



GRE CODE

GRE.EEC.R.26.IT.W.14622.00.115.00

PAGE

1 di/of 9

TITLE:AVAILABLE LANGUAGE: IT

“IMPIANTO EOLICO ACQUAVIVA”

LCA IMPIANTO EOLICO

Handwritten signature and circular stamp of Dott. Ing. Antonio Sergi, Abbr. Ingegneria 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 | 115 | 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.14622.00.115.00

PAGE

2 di/of 9

INDICE

| | |
|--|---|
| 1. INTRODUZIONE | 3 |
| 2. INTEGRAZIONE 4.2..... | 4 |
| 2.1. PROGETTI DI CIRCOLARITÀ RELATIVI ALLE TURBINE EOLICHE | 5 |
| 2.1.1. PREVENZIONE | 6 |
| 2.1.2. LIFE EXTENSION..... | 6 |
| 2.1.3. RIUSO | 7 |
| 2.1.4. RICICLO | 7 |



GRE CODE

GRE.EEC.R.26.IT.W.14622.00.115.00

PAGE

3 di/of 9

1. INTRODUZIONE

Il presente documento contiene le risposte alle richieste di integrazione incluse al punto 4, richiesta numero 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 4.2

In riferimento agli aerogeneratori, si ritiene necessario approfondirne le caratteristiche costruttive e le modalità di scelta dei materiali, con particolare attenzione alle valutazioni effettuate in ottica di ecodesign e di economia circolare per favorirne la durata (Increased lifetime), lo smontaggio (Design for disassembling), il riuso o il riciclo a fine vita (Improved recyclability). In particolare, dato che il riuso potrà coinvolgere però solo una parte della quantità di aerogeneratori dismessi, si ritiene necessario utilizzare approcci innovativi per il riciclo dei materiali stessi degli aerogeneratori ed effettuare valutazioni accurate relativamente alla scelta dei materiali facendo riferimento alle più recenti ricerche nel settore (Accelerating Wind Turbine Blade Circularity, WindEurope, Cefic and EuCIA, May 2020). La relazione specialistica sull'impatto acustico non argomenta sufficientemente la conoscenza del contesto in cui l'impianto si inserisce, con particolare riguardo alla trattazione anemologica del sito (per come già sopra accennato), alla caratterizzazione acustica delle sorgenti già presenti nell'area oggetto di indagine, alla valutazione del clima acustico attuale e previsionale.

Risposta: Enel Green Power (EGP) sta implementando approcci di economia circolare in modo sistematico attraverso l'innovazione tecnologica e del modello di business, instaurando collaborazioni specifiche e specialistiche del settore ed adottando una metrica rigorosa al fine di approcciarsi in maniera efficiente e sostenibile al processo di transizione energetica. L'economia circolare nel sistema energetico consiste in design, processi e soluzioni che permettono di disaccoppiare il consumo di risorse dalla produzione di energia. L'introduzione di misure volte a ridurre la domanda di materiale è fondamentale per un uso più efficiente delle risorse e una riduzione degli impatti negativi dell'economia sull'ambiente.

Le strategie circolari che sono applicate in ogni fase delle catene del valore di fornitura si basano su i seguenti 5 pilastri:



Input circolari: modello di produzione e utilizzo basato su input rinnovabili o da precedenti cicli di vita (riuso e riciclo);



Estensione della vita utile: approccio alla progettazione e alla gestione di un asset o di un prodotto volto a estenderne la vita utile, ad esempio attraverso progettazione modulare, riparabilità facilitata, manutenzione predittiva.



Prodotto come servizio: modello di business in cui il cliente acquista un servizio per un tempo limitato, mentre l'azienda mantiene la proprietà del prodotto, massimizzando il fattore di utilizzo e la vita utile



Piattaforme di condivisione: sistemi di gestione comune tra più utilizzatori di prodotti, beni o competenze



Nuovi cicli di vita: ogni soluzione finalizzata a preservare il valore di un bene al termine di un ciclo di vita grazie a riuso, rigenerazione, upcycling o riciclo, in sinergia con gli altri pilastri.

Figura1: In ciano, fascia di 100 metri dalla viabilità di impianto. In blu i ricettori ed in rosso le WTG

2.1. PROGETTI DI CIRCULARITÀ RELATIVI ALLE TURBINE EOLICHE

Uno dei temi rilevanti che EGP sta affrontando in ambito di Sostenibilità e Circular Economy è il fine vita degli impianti eolici. La tecnologia Wind ha sperimentato una crescita esponenziale negli ultimi decenni, con migliaia di turbine eoliche installate ogni anno in tutto il mondo. Le previsioni indicano che questa tendenza continuerà per molti altri anni (le installazioni annuali dovrebbero raggiungere ~175 GW nel 2030¹).

La vita utile media delle turbine eoliche è di circa 20 anni. Dopo questo periodo, alcune delle proprietà meccaniche e strutturali, soprattutto relativamente ai componenti maggiormente sollecitati, decadono, rendendo necessari interventi manutentivi per allungarne la vita utile, oppure, laddove sia più opportuno o necessario, procedendo alla completa sostituzione con macchine di ultima generazione.

A seguito delle attività di sostituzione della prima generazione di aerogeneratori sopra descritte, il quantitativo di pale eoliche in dismissione in Italia nel prossimo decennio è stimabile nell'intervallo tra le 30.000 e le 40.000 tonnellate (glass fiber, carbon fiber e resine).

¹ Source: IRENA, GWEC, AWEA, EWEA, IEA

La maggior parte di una turbina eolica è costituita da materiale metallico, quindi facilmente riciclabile. Fanno eccezione le pale che sono costituite per l'80-90% di materiali compositi (resine epossidiche arricchite con fibre di vetro o carbonio), oltre ad altri materiali minori (ad es. colla, vernici, schiuma di polistirene, schiuma poliuretana o legno di balsa).

Il recupero delle materie costituenti le pale risulta poco efficace ed efficiente allo stato attuale, per la mancanza di una filiera consolidata sia nella valorizzazione della specie di rifiuto in questione e conseguentemente al successivo riutilizzo delle materie da esso potenzialmente recuperabili.

Attraverso specifiche strutture EGP sta sviluppando nuovi modelli ed approcci sostenibili per la filiera eolica: Prevenzione, Life Extension, Riuso e Riciclo. Per ciascuno di essi, oltre a condurre studi tecnico-economici, si stanno avviando collaborazioni con start-up, aziende, centri di ricerca, Università, etc., con l'obiettivo di definire l'intera filiera del valore. Di seguito si riporta una sintesi delle azioni intraprese a tale scopo.

2.1.1. PREVENZIONE

Lo studio di nuovi materiali e di nuovi processi di costruzione per la produzione di turbine eoliche è l'approccio più sostenibile e rappresenta sicuramente la sfida più futuristica ed innovativa. EGP sta osservando questo settore con molta attenzione, auspicando in un futuro prossimo di poter acquistare aerogeneratori costruiti con materiali innovativi e sostenibili.

Nel campo dei materiali compositi stanno emergendo alcune soluzioni interessanti, ad esempio i composti polimerici rinforzati con fibre naturali su cui è crescente l'interesse di alcuni settori (automobilistico, navale, edile) grazie alla loro bassa densità. Altri materiali compositi d'interesse sono i termoplastici, elementi facilmente riciclabili. Affinché questa transizione verso materiali innovativi sia realizzabile, sono state avviate interlocuzioni con i principali produttori, con l'obiettivo di stimolare ed indirizzare tutta la catena del valore verso scelte tecnologiche più sostenibili.

2.1.2. LIFE EXTENSION

L'estensione della vita utile consiste nel mettere in atto, dopo opportune valutazioni tecnico-economiche, tutte le azioni possibili in ambito di esercizio e manutenzione di un componente, affinché la sua capacità di adempiere la propria funzione venga mantenuta per il maggior tempo possibile.

In questo ambito EGP sta studiando ed implementando soluzioni innovative per il settore eolico, come sensori di nuova generazione che forniscono informazioni sullo stato di salute delle turbine e sulla vita residua delle componenti dell'aerogeneratore. Alcuni esempi di soluzioni attualmente in fase di studio/utilizzo sono:

- sensori per la rilevazione delle vibrazioni, utili sia per determinare lo stato di usura dei cuscinetti dei componenti rotanti (e.g. gearbox, albero primario, generatore) che per monitorare lo stato della turbina e del suo ancoraggio con le fondamenta;
- misure della conduttività dei lubrificanti;

- sensori di rilevazione del ghiaccio, utili nelle aree geografiche in cui la frequente formazione di lastre di ghiaccio, oltre a determinare perdite di produzione e problemi di sicurezza, causati da sovraccarichi meccanici sulle pale e relativo indebolimento strutturale;
- robot / droni in grado di avvicinarsi alla pala e accoppiarsi per poter condurre attività di ispezione, riparazione, rivestimento, misure di conduttività.

A questi si aggiungono altri studi che vengono condotti dagli uffici del dipartimento *Innovation*, di concerto con il dipartimento di *Operation and Maintenance*, rispetto a procedure di esercizio e manutenzione volte a preservare il più a lungo possibile le funzionalità dei componenti.

2.1.3. RIUSO

La soluzione di riuso da perseguire prioritariamente è il riutilizzo dell'aerogeneratore nel suo complesso, opportunamente ricondizionato al fine di ristabilirne la vita utile e l'efficienza.

Pur trattandosi di un mercato secondario, al momento dimensionalmente piuttosto limitato e subordinato a valutazioni di fattibilità sito-specifiche, è talvolta percorribile l'opzione di rilocalizzazione degli aerogeneratori in altri siti contraddistinti da ventosità molto alte, infrastrutture di rete e stradale non ottimali, in aree geografiche in una fase iniziale del loro percorso di decarbonizzazione/elettrificazione, come ad esempio in alcune zone del Centro e Sud America.

Quando invece un componente risultasse non più in grado di adempiere alla propria funzione nel contesto in cui sta operando, la soluzione più sostenibile è utilizzarlo in un contesto diverso, nel quale possa mantenere il suo valore, a fronte di limitate modifiche.

Nel campo delle pale eoliche, la valutazione dell'opzione riuso è in fase preliminare, a causa della particolare geometria ed ingombro sterico del componente, della limitata presenza di pale attualmente a fine vita e del mercato di prodotti ottenuti direttamente dalle pale ancora in fase embrionale.

EGP ha deciso di esplorare le opportunità esistenti e di diventare un attore attivo in questo settore, portando la circolarità al centro della strategia di individuazione della soluzione. In concreto è stata lanciata nel 2019 una Challenge sulla propria piattaforma Open-Innovability (<https://openinnovability.enel.com/>), volta all'identificazione dei migliori metodi disponibili per riciclare o riutilizzare i materiali delle pale delle turbine eoliche.

L'iniziativa ha consentito di raccogliere numerose proposte di iniziative sul riuso, sulle quali Enel ha l'occasione di condurre approfondimenti e verifiche di fattibilità tecnico-economica, anche coinvolgendo partner esterni.

In parallelo ha avviato, ed intende approfondire, rapporti con alcune aziende che sono già sul mercato con prodotti costruiti a partire da pale eoliche (es. complementi d'arredo civile ed urbano), oltre a valutare altre possibili opportunità nate attivando l'ecosistema di innovazione.

2.1.4. RICICLO

I processi di riciclo ad oggi consentono di recuperare i materiali che compongono la pala (in modo indistinto oppure separando le fibre dalla resina) per riproccassarli al fine di generare un nuovo

prodotto che ha caratteristiche e finalità diverse dal componente di partenza.

EGP è ad un buon livello di approfondimento tecnologico dei vari processi di riciclo. Seppure sia un settore ancora poco consolidato rispetto al riciclo di altri materiali, si stanno affacciando sul mercato i primi recyclers di materiali compositi che hanno dimostrato la loro tecnologia passando da attività di laboratorio a primi dimostratori.

Di seguito si riportano i principali processi di riciclo in via di sviluppo²:

- Riciclo meccanico: è uno dei processi più comuni grazie al potenziale di riutilizzo delle polveri per alcune applicazioni (ad es. produzione di plastica, applicazioni nel settore delle costruzioni, come riempimento di sottofondi stradali o per la realizzazione di pannelli per isolamento termico, acustico, di mobili, manufatti per arredo e oggetti di design, etc..). Garantisce un alto tasso di produttività, diminuisce il valore del materiale riciclato e consente di ottenere prodotti contenenti fino al 40% di materiale di scarto.
- Produzione di cemento: la materia prima del cemento è parzialmente sostituita da fibre di vetro e riempitivi compositi (cemento clinker). Il processo è altamente efficiente, veloce e scalabile. Tuttavia, a causa dell'elevata temperatura, è necessario un notevole apporto energetico.
- Solvolisi: il processo è incentrato su una reazione chimica di un solvente con il materiale composito in un reattore pressurizzato ad alta temperatura. Garantisce un recupero completo di fibre e resine pulite, ma è un processo che necessita ulteriori ottimizzazioni per aumentarne l'efficienza, oltre a richiedere l'utilizzo di solventi che, in taluni casi, sono ecocompatibili e completamente riutilizzabili.
- Pirolisi: il processo prevede la decomposizione termica della parte organica dei compositi in ambiente inerte. È altamente scalabile, ma le fibre risultano generalmente degradate alla fine del processo in termini di caratteristiche meccaniche. Tale processo risulta molto promettente, anche se ancora lontano dalla redditività economica.
- High voltage pulse fragmentation: il processo elettromeccanico prevede la separazione delle fibre di vetro dalla matrice tramite l'uso di elettricità. Consente di ottenere una buona qualità di fibre, ma richiede molta energia ed attualmente risulta ad uno stadio poco avanzato di sviluppo tecnologico.
- Letto fluido: processo termico che consente di separare le fibre dalla matrice ottenendo però un basso livello di qualità delle prime.

Tra i processi disponibili, EGP sta orientando i propri approfondimenti su quelli a minor impatto ambientale e minor livello di down-cycling. Questi consentono di recuperare più possibile il valore

² Source: windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/reports/WindEurope-Accelerating-wind-turbine-blade-circularity.pdf

del materiale originario. Tra questi, sono in fase di studio la solvolisi e varianti innovative dei processi termici e meccanici, che hanno però un livello di maturità tecnologica non ancora industriale.

EGP sta collaborando con aziende e centri di ricerca italiani ed europei, individuati anche attraverso la Challenge del 2019, e da una successiva Challenge del 2020 focalizzata sulla produzione di materiali isolanti da pale eoliche riciclate. L'obiettivo è sviluppare Proof of Concepts per validare i processi di recupero ed analizzare la qualità delle materie prime secondarie e dei prodotti che si ottengono.

I test saranno condotti utilizzando pale eoliche dismesse opportunamente classificate come rifiuto, o in alternativa utilizzando pale a magazzino gestite come asset.

In parallelo EGP si sta muovendo anche sul fronte industriale, orientando i suoi sforzi verso la creazione di un modello di business che coinvolga vari operatori in un impianto dimostratore su scala pre-commerciale (fino a 3 kton), scalabile successivamente a livello commerciale. La filiera sarà composta da produttori ed operatori energetici che forniranno il materiale composito da recuperare, dagli operatori che effettuano il pre-trattamento ed il processo di riciclo, e dagli utilizzatori finali che potranno acquistare il materiale risultante, per integrarlo nel loro processo produttivo. Lo sviluppo del progetto è ad oggi in corso, così come la scelta del sito da destinare all'impianto. Questa scelta, oltre a basarsi sulla valutazione degli aspetti logistici, prende in considerazione l'intenzione di dare una nuova vita a quelle aree che negli ultimi anni sono state interessate da un progressivo impoverimento del comparto produttivo. Le stime preliminari sull'impatto occupazionale del dimostratore, prevedono l'impiego di circa 15 FTE (full time equivalent) per l'impianto, a cui si aggiungerebbero quelle relative allo sviluppo dell'indotto.