aerogeneratori hanno un impatto sull'ambiente, dall'altro l'energia prodotta, la alta riutilizzabilità delle parti degli aerogeneratori, dei cavi e del materiale utilizzato per la creazione delle viabilità d'impianto, generano effetti positivi e benefici ambientali.

2.4.2. CARBON PAYBACK

Si definisce "carbon payback" il tempo necessario per compensare l'impatto ambientale dovuto alla costruzione dell'impianto eolico, generando un impatto positivo dovuto alla produzione di energia elettrica fossil-free.

I gCO₂ emessi in un anno si ottengono moltiplicando la produzione di energia durante la vita utile (247.076.000 kWh*20= 4.941.520.000 kWh) per il fattore di emissione unitario di GWP (20.04 gCO₂/kWh). Dividendo per le emissioni evitate rispetto alle fonti convenzionali, pari a 473,3 gCO₂/kWh, forniscono una produzione di energia al bilancio pari a 208.811.324,74 kWh. Rapportandolo all'energia globale prodotta, si ottiene che il valore di carbon payback è pari a 0,042. Risulta perciò che saranno necessari 308,47 giorni di produzione, per compensare l'impronta CO₂ prodotta dall'impianto durante il suo ciclo di vita.