

REGIONE CAMPANIA
PROVINCIA DI AVELLINO

COMUNE DI FRIGENTO
COMUNE DI GUARDIA LOMBARDI
COMUNE DI ROCCA SAN FELICE
COMUNE DI STURNO
COMUNE DI BISACCIA



AUTORIZZAZIONE UNICA
ex d.lgs. 387/2003

Costruzione ed esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica denominato "Taverna del Principe" da realizzarsi nel comune di FRIGENTO (AV) e delle opere ed infrastrutture connesse da realizzarsi nei comuni di FRIGENTO (AV), GUARDIA LOMBARDI (AV), ROCCA SAN FELICE (AV), STURNO (AV) e BISACCIA (AV), avente potenza nominale pari a 39,6 MW

Titolo elaborato

**Analisi costi benefici per la
realizzazione del parco eolico**

Codice elaborato

| COMMESSA | FASE | ELABORATO | REV. |
|----------|------|-----------|------|
| F0474 | F | R09 | A |

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Scala

—

| DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|--------------|-----------------|---------|------------|-----------|
| Gennaio 2022 | Prima emissione | ADP | GDS | GMA |

Proponente

Camelia Rinnovabili s.r.l.

Largo Augusto 3
20122 Milano



Progettazione



F4 Ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni DI SANTO)



Società certificata secondo la norma UNI-EN ISO 9001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).





Sommario

| | |
|---|-----------|
| 1 Premessa | 2 |
| 2 Analisi dei costi e dei benefici | 3 |
| 2.1 Costi di produzione dell'energia e dei costi ambientali | 3 |
| 2.2 I costi esterni che ricadono sulla comunità | 3 |
| 2.3 Risparmio di emissioni di CO ₂ e relativi benefici | 5 |
| 3 Analisi costi benefici dell'impianto rispetto ad impianti di uguale potenza funzionanti con altre rinnovabili. | 8 |
| 3.1 Occupazione di suolo | 8 |
| 3.2 Emissioni | 9 |
| 4 Ricadute sociali ed occupazionali | 12 |
| 5 Proventi annui derivanti dalla valorizzazione dell'energia prodotta dall'impianto | 15 |
| 6 Conclusioni | 16 |





1 Premessa

La società Camelia Rinnovabili Srl, è proponente di un progetto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica ubicato nel Comune di Frigento in provincia di Avellino con opere di connessione nei comuni di: Bisaccia, Guardia Lombardi, Rocca San Felice e Sturno (AV).

L'ipotesi progettuale prevede l'installazione di n.6 aerogeneratori della potenza nominale di 6.6 MW per una potenza complessiva di impianto pari a 39,6 MW, con rotore pari a 170 m di diametro e altezza mozzo 115 m per una H totale di 200 m. Gli aerogeneratori saranno collegati tra loro attraverso cavidotto interrato in MT a 30kV che collegheranno il parco eolico alla stazione condivisa di trasformazione utente 30/36 kV, sita nel comune di Bisaccia. Essa mediante un cavidotto a 150 kV, sarà collegata al futuro ampliamento della Stazione 150/380 kV di Bisaccia (AV), che rappresenta il punto di connessione dell'impianto alla RTN.

Il crescente fabbisogno energetico ha indotto tutti gli Stati a favorire il ricorso a quelle fonti di energia che producono minori emissioni inquinanti e che non si esauriscono nel tempo. Lo sviluppo e l'incremento dell'impiego di fonti di energia rinnovabile è quindi, nel mondo, in forte crescita a testimonianza dell'efficienza e del valore del mercato eolico per i paesi industrializzati che devono, contemporaneamente, ottemperare a diverse esigenze quali quelle di abbattere le emissioni di CO₂ nell'atmosfera, utilizzare sorgenti non esauribili e nello stesso tempo aumentare la produzione energetica.

L'energia eolica non produce alcuna emissione di CO₂, NO_x e SO₂, è priva di tutti gli elementi inquinanti che caratterizzano le centrali a combustibile fossile e quelle nucleari; senza alcun dubbio questo risulta essere il beneficio più importante che ne deriva.

L'energia eolica sembra meglio coniugare il soddisfacimento del citato fabbisogno con costi di produzione sempre più competitivi e quasi pari a quelli delle fonti energetiche convenzionali (carbone, petrolio, gas naturale). Tanto è dimostrato dai vari reports pubblicati dall'International Energy Association (IEA) e dall'European Wind Energy Association (EWEA).

Tuttavia, anche l'eolico al pari di tutte le altre fonti di energia rinnovabile, ha un impatto e un costo ambientale che richiede di essere identificato e stimato, quando si intenda realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica.

I costi ambientali possono essere definiti come, tutti quei costi derivanti dalla realizzazione di un progetto non sostenuti dal proponente ma imposti alla collettività per effetto di tale realizzazione. Essi sono anche definiti esternalità negative o diseconomie.

Nel corso degli anni Novanta, l'Unione Europea ha sviluppato un progetto denominato ExternE (Externalities of Energy), con l'obiettivo di definire i metodi e di aggiornare le stime dei valori delle esternalità ambientali derivanti dalla produzione di energia elettrica, con particolare riguardo a quella da fonti rinnovabili.



2 Analisi dei costi e dei benefici

2.1 Costi di produzione dell'energia e dei costi ambientali

I costi della generazione di energia elettrica dal vento dipendono da vari fattori, in particolare dall'intensità del vento nel sito prescelto, dal costo delle turbine e delle relative attrezzature, dalla vicinanza alla rete elettrica nazionale e dall'accessibilità del sito. Innanzitutto, è opportuno ricordare, come l'individuazione e le caratteristiche anemologiche del sito prescelto, abbiano un'indubbia importanza economica, in quanto la fisica chiarisce che la potenza della vena fluida è proporzionale al cubo della velocità del vento: se quest'ultima dovesse raddoppiare, matematicamente si potrebbe ottenere un'energia otto volte maggiore. Inoltre, rispetto ad una tradizionale centrale di energia alimentata con combustibili fossili, una centrale energetica a fonte rinnovabile è caratterizzata dall'assenza di oneri per il "combustibile", in quanto il vento è una risorsa assolutamente gratuita e perciò disponibile liberamente. Da oltre venti anni, ossia da quando l'industria del settore ha cominciato a raggiungere la sua maturità commerciale, il costo dell'energia eolica è in continua diminuzione, grazie alle economie di scala legate all'ottimizzazione dei processi produttivi, alle innovazioni e al conseguente miglioramento delle prestazioni degli aerogeneratori eolici. Esistono vari studi che stimano i costi dell'energia generata da impianti eolici, molti dei quali utilizzano l'approccio del "costo di produzione costante dell'energia" rapportato all'intera vita operativa dell'impianto, meglio conosciuto con l'acronimo LCOE (Levelized Cost of Energy). Questo tipo di approccio tiene conto dei costi di investimento del capitale, del costo delle operazioni di manutenzione degli impianti (O&M) e del costo del combustibile. Costituisce inoltre un punto di riferimento nelle analisi dei costi di produzione dell'energia elettrica derivante dalle diverse fonti esistenti. Studi recenti evidenziano come il costo del capitale risulti essere il principale componente per le tecnologie non fossili, mentre, al contrario, il costo del combustibile ha un peso molto grande per la maggior parte di quelle fossili.

Come indicato dai dati rilevati da Althesis nell'ultimo IREX Report 2021 il costo medio dell'energia elettrica prodotta da fonte eolica in Europa nel 2020, inteso come Levelized Cost of Electricity (LCOE), è stato di 47,6 euro a MWh. L'approvazione dei nuovi obiettivi climatici UE apre le porte a una nuova trasformazione del sistema energetico, per la quale il settore elettrico è chiamato a svolgere un ruolo chiave. Per coglierne le opportunità serve una visione di lungo termine, al cui centro risiedano tre pilastri: minimizzazione dei costi, sicurezza degli approvvigionamenti ed equità sociale. Permettendo più snello, sviluppo degli accumuli, sostegno alle nuove tecnologie, riforma del sistema fiscale, sono tra le principali misure per le policy future. Nuove sfide riguardano il disegno di una nuova architettura di mercato elettrico a supporto della transizione verso un settore decarbonizzato, che non sia da ostacolo alla competitività delle imprese e che favorisca, invece, un rilancio industriale.

2.2 I costi esterni che ricadono sulla comunità

Nella determinazione dei costi associati ad un impianto di produzione di energia da fonte eolica, occorre considerare anche i costi ambientali, definiti esternalità negative o diseconomie. Come sopra evidenziato, trattasi di quei costi non sostenuti dal proponente ma imposti alla collettività, per effetto della realizzazione dell'impianto eolico.



Una categoria è quella dei costi esterni, cioè quei costi che non rientrano nel costo complessivo di gestione e non ricadono quindi su produttori e consumatori. Sono però costi imposti dalla società e comprendono tutti potenziali danni causati all'ambiente o alla salute dell'uomo dall'utilizzo di uno specifico combustibile durante tutta la gestione del prodotto, dall'acquisizione alla dismissione. Questi costi sostenuti dalla società rappresentano generalmente il 2% del prodotto interno lordo dell'Unione Europea. I metodi tradizionali di valutazione economica non ne tengono conto, rendendo difficile un confronto fra le tecnologie impiegate per lo sfruttamento di fonti rinnovabili e non. La Commissione Europea attraverso il cosiddetto progetto "ExternE", valuta i costi esterni legati alla produzione di energia elettrica lungo tutta la vita di un impianto.

| FONTE | COSTO ESTERNO NELL'UE (c€/kWh) |
|----------|--------------------------------|
| CARBONE | 2-15 |
| PETROLIO | 3-11 |
| GAS | 1-3 |
| NUCLEARE | 0,2-0,7 |

| FONTE | COSTO ESTERNO NELL'UE (c€/kWh) |
|---------------|--------------------------------|
| BIOMASSE | 0,08-3 |
| IDROELETTRICA | 0,03-1 |
| FOTOVOLTAICO | 0,4-0,6 |
| EOLICO | 0,05-0,25 |

Figura 1: Costi esterni fonte ExternE

Nonostante i dati del progetto ExternE siano fermi al 2005, essi rappresentano, in ogni caso, un valido punto di partenza per identificare e quantificare i costi ambientali relativi alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica.

Lo studio in commento individua quali **esternalità rilevanti per gli impianti eolici, il rumore e l'impatto visivo**, ritenendo trascurabili, anche sotto il profilo monetario, gli impatti relativi alla flora, fauna, avifauna ed in generale sull'ecosistema, fatta eccezione per quegli impianti da costruirsi in aree di particolare valore naturalistico (SIC-ZPS-PARCHI). Parimenti trascurabili sono considerati l'impatto elettromagnetico e quello sul suolo.

In considerazione delle suddette premesse e con riferimento al Parco Eolico in progetto, di seguito si individuano e si stimano i relativi costi esterni.

Considerando, come da figura 1, un valore medio pari a 0,0015 €/kWh

$39.6 \text{ MW} \times 1772 \text{ h} = 60.250 \text{ MWh} = 70.171.200 \text{ kWh}$

Costo esterno = $0,0015 \text{ €/kWh} \times 70.171.200 \text{ kWh} \times 20 \text{ anni} = 2.105.136 \text{ €}$

Tale valore risulta triplicato per l'utilizzo di un altro impianto a fonte rinnovabile come il fotovoltaico e addirittura cinquanta volte per l'utilizzo di impianti convenzionali a carbone o petrolio.



2.3 Risparmio di emissioni di CO₂ e relativi benefici

Tra i benefici che un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica garantisce al Paese in cui è installato, vi sono i valori delle immissioni di CO₂ che vengono evitate poiché l'eolico rappresenta una fonte di energia "pulita". Trattasi, quindi, di una esternalità positiva per la quale occorre determinare il relativo valore economico.

Negli ultimi anni la comunità scientifica nazionale ed internazionale ha avuto modo di produrre e divulgare numerosi saggi e pubblicazioni che vanno ad illustrare come e quanto la produzione di energia elettrica da fonte eolica presenti dal punto di vista ambientale (emissioni di tipo gassoso dannose per l'ambiente evitate rispetto a fonti combustibili fossili) un sicuro vantaggio.

Nel 2017 gli impianti eolici installati ammontano ad 9.496 MW che hanno consentito di produrre un quantitativo di energia pulita pari a 17,5 TWh, corrispondenti a circa 24 milioni di barili di petrolio a circa 12 milioni di tonnellate di emissioni di CO₂ evitate.

Inoltre, il GWEC, (Global Wind Energy Council) rende noto nel suo rapporto annuale come l'incremento nel 2019 sia stato di ben 60,4 GW, pari ad una crescita del 19% rispetto agli impianti installati l'anno precedente. Nel suo complesso la crescita è stata del 10% passando da 590,6 GW a 651 GW circa.

Nel caso specifico, per il calcolo delle emissioni evitate, si sono presi a riferimento i dati elaborati dal GSE (Il punto sull'eolico 2019) e da ISPRA (Fattori di emissione atmosferica di CO₂ e altri gas ad effetto serra nel settore elettrico 2019).

Pertanto, assumendo quale prezzo medio della CO₂ l'importo di 23,11 €/t (fonte SENDECO₂), ovvero 0,02311 €/kg, e considerando un risparmio di immissioni in atmosfera di 0,56 kg di CO₂ per ogni kWh (fonte Ministero Ambiente), possiamo stimare il valore monetario del beneficio ambientale in questione come segue:

- $0,02311 \text{ €/kg} \times 0,56 \text{ kg/kWh} = 0,012942 \text{ €/kWh}$

- **Costo positivo:** $0,012942 \text{ €/kWh} \times 60.250.000 \text{ kWh} \times 20 \text{ anni} = 15.595.110 \text{ €}$

Monetizzando il risparmio di CO₂ avuto con l'installazione dell'impianto in progetto, si ha un beneficio stimato pari a circa 15 milioni di euro.

Risparmio di emissioni di CO₂ e NO_x, rispetto ad impianti termici.

Nella tabella che segue sono riportati i dati relativi alla produzione termoelettrica lorda ed alle relative emissioni di gas serra e di contaminanti atmosferici.

La combustione nel settore elettrico è inoltre responsabile delle emissioni in atmosfera di contaminanti che alterano la qualità dell'aria. Nella seguente tabella sono riportate le emissioni dei principali contaminanti atmosferici quali ossidi di azoto (NO_x), ossidi di zolfo (SO_x), composti organici volatili non metanici (COVNM), monossido di carbonio (CO), ammoniaca (NH₃) e materiale particolato (PM₁₀).

Anno 2019

Produzione termoelettrica lorda: **208.800.000 MWh.**



| Emissioni (relative al settore "energia elettrica e calore") | | | |
|--|---|----|-----|
| Gas serra | Anidride carbonica - CO ₂ | 10 | ton |
| | Metano - CH ₄ | 23 | ton |
| | Protossido di azoto - N ₂ O | 53 | ton |
| Contaminanti atmosferici | Ossidi di azoto - NO _x | 80 | ton |
| | Ossidi di zolfo - SO _x | 22 | ton |
| | Composti organici volatili non metanici - COVNM | 27 | ton |
| | Monossido di carbonio - CO | 34 | ton |
| | Ammoniaca - NH ₃ | 20 | ton |
| | Materiale particolato - PM ₁₀ | 19 | ton |

Tabella 1: Fattori di emissione dei combustibili elaborati da ISPRA.

Per giungere ad una comparazione tra le tipologie di produzione elettrica, per quanto riguarda l'aspetto delle emissioni atmosferiche, occorre ricavare fattori di conversione, indicanti le emissioni (in ton) generate per MWh di produzione termoelettrica (Tabella 1). In particolare, si ricava che la quantità di emissione di CO₂ prodotta per ogni MWh da fonte termoelettrica è pari a 511 kg.

| Emissioni evitate per MWh | | |
|---|----------|---------|
| Gas serra | | |
| Anidride carbonica - CO ₂ | 0,511973 | Ton/MWh |
| Metano - CH ₄ | 0,001102 | Ton/MWh |
| Protossido di azoto - N ₂ O | 0,002538 | Ton/MWh |
| Contaminanti atmosferici | | |
| Ossidi di azoto - NO _x | 0,000386 | Ton/MWh |
| Ossidi di zolfo - SO _x | 0,001082 | Ton/MWh |
| Composti organici volatili non metanici - COVNM | 0,000013 | Ton/MWh |
| Monossido di carbonio - CO | 0,000166 | Ton/MWh |
| Ammoniaca - NH ₃ | 0,000001 | Ton/MWh |
| Materiale particolato - PM ₁₀ | 0,000009 | Ton/MWh |

Tabella 2: Emissioni di inquinanti evitate per MWh

Utilizzando i fattori di conversione sopra determinati al parco eolico di progetto, si ottengono le tonnellate di inquinanti evitate rispetto al tradizionale termoelettrico:



| Emissioni evitate per MWh e per vita utile dell'impianto | | |
|---|----------|------------|
| | Ton/anno | Ton/20anni |
| Gas serra | | |
| Anidride carbonica - CO₂ | 30.846 | 616.928 |
| Metano - CH₄ | 66 | 1.327 |
| Protossido di azoto - N₂O | 153 | 3.059 |
| Contaminanti atmosferici | | |
| Ossidi di azoto - NO_x | 23 | 466 |
| Ossidi di zolfo - SO_x | 65 | 1.304 |
| Composti organici volatili non metanici - COVNM | 1 | 16 |
| Monossido di carbonio - CO | 10 | 200 |
| Ammoniaca - NH₃ | 0 | 1 |
| Materiale particolato - PM₁₀ | 1 | 11 |

Tabella 3: Tonnellate di inquinanti per MWh/anno e per 20 anni

Dai risultati tabellati si evince che l'impianto eolico in progetto porterà un risparmio di circa 616 mila tonnellate di CO₂ e di circa 466 tonnellate di NO_x nell'arco della sua vita utile stimata in 20 anni.

A questi valori andrebbero aggiunti anche le emissioni CO₂ e NO_x evitate, relative alle attività di estrazione, trasporto e fornitura dei combustibili fossili per gli impianti alimentati da fonti fossili, difficilmente quantificabili.



3 Analisi costi benefici dell'impianto rispetto ad impianti di uguale potenza funzionanti con altre rinnovabili.

Sotto il profilo delle energie rinnovabili, quest'area potrebbe essere utilizzata oltre che per l'energia eolica, per la generazione di energia elettrica da solare fotovoltaico e da motori endotermici alimentati da Biogas prodotto dalla digestione anaerobica di prodotti e scarti agricoli.

3.1 Occupazione di suolo

Il parco eolico in progetto, considerando la superficie occupata dalla viabilità di nuova realizzazione o che si andrà a adeguare e l'area delle piazzole prevede di occupare una superficie complessiva pari a circa 97.6122 m². Pari a 9,76 ha.

Nel calcolo della superficie occupata non sono state prese in considerazione le aree spazzate delle pale e le aree di occupazione temporanea (12-18 mesi) necessarie alla costruzione del parco eolico da restituire successivamente alle opere agricole. Le aree in questione sono infatti di tipo agricolo, con la maggior parte dei terreni attualmente lavorati a seminativo. Tale tipologia di attività potrà essere portata avanti anche durante le fasi di esercizio del parco eolico.

Un impianto fotovoltaico, di tipo fisso con pannelli posati direttamente sul terreno sviluppa circa 1 MW per ettaro di terreno utilizzato. Pertanto, se si volesse costruire un impianto fotovoltaico con la stessa potenza installata del parco eolico in progetto, dovrebbero essere utilizzati circa 40 ha di terreno.

Si comprende come un impianto eolico ha un indice di utilizzo del suolo inferiore rispetto alla tecnologia fotovoltaica.

Per quanto riguarda il **biogas da biomassa**, la stima delle superfici verrà analizzata tenendo in considerazione la taglia di 1 MW elettrico. A livello bibliografico la taglia degli impianti biogas oscilla tra 40 kW e 1500 kW di potenza elettrica e circa il 60% degli impianti presenti in Italia è di taglia pari a 1 MW.

Ricerche bibliografiche specifiche hanno portato a stimare, per un impianto di produzione di energie elettrica a biogas, una superficie occupata pari a circa 25.000 mq (2,5 ha/MW). Questo valore indica l'occupazione di suolo dell'impianto (vasche, motore, trincee, digestori), ma bisogna considerare che per il funzionamento dell'impianto, in base alla dieta scelta, servono circa 100 ha di terreno adibiti alla coltivazione della biomassa vegetale dedicati ad alimentare l'impianto. In questo senso il valore dell'occupazione di suolo nella fase di funzionamento dell'impianto è di 102,5 ha/MW.

Se fosse possibile realizzare un impianto della potenza di 39,6 MW o 40 impianti da 1 MW occorrerebbe una superficie agricola dedicata all'impianto di circa 4000 ha.

Per questi motivi si è ritenuto che l'alternativa della generazione elettrica tramite biogas non possa essere percorribile nel caso di specie.

3.2 Emissioni

È utile ricordare che per gli impianti eolici e fotovoltaici, a differenza del biogas, **la fase di esercizio è caratterizzata da emissione atmosferiche pari a zero.**

Il biogas viene prodotto attraverso la digestione anaerobica o fermentazione di materiale organico biodegradabile. Questo processo avviene in condizioni controllate in digestori, dove vengono utilizzati diversi tipi e miscele di materiali organici, quali concimi, colture energetiche, fanghi. Il biogas prodotto contiene principalmente metano, biossido di carbonio e tracce di altri componenti. Questa composizione dipende dalla miscela organica di partenza usata per la produzione del biogas.

Il biogas prodotto alimenta un cogeneratore costituito da un motore a combustione interna (a ciclo Otto modificato o turbina a gas), accoppiato ad un alternatore ed a uno scambiatore di calore per il recupero termico. Il principio su cui lavora un cogeneratore si basa sull'ossidazione del metano mediante combustione; ne consegue una trasformazione del metano prevalentemente in CO₂ e H₂O e altri inquinanti che possono derivare dalla incompleta combustione.

Tutti gli impianti sono dotati di sistemi di controllo delle emissioni nocive per la riduzione e il controllo delle emissioni in atmosfera derivate da motori a combustione interna e da caldaie. I valori limite delle emissioni sono regolamentati dal D. Lvo 152/2006 e ss.mm.ii.

Tra le rinnovabili l'eolico è tra le fonti che presentano mediamente i maggiori risparmi di gas serra per unità energetica prodotta (fonte GSE – rapporto di ottobre 2017).

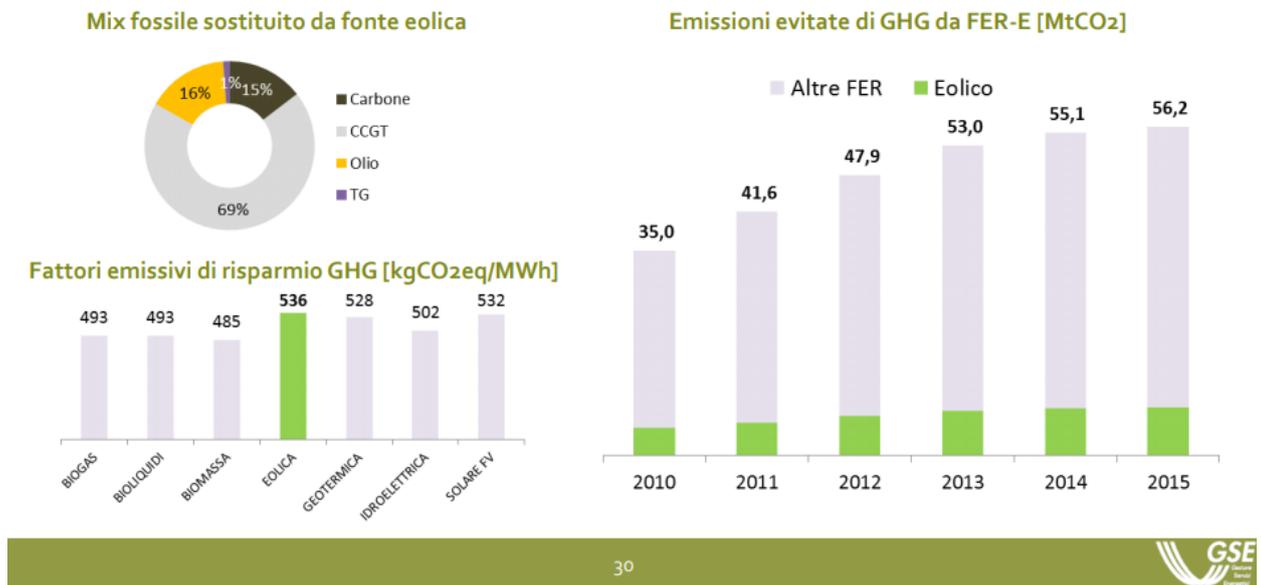


Figura 2: Risparmio di gas serra per fonte rinnovabile fonte GSE

Secondo l'ISPRA, l'Istituto Superiore per la Produzione e la Ricerca Ambientale, nel report 2020 denominato: **"Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei"**, lo sviluppo delle fonti rinnovabili nel settore elettrico nazionale ha avuto un rilevante impulso a partire dal 2007 nonostante l'arresto negli ultimi anni dell'andamento positivo osservato fino al 2014. La quota di energia elettrica rinnovabile rispetto alla produzione totale lorda è passata da 15,3% nel 2007 a 43,1% nel 2014 per scendere fino a 35,1% nel 2017 e risalire a 39,5% nel 2018, soprattutto per l'incremento di produzione della fonte idroelettrica. Le prime stime per il 2019 mostrano un consolidamento dell'incremento registrato



senza significativa crescita. **Lo sviluppo delle fonti rinnovabili nel settore elettrico è una conseguenza delle politiche di riduzione delle emissioni di gas serra e degli obiettivi di incremento della quota di energia rinnovabile nei consumi finali.** Tale incremento nel settore elettrico è stato possibile attraverso diverse misure quali incentivazione e priorità di dispacciamento dell'energia elettrica da fonti rinnovabili. La riduzione dei consumi che la crisi economica ha determinato dal 2007 ha portato, parallelamente al crescente l'investimento in nuova potenza rinnovabile, l'incremento della quota delle fonti rinnovabili. Per quanto riguarda le emissioni atmosferiche del settore elettrico si osserva una rapida diminuzione dei fattori di emissione di CO₂ per la generazione elettrica. I risultati possono essere sintetizzati come segue:

- le emissioni di CO₂ sono diminuite da 126,2 Mt nel 1990 a 85,4 Mt nel 2018, mentre la produzione lorda di energia elettrica è passata nello stesso periodo da 216,6 TWh a 289,7 TWh; i fattori di emissione di CO₂ per la generazione di energia elettrica mostrano quindi una rapida diminuzione nel periodo 1990-2018. Considerando anche le emissioni dovute alla produzione di calore nel 2018 le emissioni di CO₂ del settore elettrico ammontano a 97,8 Mt;
- le emissioni di CH₄ e N₂O incidono da 0,4% a 0,7% sulle emissioni di gas serra totali provenienti dal settore elettrico per la produzione di elettricità e calore;
- i fattori di emissione dei principali inquinanti atmosferici emessi dal settore elettrico mostrano una costante diminuzione. In particolare, si registrano significative riduzioni rispetto al 2005 dei fattori di emissione di ossidi di azoto (-40,7%) e PM₁₀ (-82,2%).
- l'analisi della decomposizione mostra che storicamente l'aumento dell'efficienza tecnologica nel settore termoelettrico e il connesso incremento della quota di gas naturale hanno avuto un ruolo dominante nella diminuzione delle emissioni di CO₂, mentre negli ultimi anni il significativo incremento della quota di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili assume un ruolo prevalente rispetto agli altri fattori considerati;
- l'analisi della decomposizione dei consumi elettrici mostra che l'efficienza contribuisce alla riduzione delle emissioni atmosferiche solo nel settore industriale che rivela una struttura piuttosto eterogenea per i diversi comparti, mentre nel settore terziario la diminuzione dei fattori di emissione è compensata dall'incremento dei consumi elettrici.

I fattori di emissione nel settore per la generazione e il consumo di energia elettrica sono indispensabili per la programmazione e il monitoraggio di iniziative volte alla riduzione delle emissioni di gas serra che coinvolgono il settore elettrico, in relazione alle strategie di sviluppo del settore a livello nazionale e alle misure di risparmio energetico che è possibile adottare anche a livello locale. Il potenziale di riduzione delle emissioni di gas serra può essere valutato solo attraverso la conoscenza dei fattori di emissione per la produzione di energia elettrica dalle diverse fonti energetiche e la quantificazione del contributo dei fattori determinanti la variazione delle emissioni atmosferiche. I fattori di emissione forniti nel presente studio consentono di effettuare una stima delle emissioni di CO₂ evitate in seguito al contributo di diverse componenti e l'analisi della decomposizione fornisce una quantificazione del relativo contributo. **In termini pratici, utilizzando i fattori di emissione per i consumi elettrici stimati per il 2018, il risparmio di un kWh a livello di utenza media consente di evitare l'emissione in atmosfera di un quantitativo di CO₂ pari al rispettivo fattore di emissione nazionale, ovvero 281,4 g CO₂, mentre la sostituzione di un kWh prodotto da fonti fossili con uno prodotto da fonti rinnovabili consente di evitare l'emissione di 493,8 g CO₂ con il mix di combustibili fossili del 2018.** L'Italia ha ridotto il fattore di emissione per la produzione di elettricità e calore del 48,8% dal 1990 al 2018, contro una riduzione del 34,2% della Germania e del 11,5% della Polonia. Queste percentuali di riduzione sono le più basse tra i



principali Paesi emettitori in Europa. Inoltre, questi Paesi sono caratterizzati dai fattori di emissione più elevati. La riduzione dei fattori di emissione di gas serra dal 1990 in Germania e Polonia di pari entità a quanto registrato per l'Italia avrebbe determinato, a parità di energia elettrica e termica prodotta nel 2018, una mancata emissione di 122,8 Mt CO₂eq, quasi il 12% delle attuali emissioni del parco termoelettrico europeo.



4 Ricadute sociali ed occupazionali

L'energia eolica è una risorsa importante per l'economia europea. Ha resistito alla crisi del COVID-19 e quindi può svolgere un ruolo significativo in una ripresa economica verde. Ma il vento crea ulteriori vantaggi oltre a posti di lavoro e valore per l'economia.

In Italia secondo le stime dell'ANEV qualora si installassero i 19.300 MW di impianti eolici previsti dal PNIEC, si contribuirebbe a incrementare l'occupazione con 67.200 posti di lavoro, distribuiti in buona percentuale nel Meridione. In Italia l'eolico crea ogni anno un flusso finanziario di circa 3,5 miliardi di euro fra investimenti diretti e indiretti e conta oggi oltre 27.000 addetti. Inoltre, nel 2019 sono stati prodotti 20,06 TWh da eolico che equivalgono al fabbisogno di circa 20 milioni di persone e ad un risparmio di circa 12 Mt di emissioni evitate di CO₂ e di 25 milioni di barili di petrolio.

Oltre ai benefici di carattere ambientale che scaturiscono dall'utilizzo di fonti rinnovabili esplicitabili in barili di petrolio risparmiati, tonnellate di anidride carbonica, anidride solforosa, polveri, e monossidi di azoto evitate si hanno anche benefici legati agli sbocchi occupazionali derivanti dalla realizzazione di campi eolici.

L'insieme dei benefici derivanti dalla realizzazione dell'opera possono essere suddivisi in due categorie: quelli derivanti dalla fase realizzativa dell'opera e quelli conseguenti alla sua realizzazione.

Nello specifico, in corso di realizzazione dei lavori si determineranno da un lato variazioni a breve termine sull'occupazione della popolazione residente dall'altro un'influenza sulle prospettive a medio-lungo periodo soprattutto per le categorie dell'indotto:

- esperienze professionali generate;
- specializzazione di mano d'opera locale;
- qualificazione imprenditoriale spendibile in attività analoghe future, anche fuori zona, o in settori diversi;

oltre che dei principali settori produttivi coinvolti come:

- fornitura di materiali locali;
- noli di macchinari;
- prestazioni imprenditoriali specialistiche in subappalto,
- produzione di componenti e manufatti prefabbricati, ecc;

Si prevede inoltre una crescente domanda di servizi e di consumi generata dalla ricaduta occupazionale con potenziamento delle esistenti infrastrutture e sviluppo di nuove attrezzature nei settori:

- alloggi per maestranze e tecnici fuori sede e loro familiari;
- ristorazione;
- ricreazione;
- commercio al minimo di generi di prima necessità, ecc.

Tali benefici, non dovranno intendersi tutti legati al solo periodo di esecuzione dei lavori, né resteranno confinati nell'ambito del solo territorio comunale. Più nello specifico l'occupazione nel settore eolico è associata alle seguenti principali tipologie di attività:

Sviluppo:



- scouting, anemometria, anemologia, ingegneria di progetto, studi ed analisi ambientali, monitoraggi, carteggi progettuali, iter autorizzativo, ecc.
- consulenza specialistica (rilievi piano altimetrici, carotaggi, ecc.)
- consulenze specialistiche locali (agronomi, geologi, cartografi, ecc.)
- rogiti notarili (contratti, atti di servitù, cessioni, ecc.)
- Finanziamento:
- società di ingegneria, periti (due diligence tecnica)
- studi legali, periti (due diligence legale e amministrativa)
- consulenti assicurativi, periti (due diligence assicurativa)
- istituzioni bancarie per il finanziamento
- Costruzione:
- Aerogeneratore (generatore eolico, moltiplicatore di giri, rotore - cioè pale e mozzo - torre, freni, sistemi elettronici, navicella).
- Automazione di controllo e gestione, sistema trasmissione dati, sistemi di controllo remoto
- Apparecchiature elettromeccaniche (cavi elettrici, connessione alla rete, quadri elettrici, trasformatori MT/AT, ecc.)

Installazione:

- opere civili per strade di impianto, adeguamento viabilità, piazzole e fondazioni, sottostazioni elettriche e connessione con rete elettrica nazionale, scavi per cavidotti interrati, rilievi, livellamenti, ripristini ambientali, ecc. gestione/manutenzione:
- parco eolico (manutenzione strade, sgombero neve, cartellonistica, ecc.)
- aerogeneratori (ordinaria e straordinaria manutenzione)
- sottostazione elettrica (ordinaria e straordinaria manutenzione).

Lo studio pubblicato da **ANEV** (Associazione Nazionale Energia del Vento), sul potenziale realizzabile nel nostro Paese per quanto riguarda l'eolico, su terraferma e in mare, oltre a stimare il contributo in termini di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile affronta la questione anche in termini occupazionali.

Tale studio, si è posto come obiettivo quello di delineare lo scenario relativamente alle potenzialità del settore eolico al 2030 sia in termini di produzione che di ricadute occupazionali. Se il numero degli occupati alla fine del 2016 contava 28.942 unità, si stima che entro il 2030 il numero di posti di lavoro sarà più che raddoppiato. Infatti, entro il 2030, si prevede un numero complessivo di lavoratori pari a 67.200 unità in tutto il territorio nazionale, di cui un terzo di occupati diretti (22.562) e due terzi di occupati dell'indotto (44.638).

L'applicazione della metodologia ANEV e UIL stima ad oggi circa 16.000 unità di lavoratori nel settore eolico in Italia; lo stesso valore è stato ottenuto con un'altra metodologia elaborata da Deloitte per conto di Wind Europe, confermando l'accuratezza della stima.

In termini energetici invece emerge che al 2030 sono raggiungibili i seguenti obiettivi:

- Obiettivo elettrico 42,7 TWh;
- Obiettivo di potenza 19.300 MW
- Produzione per ogni abitante: 661 KWh;
- Occupazione del territorio in termini assoluti: 0.0008%;



- Previsione della produzione eolica rispetto al Consumo interno lordo: 10%.

Dall'analisi di tali dati si desume il dato medio in Italia relativo al numero di addetti nel settore per ogni MW installato; quindi, per 19.300 MW installati e 67.200 addetti totali si avranno 3.48 addetti /MW.

Quindi per la Regione Campania in base all'obiettivo di potenziale eolico al 2030 si deduce che il numero di addetti diretti ed indiretti nel settore eolico potrebbe arrivare a 8.638 per 910 MW da installare.

In particolare, volendo parametrizzare i dati all'impianto in progetto, per le sole attività dirette e tralasciando la componente indiretta di ricaduta sul territorio che comunque gioca un ruolo importante, mediando tra tutti i parchi sviluppati si evince la distribuzione occupazionale ed una corrispondenza previsionale relativa all'impianto in progetto.

| | Addetti | Mesi di lavoro |
|------------------------------|----------------|-----------------------|
| Sviluppo e ingegneria | 20 | 48 |
| Finanziamento | 15 | 12 |
| Costruzione | 50 | 12 |
| Istallazione | 50 | 12 |
| Gestione | 15 | 360 |
| Tot. | 150 | |
| Addetti/MW | 3,50 | |

A tali addetti si aggiungono tutte le competenze tecniche e professionali che svolgono lavoro sotto forma indiretta e che sono parte del sistema economico a monte e a valle della realizzazione dell'impianto eolico pari a circa il doppio rispetto a quello diretto.



5 Proventi annui derivanti dalla valorizzazione dell'energia prodotta dall'impianto

Dal 15 dicembre è in vigore il Dlgs RED2, con cui il legislatore nazionali ha cercato di disciplinare i vari aspetti che dovranno necessariamente accompagnare lo sviluppo delle RES lungo la strada che ci porterà a rispettare gli obiettivi ambiziosi del PNRR.

Tra i vari aspetti che saranno disciplinati troviamo anche la definizione dei nuovi incentivi per il quinquennio 2023-2027. Non sono ancora noti i dettagli del nuovo schema ma si suppone che l'obiettivo sia quello di favorire lo sviluppo delle energie a fonte rinnovabile al più basso costo possibile e nel modo più efficiente possibile, questo con il duplice vantaggio di incrementare la penetrazione delle rinnovabili nel sistema di generazione italiano, sia di contenere l'inevitabile rincaro dei prezzi dell'energia.

Ipotizzando che lo schema FER ricalcherà quanto già stabilito negli attuali meccanismi, ci possiamo attendere un valore stimato del prezzo dell'energia sempre più prossimo a quello che rappresenta l'attuale LCOE, ossia 47,6 €/MWh, che significa un ricavo annuo pari ad Euro 3.336.380.



6 Conclusioni

Analizzando quindi l'energia elettrica generata, la quantità di emissioni evitate, l'occupazione di suolo ed i costi di produzione, nonché le ricadute economiche-occupazionali, risulta che la fonte di tipo eolico nel resoconto costi-benefici risulta conveniente rispetto alle fonti energetiche tradizionali e rispetto ad altre fonti rinnovabili.