

Il ruolo strategico dell'eolico offshore nella competitività del Paese.

Sviluppo industriale, sicurezza energetica e politica
economica.

Uno studio indipendente del Politecnico di Torino (Marine Offshore Renewable
Energy Lab, Energy Center), Intesa Sanpaolo, Politecnico di Bari, Prometeia,
OWEMES



10 giugno 2026

Autori

- per Intesa Sanpaolo: Giovanni Foresti
- per il Politecnico di Torino: Giuliana Mattiazzo, Enrico Giglio, Caterina Carà, Gabriele Mangia, Lorenzo Dutto
- per OWEMES - Sapienza Università di Roma: Gianmarco Bianchi, Rosalba Cardamone, Andrea Carloni, Alessandro Corsini
- per il Politecnico di Bari: Lorenzo Ardito, Antonio Messeni Petruzzelli
- per Prometeia: Bianca Barbaro, Leonardo Catani, Alessandra Lanza

Policy brief

Lo sviluppo dell'eolico offshore in Italia non implica soltanto l'installazione di nuova capacità rinnovabile, ma la possibilità di trasformare una traiettoria energetica in una leva di politica industriale, sicurezza energetica e sviluppo territoriale. In tale prospettiva, il contingente dedicato di 3,8 GW previsto dal DM FER2 rappresenta un primo riferimento operativo per l'avvio del settore, al quale si affiancano prospettive di sviluppo del sistema elettrico nazionale, sviluppate da Terna, che portano l'eolico offshore verso 10 GW al 2040 e 20 GW al 2050. Questa progressione non definisce soltanto obiettivi energetici, ma configura una domanda industriale crescente rispetto alla quale valutare la capacità del Sistema Paese di costruire filiera, trattenere valore economico, rafforzare infrastrutture portuali e contribuire alla competitività nazionale. Le evidenze dello Studio possono essere sintetizzate in tre messaggi principali per il decisore pubblico.

1. L'eolico offshore può trasformare la decarbonizzazione in valore industriale trattenuto nel Paese.

In presenza di un quadro regolatorio stabile e tempestivo, lo sviluppo dell'eolico offshore può generare ricadute significative per il Sistema Paese: circa **129 miliardi di euro di produzione attivata**, oltre **56 miliardi di euro di valore aggiunto**, circa **817 mila unità di lavoro standard** e circa **25 miliardi di euro di gettito fiscale**. Tali effetti non si limitano alla costruzione degli impianti, ma si propagano lungo manifattura, costruzioni, logistica, servizi tecnici, attività ad alta intensità di conoscenza ed esercizio e manutenzione degli asset.

Implicazione per la programmazione pubblica: l'eolico offshore non va valutato soltanto come nuova produzione rinnovabile o come costo di incentivazione, ma come una possibile traiettoria di decarbonizzazione capace di trattenere valore industriale, occupazione qualificata e gettito fiscale sul territorio nazionale.

2. La tempestività delle decisioni è una condizione industriale, non solo energetica.

Il ritardo nella stabilizzazione del quadro regolatorio riduce la capacità della filiera italiana di organizzarsi, investire e intercettare la domanda generata dai progetti offshore. Le stime indicano che un ritardo nell'attivazione degli strumenti di supporto può comportare **una perdita di oltre 31 miliardi di euro di valore aggiunto**, circa **14 miliardi di euro di minore gettito fiscale** e oltre **400 mila occupati (ULA) in meno**. La perdita riguarda in particolare i comparti più rilevanti per la costruzione di una filiera nazionale: circa **8 miliardi di euro in meno nella manifattura** e oltre **3 miliardi di euro in meno nei servizi ad alta intensità di conoscenza**. Anche la componente di esercizio e manutenzione, centrale per creare occupazione stabile nei territori costieri, risulterebbe fortemente ridimensionata.

Implicazione per la programmazione pubblica: il rinvio delle aste non rappresenta una scelta neutrale. Può ridurre il rischio di sostenere una tecnologia ancora in fase di industrializzazione, ma produce al tempo stesso effetti misurabili sulla capacità del Paese di trattenere valore, costruire competenze e attivare una filiera nazionale.

3. L'eolico offshore rafforza sicurezza energetica, diversificazione del mix e resilienza del sistema elettrico.

Al 2050, con i 20 GW previsti nelle prospettive di sviluppo di Terna, l'eolico offshore può raggiungere una produzione superiore a **50 TWh/anno**, pari a circa **l'11% della domanda elettrica nazionale** e a circa **il 15% della produzione rinnovabile**. Il suo valore sistemico emerge soprattutto osservando cosa accadrebbe in sua assenza: già con **10 GW installati**, la mancata produzione offshore comporterebbe una maggiore dipendenza dall'estero pari a circa **16 TWh/anno**, che cresce fino a circa **18 TWh/anno** al 2050, attraverso maggiori importazioni elettriche o maggiore ricorso a gas naturale importato. Su tutto il periodo di vita utile degli impianti considerati, tale effetto cumulato corrisponde a circa 635 TWh di energia, potenzialmente pari a circa 60 miliardi di euro di spesa evitata verso l'estero. Inoltre, con riferimento al prezzo medio della tecnologia marginale e alla crescita attesa della domanda elettrica, la presenza dell'eolico offshore genera un saldo economico potenzialmente positivo nel medio-lungo periodo anche includendo, in via conservativa, il costo degli incentivi e tenendo conto della progressiva riduzione dei costi tecnologici associata alle traiettorie di apprendimento. Il beneficio medio annuo stimato all'interno del mercato elettrico è pari a circa **595 milioni di euro**, con un picco di circa **1,3 miliardi di euro** al 2040.

Implicazione per la programmazione pubblica: l'eolico offshore non è una soluzione unica alla transizione energetica italiana, ma una componente complementare e strategica del mix nazionale, capace di ridurre l'esposizione a forniture energetiche estere, aumentare la diversificazione tecnologica e potenzialmente contribuire al contenimento del costo complessivo di copertura della domanda elettrica.

Indicazione conclusiva.

Le evidenze dello Studio indicano che la tempestiva stabilizzazione del quadro regolatorio e l'attivazione dei meccanismi di supporto non rappresentano soltanto una misura di politica energetica, ma una condizione abilitante per trasformare una domanda potenziale in capacità industriale nazionale. I benefici stimati non sono automatici: richiedono coordinamento tra istituzioni, industria, sistema finanziario, investimenti infrastrutturali, territori e sistema della ricerca e della formazione. Tale coordinamento permetterebbe al tessuto industriale italiano di intercettare una quota significativa del valore generato, che diversamente rischia di essere assorbita da filiere estere già strutturate.

Executive summary

L'eolico offshore rappresenta per l'Italia una possibile leva di transizione energetica, politica industriale e sicurezza nazionale. La sua rilevanza non dipende soltanto dalla capacità di produrre nuova energia rinnovabile ma dal fatto che, a differenza di altre tecnologie ormai fortemente standardizzate e consolidate in filiere extra-nazionali, può attivare una domanda industriale italiana ampia nei comparti della manifattura, cantieristica, logistica portuale, mezzi navali, servizi tecnici, competenze specialistiche ed esercizio e manutenzione degli impianti.

Il punto centrale dello Studio è quindi valutare se, e a quali condizioni, lo sviluppo dell'eolico offshore possa trasformarsi da investimento energetico in valore trattenuto sul territorio nazionale. L'Italia dispone di condizioni favorevoli: una posizione centrale nel Mediterraneo, una pipeline progettuale avanzata, porti potenzialmente strategici, competenze manifatturiere e cantieristiche e servizi professionali già presenti in settori contigui alla filiera offshore. Tuttavia, tali condizioni non garantiscono automaticamente la costruzione di una filiera nazionale: senza un quadro regolatorio stabile ed attivato tempestivamente, così come in assenza di un efficace coordinamento tra istituzioni, industria, sistema finanziario, ricerca e formazione, una quota significativa del valore realisticamente intercettabile dal sistema produttivo italiano rischia di essere assorbita da filiere estere già strutturate.

Per questo motivo, lo Studio adotta un approccio quantitativo e tracciabile, costruito per collegare in modo esplicito la domanda tecnologica generata dai progetti offshore alla capacità produttiva nazionale e agli impatti sul Sistema Paese. La metodologia ricostruisce dal basso la filiera dell'eolico offshore lungo l'intero ciclo di vita degli impianti, attraverso un database multilivello articolato in famiglie, sottofamiglie e voci elementari. Nel complesso, sono state analizzate 197 voci di filiera, relative a componentistica, installazione, esercizio e manutenzione, decommissioning e ingegneria di progetto. Per ciascuna voce sono stati stimati fabbisogni fisici, metriche di costo e distribuzione temporale della domanda; tali elementi sono stati quindi ricondotti a classificazioni economiche e occupazionali tracciabili, attraverso circa 50 codici CPA e CP. A partire da questa ricostruzione, lo Studio ha stimato la capacità produttiva nazionale attuale e quella realisticamente attivabile nel tempo, distinguendo la quota di domanda potenzialmente assorbibile in Italia da quella destinata all'import. Gli output tecnico-industriali sono stati successivamente tradotti in impatti economici, occupazionali e fiscali mediante un modello input-output multiregionale. L'analisi è inoltre integrata da una valutazione energetica del ruolo dell'eolico offshore nel sistema elettrico nazionale e da un processo di validazione industriale delle principali ipotesi e dei risultati.

I risultati mostrano che lo sviluppo dell'eolico offshore può generare ricadute economiche e industriali rilevanti, a condizione che la traiettoria di deployment sia sostenuta da un quadro regolatorio stabile e tempestivo. In particolare, nel caso di attivazione tempestiva delle aste, lo Studio stima circa 129 miliardi di euro di produzione attivata, oltre 56 miliardi di euro di valore aggiunto, circa 817 mila unità di lavoro standard e circa 25 miliardi di euro di gettito fiscale. Tali ricadute non si concentrano soltanto nella costruzione degli impianti, ma si distribuiscono lungo i comparti della manifattura, costruzioni, logistica, servizi tecnici, attività ad alta intensità di conoscenza ed esercizio e manutenzione.

Quest'ultima fase assume un rilievo particolare, poiché consente di stabilizzare nel tempo una parte delle ricadute economiche e occupazionali nei territori coinvolti.

L'analisi della filiera evidenzia tuttavia un quadro articolato. Il sistema industriale italiano presenta segmenti già relativamente solidi, ambiti nei quali esiste capacità ma non pienamente mobilitata e comparti caratterizzati da limiti più strutturali. Movimentazione portuale, meccanici, elettricisti, calcestruzzo e alcuni materiali compositi mostrano una capacità nazionale significativa; altri segmenti, come mezzi navali, gruisti, saldatori e parte della filiera dell'acciaio, richiedono invece interventi di rafforzamento più profondi. Ne deriva che la strategia industriale non può essere uniforme: deve consolidare i punti di forza esistenti, attivare meglio il potenziale disponibile e intervenire sui colli di bottiglia produttivi, professionali, logistici e infrastrutturali.

In questo quadro, le infrastrutture portuali rappresentano uno snodo strategico. Lo sviluppo dell'eolico offshore richiede porti in grado di supportare assemblaggio, movimentazione, installazione, esercizio e manutenzione di componenti di grande scala. Tuttavia, gli investimenti portuali non devono essere letti soltanto come interventi funzionali a una singola tecnologia. Essi possono generare capacità industriali e logistiche riutilizzabili nel tempo, a servizio di più filiere energetiche, manifatturiere e marittime. Il porto può divenire, quindi, una piattaforma industriale multiuso e un elemento di sviluppo territoriale, capace di connettere mare, retroporto, filiera produttiva e nuove traiettorie della transizione energetica.

Il confronto tra una traiettoria di attivazione tempestiva e una traiettoria ritardata evidenzia che il fattore tempo è determinante. A parità di capacità finale installata al 2050, un ritardo nella stabilizzazione del quadro regolatorio riduce in modo significativo la quota di valore intercettabile dal sistema produttivo nazionale. Lo Studio stima, in caso di ritardo, oltre 31 miliardi di euro di valore aggiunto in meno, circa 14 miliardi di euro di minore gettito fiscale e oltre 400 mila occupati (in unità di lavoro - ULA) in meno. La perdita interessa in particolare i comparti più rilevanti per la costruzione di una filiera nazionale, tra cui manifattura e servizi ad alta intensità di conoscenza. Il ritardo, quindi, non produce soltanto uno slittamento della produzione rinnovabile, ma incide sulla capacità del Paese di costruire competenze, organizzare investimenti e trattenere valore industriale.

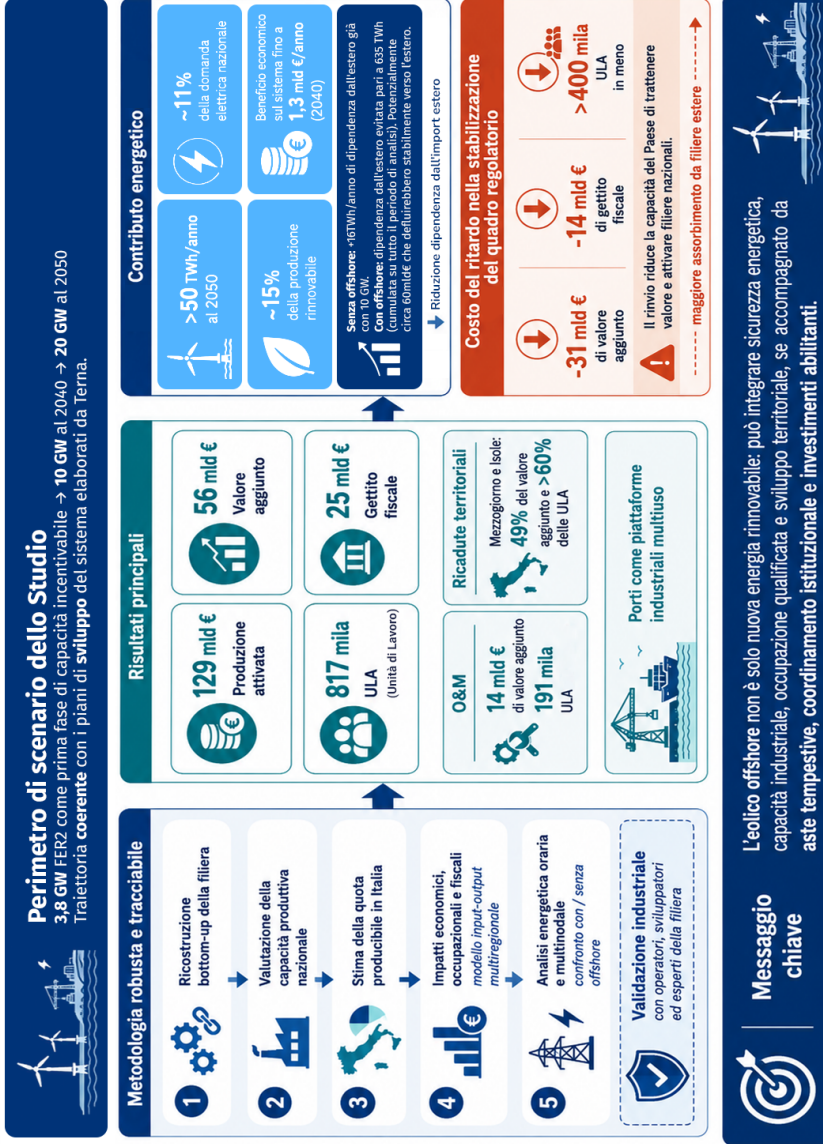
Sotto il profilo energetico, l'eolico offshore contribuisce alla diversificazione del mix elettrico e alla riduzione della dipendenza dall'estero. Considerando al 2050 una potenza eolica offshore installata di 20 GW, in linea con le prospettive di sviluppo elaborate da Terna, la produzione offshore supera i 50 TWh/anno, pari a circa l'11% della domanda elettrica nazionale e a circa il 15% della produzione rinnovabile. Il confronto con una configurazione senza offshore mostra che, già con 10 GW installati, l'assenza della tecnologia comporterebbe una maggiore dipendenza dall'estero pari a circa 16 TWh/anno, fino a circa 18 TWh/anno al 2050, con un ricorso a maggiori importazioni elettriche o gas naturale importato, per un potenziale effetto cumulato su tutto il periodo di vita utile degli impianti considerati pari a circa 635 TWh (circa 60 miliardi di euro di spesa evitata verso l'estero). In ultimo, osservando il prezzo medio della tecnologia marginale, anche includendo in modo conservativo il costo degli incentivi e l'attesa riduzione dei costi tecnologici, l'eolico offshore genera potenzialmente un saldo economico positivo nel medio-lungo periodo, con un

beneficio annuo medio stimato all'interno del mercato elettrico di circa 595 milioni di euro e un picco di circa 1,3 miliardi di euro al 2040.

Nel complesso, lo Studio evidenzia che l'eolico offshore non deve essere interpretato come una tecnologia risolutiva o isolata, ma come una leva complementare all'interno di una strategia più ampia di transizione energetica, politica industriale e sicurezza nazionale. Il suo valore deriva dalla possibilità di integrare più dimensioni: produzione rinnovabile, minore dipendenza energetica dall'estero, sviluppo di filiere industriali, occupazione qualificata, infrastrutture portuali e crescita territoriale. Tali benefici, tuttavia, richiedono condizioni abilitanti: stabilità regolatoria, tempestività degli strumenti di supporto, coordinamento industriale, investimenti infrastrutturali e rafforzamento delle competenze. In assenza di tali condizioni, una quota significativa del valore realisticamente intercettabile dal tessuto produttivo italiano rischia di essere assorbita da filiere estere già strutturate.

Eolico offshore in Italia: sicurezza energetica, filiera industriale e valore per il Paese

Sintesi visuale dei principali risultati dello Studio



Indice

1	Introduzione	11
1.1	L'eolico offshore in Italia e la necessità del presente Studio	12
1.2	Struttura dello Studio	14
2	Metodologia	15
2.1	Input di filiera e funzioni di domanda	16
2.1.1	Struttura del database bottom-up	16
2.1.2	Caratteristiche delle funzioni di domanda	17
2.1.3	Componenti fisiche del parco eolico	18
2.1.4	Attività	20
2.2	Tracciabilità dei settori economici	20
2.3	Costruzione degli scenari di analisi	22
2.4	Costruzione delle curve di capacità industriale nazionale	24
2.5	Allocazione della domanda nazionale ed estera	25
2.6	Modello economico	26
2.7	Validazione industriale delle ipotesi e dei risultati	28
2.8	Scenaristica energetica	30
3	Impatto su filiera industriale, ruolo strategico delle infrastrutture portuali e sicurezza energetica	35
3.1	La filiera dell'eolico offshore	35
3.2	Attivazione della filiera industriale nazionale	36
3.2.1	Scenario A	37
3.2.2	Scenario B	42
3.3	Punti di forza e sfide della filiera industriale nazionale	45
3.4	Riduzione dei costi e alternative tecnologiche: analisi di sensibilità	47
3.5	Investimenti strutturali di lungo periodo per il Sistema Paese . .	51
3.6	Sicurezza energetica	53
4	Impatto economico sul Sistema Paese: produzione, valore aggiunto, occupazione e gettito della filiera nazionale	61
4.1	Gli impatti: produzione, valore aggiunto, occupazione e gettito fiscale	62
4.2	Occupazione stabile e sviluppo economico locale nella fase O&M	64
4.3	Distribuzione settoriale e territoriale degli impatti economici . . .	65
5	Conclusioni e raccomandazioni strategiche	69

1 Introduzione

La **transizione energetica europea** si colloca oggi in un contesto profondamente diverso rispetto a quello in cui sono stati definiti molti degli obiettivi climatici e industriali degli ultimi anni. La decarbonizzazione **non può più essere interpretata soltanto come un percorso di riduzione delle emissioni**, né come una semplice sostituzione tecnologica tra fonti fossili e fonti rinnovabili. Essa è diventata, a tutti gli effetti, una **questione di sicurezza economica, autonomia strategica, resilienza infrastrutturale e politica industriale**. Le tensioni geopolitiche recenti¹, la volatilità dei mercati energetici, la dipendenza europea da forniture fossili esterne e la crescente competizione internazionale sulle catene del valore delle tecnologie pulite hanno reso evidente quanto la questione energetica sia ormai inseparabile dalla competitività dei sistemi produttivi nazionali.

In questa prospettiva, l'efficacia di una strategia di decarbonizzazione non può essere valutata soltanto in termini di energia prodotta, costo della tecnologia o capacità installata. A parità di obiettivo climatico, **diverse traiettorie tecnologiche possono infatti generare ricadute molto differenti sul sistema economico nazionale**. Infatti, tecnologie la cui filiera produttiva è già fortemente consolidata al di fuori del perimetro nazionale possono contribuire in modo rilevante alla riduzione delle emissioni e al contenimento dei costi energetici, ma tendono a trattenere sul territorio una quota limitata del valore industriale generato. Al contrario, **tecnologie infrastrutturali e industrialmente radicabili nel Paese possono trasformare l'investimento energetico** in valore aggiunto, occupazione qualificata, investimenti industriali e sviluppo territoriale, favorendo la costruzione e il consolidamento di competenze tecniche e industriali lungo le filiere della transizione. Per l'Italia, storicamente caratterizzata da una significativa dipendenza dalle importazioni energetiche² e da un tessuto manifatturiero fortemente esposto al costo dell'energia, questo passaggio è decisivo: **la transizione non può limitarsi a importare tecnologie pulite, ma deve contribuire a costruire nuove filiere, rafforzare quelle esistenti e trattenere sul territorio nazionale una quota significativa del valore generato**.

L'eolico offshore si inserisce esattamente in questa traiettoria, come una delle componenti di un mix energetico nazionale più diversificato, nel quale fonti rinnovabili, accumuli, infrastrutture elettriche e industriali e tecnologie programmabili devono concorrere in modo integrato alla sicurezza e alla decarbonizzazione del sistema. Allo stesso tempo, **l'eolico offshore presenta una peculiarità particolarmente rilevante per il Sistema Paese**: è una **tecnologia rinnovabile ad alta intensità infrastrutturale e industriale**. La sua realizzazione può attivare una catena del valore ampia, che coinvolge manifattura avanzata, cantieristica, logistica portuale, mezzi navali e competenze tecniche specializzate. In particolare, diversamente da filiere

¹La guerra in Ucraina ha determinato il taglio di circa 80 miliardi di metri cubi di forniture di gas russo verso l'Europa (*IEA, 2022*), mentre le tensioni in Medio Oriente hanno richiesto misure di emergenza per mitigare gli effetti della crisi energetica, tra cui il rilascio di circa 400 milioni di barili di petrolio sul mercato (*IEA, 2026*).

²L'Italia nel 2024 si è collocata come il terzo paese dell'Unione Europea per importazioni energetiche derivanti da materie prime quali carbone, gas naturale e petrolio per un totale di 1600 TWh (*IEA, 2024*).

rinnovabili ormai fortemente standardizzate e consolidate fuori dall'Europa, **l'eolico offshore, e soprattutto quello galleggiante, presenta ancora margini significativi per la costruzione di una filiera industriale nazionale ed europea.** Tuttavia, il passaggio dal potenziale tecnico alla realizzazione effettiva dei progetti non è automatico: esso richiede un quadro regolatorio stabile, una chiara e tempestiva pianificazione delle aste, coerente con le specificità della tecnologia, infrastrutture portuali e capacità produttiva adeguate, e una chiara strategia di coordinamento tra istituzioni, industria, territori e sistema finanziario. Difatti, tale meccanismo incentivante, come spesso avviene per le tecnologie non pienamente industrializzate, non va inteso come un trasferimento unidirezionale, ma come uno strumento di stabilizzazione dei prezzi di vendita dell'energia e riduzione del rischio, necessario per rendere finanziabili progetti capital-intensive e per favorire, attraverso la competizione tra operatori, una progressiva riduzione dei costi.

1.1 L'eolico offshore in Italia e la necessità del presente Studio

Nel caso italiano, lo sviluppo dell'eolico offshore rappresenta oggi un'opzione particolarmente rilevante, perché **combina un'ampia disponibilità di risorsa energetica in acque nazionali**, senza ulteriore consumo di suolo, maturazione di una pipeline progettuale avanzata – che testimonia l'interesse industriale per lo sviluppo della tecnologia – e possibilità di attivare una nuova domanda industriale sul territorio. Difatti, a fronte del primo impianto eolico nearshore bottom-fixed entrato in esercizio a Taranto nel 2022 (30 MW), risultano oggi numerosi progetti offshore in diverse fasi di sviluppo, con una potenza complessiva superiore agli obiettivi formalmente programmati. Una parte di tali progetti ha già raggiunto fasi autorizzative avanzate; in particolare, 4,5 GW hanno ottenuto valutazione ambientale positiva e, tra questi, 2,3 GW hanno completato l'iter con l'ottenimento del Decreto VIA: ciononostante, per nessuno di essi è stata avviata la costruzione a causa dell'assenza di un quadro economico-regolatorio pienamente operativo. Questo nonostante il DM FER2 abbia introdotto un contingente dedicato all'eolico offshore pari a 3,8 GW, prevedendo l'accesso agli incentivi tramite procedure competitive. A questo primo riferimento di capacità incentivabile si affiancano scenari di sviluppo di medio periodo che portano l'eolico offshore verso circa 10 GW al 2040 (*Terna-Snam, 2024*) e una prospettiva di lungo periodo pari a circa 20 GW al 2050 (*Terna, 2025*).

Tali valori non rappresentano soltanto obiettivi energetici, ma livelli progressivi di domanda industriale rispetto ai quali valutare la capacità del sistema produttivo nazionale di abilitarsi a rispondere alle nuove opportunità. L'Italia dispone infatti di alcune condizioni di partenza favorevoli: una posizione geografica centrale nel Mediterraneo, porti potenzialmente strategici, competenze ingegneristiche, una tradizione manifatturiera e cantieristica rilevante e operatori già attivi in settori contigui alla filiera offshore.

Allo stesso tempo, il Paese si trova di fronte a una finestra temporale limitata: tali condizioni di partenza, pur rilevanti, non sono sufficienti da sole a garantire la costruzione di una filiera nazionale. Investitori e operatori infrastrutturali necessitano di segnali stabili per poter impegnare capitale, ampliare la capacità produttiva, pianificare gli adeguamenti infrastrutturali,

preparare le competenze necessarie e attivare, quindi, una supply-chain italiana. In assenza di tempestivi segnali, la domanda generata dai progetti rischia di essere assorbita da filiere estere già organizzate, riducendo significativamente la capacità di generare ricadute economiche e occupazionali sul territorio. Il fattore tempo diventa quindi un elemento centrale dell'analisi. In altre parole, un avvio più tardivo delle aste potrebbe beneficiare di una parziale riduzione dei costi tecnologici, legata all'apprendimento industriale maturato in altri mercati. Tuttavia, attendere non è una scelta priva di conseguenze: un ritardo nell'attivazione degli strumenti di supporto non determina soltanto uno slittamento della produzione rinnovabile, ma incide sulla capacità del sistema industriale italiano di prepararsi, investire e trattenere valore. In altri termini, il ritardo potrebbe non produrre solo un costo energetico, ma anche un costo industriale, fiscale e occupazionale.

Il contesto sopra descritto determina l'esigenza del presente Studio. Il suo obiettivo non è descrivere in termini generali il potenziale dell'eolico offshore in Italia, né proporre una valutazione qualitativa dei benefici della tecnologia. Lo Studio intende, invece, fornire una base analitica a supporto del decisore pubblico, quantificando gli effetti industriali, economici, occupazionali ed energetici associati allo sviluppo di una filiera nazionale dell'eolico offshore, attivabili attraverso la tempestiva definizione di un contesto regolatorio stabile. In particolare, lo Studio si propone di rispondere alle seguenti domande:

1. *L'eolico offshore può contribuire alla costruzione di una traiettoria di decarbonizzazione capace di trattenere valore industriale sul territorio nazionale? In particolare, quale ritorno può generare, per il Sistema Paese, in termini di produzione attivata, valore aggiunto, occupazione e gettito fiscale?*
2. *Quali filiere industriali, comparti produttivi e distretti territoriali italiani potrebbero essere attivati, riconvertiti o rafforzati attraverso una strategia pubblica di lungo periodo?*
3. *Qual è il valore sistemico dell'eolico offshore in termini di riduzione della dipendenza energetica estera, diversificazione del mix elettrico e resilienza del Sistema Paese?*
4. *Qual è l'impatto economico, industriale e occupazionale di un ritardo nella stabilizzazione del contesto regolatorio?*

Per rispondere a tali domande, lo Studio adotta un'impostazione metodologica orientata alla tracciabilità, alla concretezza industriale e alla lettura temporale degli effetti. L'analisi ricostruisce dal basso la filiera dell'eolico offshore, scomponendo le principali fasi del ciclo di vita degli impianti e identificando materiali, componenti, lavorazioni, mezzi, professionalità e servizi coinvolti. Tali voci vengono quindi ricondotte a categorie economiche e occupazionali tracciabili, così da collegare in modo esplicito la domanda tecnologica alla capacità produttiva nazionale e, successivamente, agli impatti economici generati sul territorio italiano.

La metodologia proposta tiene inoltre conto della scansione temporale dello sviluppo sia rispetto alle diverse fasi del ciclo di vita dei singoli impianti, sia rispetto alla progressiva traiettoria di installazione considerata fino all'obiettivo di circa 20 GW al 2050. Questa impostazione consente di valutare il potenziale

della filiera nazionale di rispondere alla domanda, individuare eventuali colli di bottiglia e distinguere tra ciò che può essere prodotto o realizzato in Italia e ciò che, in assenza di adeguata capacità produttiva, infrastrutturale o professionale, verrebbe assorbito da filiere estere.

Lo Studio non considera quindi la filiera nazionale come un dato statico, né assume che essa si sviluppi automaticamente per effetto della sola presenza di progetti offshore. Al contrario, la capacità produttiva italiana viene analizzata tenendo conto sia della base industriale attualmente disponibile, sia della possibilità di espansione attivabile in presenza di segnali di domanda credibili, tempestivi e stabili. A partire da tali risultati, l'analisi quantifica le ricadute economiche sul Sistema Paese in termini di valore aggiunto, occupazione e gettito fiscale, distinguendo gli effetti diretti, indiretti e indotti generati sul territorio nazionale.

In una fase di crescente complessità per il settore energetico e industriale, nonché del contesto geopolitico, il presente Studio intende contribuire a dotare il decisore pubblico di uno strumento tecnico-economico solido, indipendente e orientato alla programmazione, fornendo evidenze utili a comprendere come e in che misura lo sviluppo ordinato dell'eolico offshore e della relativa filiera possa rafforzare, in modo integrato, sicurezza energetica, competitività nazionale e capacità industriale del nostro Sistema Paese.

1.2 Struttura dello Studio

Il presente documento è strutturato come segue. Dopo la presente introduzione, il Capitolo 2 presenta la metodologia adottata, descrivendo la ricostruzione bottom-up della filiera, la classificazione economica e occupazionale delle voci di domanda, la stima della capacità produttiva nazionale, il modello di allocazione della domanda tra Italia ed estero, la costruzione degli scenari di sviluppo e il modello economico utilizzato per quantificare gli impatti diretti, indiretti e indotti. Il Capitolo 3 analizza la struttura della filiera dell'eolico offshore in Italia e presenta i principali risultati tecnico-industriali, evidenziando i comparti coinvolti, la capacità produttiva disponibile, i limiti di assorbimento nazionale, le opportunità di sviluppo e le principali criticità. In questo capitolo si approfondisce anche il contributo dell'eolico offshore alla sicurezza energetica nazionale, alla riduzione della dipendenza dall'estero e al bilanciamento tecno-economico del sistema elettrico. Infine, si forniscono indicazioni qualitative circa possibili ricadute indirette su altri settori produttivi che si attiverebbero in conseguenza della creazione di una filiera dell'eolico offshore. Il Capitolo 4 quantifica gli impatti sul Sistema Paese in termini di produzione attivata, valore aggiunto, occupazione e gettito fiscale, confrontando scenari alternativi di attivazione tempestiva o ritardata delle aste. Infine, il capitolo conclusivo sintetizza le principali evidenze dello Studio e ne discute le implicazioni strategiche per abilitare una traiettoria nazionale dell'eolico offshore coerente con gli obiettivi di sicurezza energetica, crescita industriale e competitività del Paese.

2 Metodologia

La metodologia sviluppata e la sua articolazione in fasi è illustrata in Figura 1. L'approccio si fonda su una ricostruzione bottom-up della filiera e delle relative funzioni di domanda, a partire dalla scomposizione dei processi produttivi e dalla stima dei fabbisogni lungo la supply chain in termini di beni e impieghi. Successivamente, le diverse voci di domanda vengono ricondotte a categorie economico-occupazionali tracciabili, attraverso la Classificazione dei Prodotti associati alle Attività (CPA) e Codici Professionali (CP), preservando al contempo le specificità tecnologiche delle componenti più innovative quali quelle attribuibili a floaters, sistemi di ormeggio, cavi offshore, sottostazioni offshore. Le attività di integrazione, di contro, non sono trattate come voci aggregate indistinte, ma conservano nel modello la propria caratterizzazione in termini di materiali, lavorazioni, mezzi, fabbisogni fisici, metriche di costo e dipendenze progettuali specifiche.

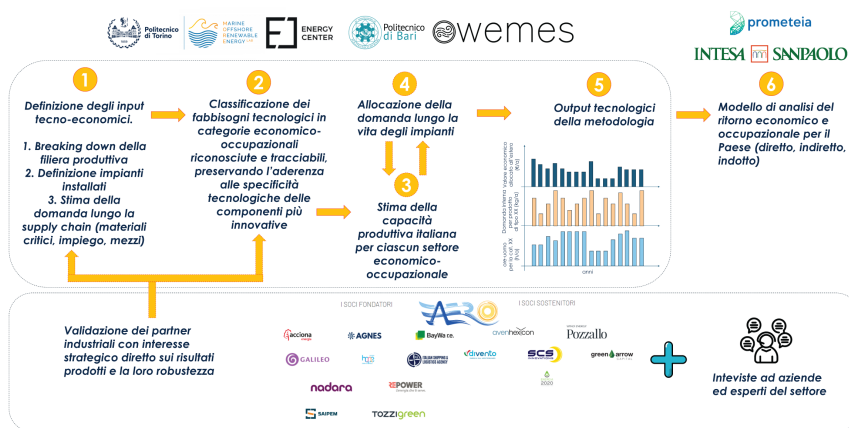


Figura 1: Schema metodologico del processo analitico adottato nello Studio, inclusivo delle fasi di validazione con stakeholder industriali.

Sulla base dei CPA e CP identificati, è ricostruita la stima della capacità produttiva per ciascun settore, distinguendo la capacità attuale e quella aggiuntiva attivabile in Italia, in risposta alla domanda del comparto, da quella attribuibile all'import lungo la vita utile degli impianti. Tale analisi permette, pertanto, di costruire gli output tecnologici della metodologia consentendo l'analisi del ritorno economico e occupazionale a livello di Sistema Paese (diretto, indiretto e indotto).

Il processo descritto è stato validato attraverso il coinvolgimento diretto di partner industriali e istituzionali e operatori ed esperti del settore operanti lungo la filiera di riferimento, al fine di garantire la robustezza delle assunzioni adottate e la rappresentatività dei risultati ottenuti. Le sezioni successive descrivono la metodologia proposta in modo da rendere evidente la ricostruzione bottom-up della filiera associata alla realizzazione, all'esercizio e alla dismissione di un parco eolico offshore flottante.

2.1 Input di filiera e funzioni di domanda

L'analisi considera quale tecnologia di riferimento una turbina ad asse orizzontale multi-MW (e.g., turbina da 15 MW) su fondazione galleggiante¹, e include tutte le principali fasi del ciclo di vita: ingegneria di progetto, fabbricazione e assemblaggio componenti, installazione e logistica correlata, Operation & Maintenance (O&M), decommissioning e smaltimento finale.

2.1.1 Struttura del database bottom-up

La ricostruzione della filiera è stata organizzata attraverso un database multilivello, costruito con l'obiettivo di collegare ogni elemento tecnico della filiera agli input fisici ed economici necessari alla sua realizzazione o esecuzione. Tale struttura consente di passare progressivamente da un livello aggregato, rappresentativo delle principali funzioni dell'impianto, fino alla singola voce elementare utilizzata per la quantificazione della domanda. Come mostrato in Figura 2, il database è articolato su tre livelli principali: famiglie, sottofamiglie e voci elementari.

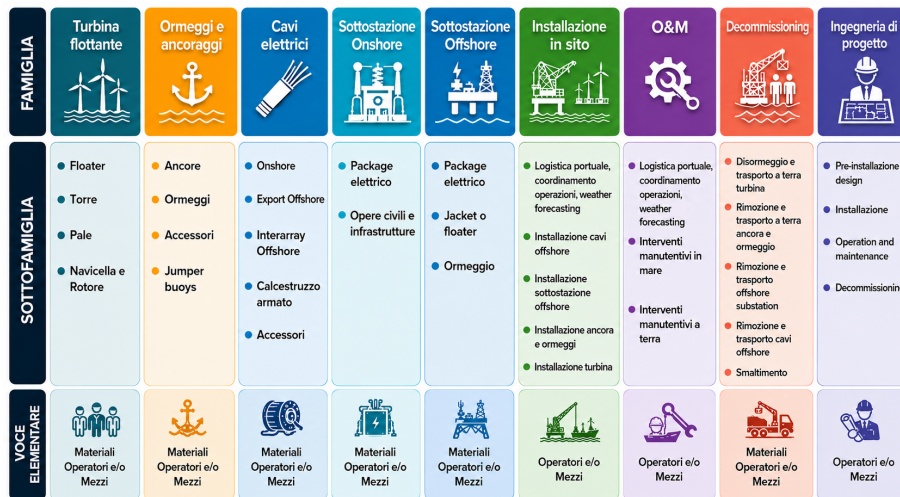


Figura 2: Struttura gerarchica del database bottom-up organizzato in famiglie, sottofamiglie e voci elementari.

Le **famiglie** rappresentano il primo livello di aggregazione della filiera. Esse identificano i principali sistemi fisici componenti di un parco eolico offshore oppure gli insiemi funzionali di attività necessari lungo il ciclo di vita dell'impianto. Rientrano nel primo gruppo la turbina, la sua fondazione, i sistemi di ormeggio, i cavi elettrici, le sottostazioni elettriche onshore e offshore. Rientrano invece nel secondo gruppo le attività di installazione in sito, O&M, decommissioning, smaltimento e ingegneria di progetto. Si sottolinea che le

¹Gaertner, Evan, Jennifer Rinker, Latha Sethuraman, Frederik Zahle, Benjamin Anderson, Garrett Barter, Nikhar Abbas, Fanzhong Meng, Pietro Bortolotti, Witold Skrzypinski, George Scott, Roland Feil, Henrik Bredmose, Katherine Dykes, Matt Shields, Christopher Allen, and Anthony Viselli. 2020. Definition of the IEA 15-Megawatt Offshore Reference Wind. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-5000-75698.

attività di costruzione e assemblaggio sono direttamente attribuite alle relative componenti fisiche.

Le **sottofamiglie** costituiscono un livello intermedio di dettaglio e permettono di scomporre ciascuna famiglia in componenti, lavorazioni o attività più specifiche.

Le **voci elementari**, infine, rappresentano il livello più disaggregato del database e costituiscono l'unità di analisi utilizzata per la quantificazione degli input. Ciascuna voce elementare può corrispondere a un materiale, una lavorazione, un componente, un mezzo operativo, una figura professionale o una specifica attività. A questo livello vengono associate le grandezze fisiche ed economiche necessarie alla costruzione delle funzioni di domanda. Tabella 1 mostra le metriche considerate nella determinazione della domanda.

Tabella 1: Metriche di costo associate alle principali categorie di voci della filiera.

Categoria di voce	Metrica di costo
Manodopera	$\frac{\text{€}}{h_{\text{uomo}}}$
Mezzi operativi	$\frac{\text{€}}{h}$ oppure $\frac{\text{€}}{\text{giorno}}$
Materiali e componenti	$\frac{\text{€}}{t}$
Cavi elettrici e sistemi di ormeggio	$\frac{\text{€}}{m}$ oppure $\frac{\text{€}}{t \cdot m}$
Trasformatori e componenti elettrici	$\frac{\text{€}}{\text{MVA}}$

Questa scomposizione risulta in un totale di 197 voci esaminate di cui 63 relative alla componentistica, 38 all'installazione in sito, 30 per O&M, 44 per decommissioning e smaltimento ed infine 22 per l'ingegneria di progetto. Questa struttura consente di integrare due dimensioni complementari dell'analisi. Da un lato, permette una scomposizione tecnico-funzionale della filiera, distinguendo i componenti fisici della turbina e del parco eolico dalle attività necessarie alla loro installazione, gestione, manutenzione e dismissione. Dall'altro, consente una caratterizzazione tecnico-economica delle singole voci elementari, associando ad esse parametri fisici, metriche di costo, codici di tracciabilità, codici doganali o produttivi, priorità di localizzazione ed evoluzione temporale della domanda.

2.1.2 Caratteristiche delle funzioni di domanda

A ciascuna voce elementare del database è associata una funzione di domanda, definita in ragione della metrica fisica più appropriata. In termini generali, la domanda è espressa come quantità di materiale, ore-uomo, tempo di utilizzo dei mezzi, per capacità elettrica installata o altra unità tecnica coerente con la natura dell'input. Le principali variabili indipendenti utilizzate per la costruzione delle funzioni di domanda sono:

- la potenza complessiva del parco eolico offshore;
- il numero e la taglia unitaria delle turbine;

- la distanza media dalla costa (calcolata in funzione della distanza del parco dal porto operativo e dal punto di approdo a terra);
- la batimetria media del sito;
- la vita utile dell'impianto;
- la durata delle attività operative;
- la disponibilità meteo-marina, ove rilevante per le operazioni offshore.

La funzione di domanda consente quindi di stimare, per ciascuna voce, il fabbisogno fisico richiesto da ogni scenario progettuale. Il costo associato viene successivamente ottenuto applicando alla quantità stimata la corrispondente metrica di costo unitario. Questo consente di distinguere esplicitamente quantità domandata, costo unitario e costo complessivo. Tale disaggregazione delle voci elementari, in ultimo, consente di applicare distribuzioni temporali della domanda, specificando l'anno di avvio della spesa rispetto all'anno di installazione, la durata della fase considerata e l'eventuale periodicità con cui la domanda si manifesta lungo il ciclo di vita dell'impianto.

2.1.3 Componenti fisiche del parco eolico

Il primo gruppo di famiglie del database riguarda i componenti fisici del parco eolico offshore e raccoglie gli input industriali incorporati nei principali sottosistemi dell'impianto. Vengono escluse dalla seguente analisi le operazioni di installazione in sito, trattate separatamente. Si noti che la domanda associata alla fabbricazione, preparazione e integrazione, così come la fase di wet storage dei componenti è computata.

Le famiglie considerate sono: la turbina e la sua fondazione, sistemi di ormeggio, cavi elettrici, sottostazione onshore e sottostazione offshore. Ciascuna di esse è stata scomposta nelle rispettive sottofamiglie e voci elementari. Nel caso della turbina flottante, ad esempio, sono stati distinti il floater, la torre, le pale, la navicella, il rotore e le attività di integrazione, sollevamento e montaggio. Per i sistemi di ormeggio sono state considerate le principali componenti strutturali e ausiliarie, mentre per i cavi elettrici è stata adottata una distinzione in funzione della destinazione d'uso, distinguendo tra cavi onshore, cavi export offshore e cavi inter-array offshore. Le sottostazioni sono state invece articolate distinguendo tra sottostazione onshore e sottostazione offshore, includendo per quest'ultima il package elettrico e le strutture di supporto, quali jacket o floater. Un esempio dei codici doganali e di tracciabilità associati a materiali propri della turbina eolica è fornito in Tabella 2¹. Si sottolinea che il dettaglio della descrizione dei codici di tracciabilità sarà fornito nella Sezione 2.2. Tale raccordo consente di collegare la struttura tecnica del database alle filiere economiche e produttive analizzate nelle fasi successive dello studio. Su questa base è stato anche attribuito un livello di priorità e fattibilità per la progressiva localizzazione della produzione, distinguendo tra componenti

¹Le diciture "xxxx" indicano sottocategorie specifiche del codice doganale principale, definite in funzione della particolare tipologia di prodotto, composizione o applicazione del materiale. Tale convenzione vale anche per le altre voci della tabella che riportano codici incompleti.

Tabella 2: Esempi di codici doganali e codici di tracciabilità associati ad alcuni materiali.

Materiale	Codice doganale	Codice di tracciabilità
Acciaio strutturale	72085120 - Acciaio non legato, laminato a caldo, larghezza ≥ 600 mm, spessore > 10 mm	CPA 24.10 - Prodotti siderurgici di base, ferro e acciaio.
Vernici protettive e rivestimenti anticorrosivi	3208.xxxx - Vernici a base di polimeri sintetici disperse o disciolte in mezzi non acquosi	CPA 20.30 - Pitture, vernici e rivestimenti simili.
Materiale composito	7019.xxxx - Fibra di vetro	CPA 23.14 - Fibre di vetro.
Bulloneria	7318.xxxx - Bulloneria e minuteria metallica	CPA 25.94 - Bulloneria e minuteria metallica.
Calcestruzzo armato	6810990000 - Lavori di cemento, calcestruzzo o pietra artificiale, anche armati	CPA 23.63 - Calcestruzzo lavorato.

potenzialmente sviluppabili nel contesto nazionale e componenti caratterizzati da filiere internazionali consolidate, elevata complessità tecnologica o forti economie di scala. In quest'ultimo gruppo rientrano, ad esempio, componenti come la navicella della turbina¹.

A supporto dell'analisi economica è stata definita una doppia struttura di costo, rispettivamente riferita al contesto italiano e al mercato internazionale, in grado di valutare la competitività relativa della produzione nazionale sulle alternative di approvvigionamento estere. A titolo esemplificativo, tra i materiali considerati rientrano acciaio strutturale, vernici protettive, materiali compositi, bulloneria e calcestruzzo armato, ciascuno caratterizzato da un fabbisogno fisico e da un costo unitario associato. Analogamente, tra le lavorazioni sono state considerate attività quali curvatura, saldatura, verniciatura e movimentazione.

Le funzioni di domanda associate ai componenti del parco scalano principalmente con la potenza complessiva installata. Nel caso dei sistemi di ormeggio e cavi elettrici, tuttavia, la domanda dipende anche dal numero di turbine, dalla configurazione del sistema di ancoraggio, dalla distanza media dalla costa e dalla batimetria media del sito. Per la manodopera impiegata nelle attività di fabbricazione e assemblaggio, la domanda è invece espressa

¹Tali elementi sono stati esclusi dal processo di localizzazione in quanto caratterizzati da una filiera produttiva già consolidata a livello internazionale, elevata complessità tecnologica e forti economie di scala, che ne rendono non realistico lo sviluppo competitivo nel contesto nazionale nel breve periodo.

in ore-uomo e viene ricondotta alla taglia dell'impianto attraverso coefficienti specifici per MW installato.

2.1.4 Attività

A differenza del blocco relativo ai componenti del parco, in questa sezione l'analisi si concentra prevalentemente sulle risorse operative necessarie all'esecuzione delle attività. Le diverse sottofamiglie operative, rappresentate in Figura 2, costituiscono il riferimento per la costruzione delle voci elementari e dei relativi fabbisogni.

In termini generali, le attività sono state scomposte in un insieme coerente di voci elementari riconducibili, ove applicabile, a personale, mezzi operativi, e servizi specialistici. Per il personale, la domanda è espressa in ore-uomo per MW installato; per i mezzi operativi, in termini di tempo di impiego (ore o giorni per MW).

Le funzioni di domanda sono definite a partire da un insieme di driver comuni, tra cui la potenza del parco, i tempi operativi standard, la distanza dal porto e dal punto di connessione a terra, le caratteristiche del sito e la disponibilità meteo-marina, determinando la finestra temporale effettivamente disponibile e quindi la durata reale delle operazioni.

All'interno di questo schema generale, le differenze tra le diverse famiglie emergono principalmente nelle modalità con cui tali driver influenzano la domanda. Nelle attività di installazione e decommissioning, il fabbisogno è fortemente legato alla sequenza operativa e ai tempi standard delle singole operazioni. Le due fasi presentano una struttura speculare, con il decommissioning modellato come flusso inverso dell'installazione, includendo inoltre la gestione delle destinazioni finali dei materiali (riciclo, recupero o smaltimento).

Nel caso dell'O&M, la domanda è invece determinata dalla vita utile dell'impianto e dalla frequenza degli interventi manutentivi. Le attività offshore risultano sensibili ai tempi di accesso al sito e alle condizioni operative, mentre quelle onshore dipendono principalmente dal numero di componenti e dalla periodicità degli interventi.

Le attività di ingegneria di progetto si distinguono infine per la natura non materiale delle voci elementari, essendo costituite prevalentemente da personale qualificato e servizi specialistici. In questo caso, la domanda è espressa esclusivamente in ore-uomo e scala con la taglia dell'impianto, la complessità del sito e la durata delle diverse fasi progettuali e autorizzative.

Le metriche di costo associate alle diverse voci sono state definite in modo coerente con questa struttura: per il personale e i mezzi in ambito portuale si è fatto riferimento, ove applicabile, al CCNL porti¹, mentre per le operazioni offshore i costi unitari sono stati associati alle specifiche categorie di mezzi navali e attrezzature impiegate.

2.2 Tracciabilità dei settori economici

In continuità con la struttura bottom-up definita in precedenza, è stata condotta un'ulteriore fase di analisi finalizzata all'attribuzione, a ciascuna voce della filiera

¹Contratto Collettivo Nazionale di Lavoro per il settore portuale.

(componenti e attività) e alle relative caratteristiche, di codici di tracciabilità economica riferiti al contesto italiano.

Tale passaggio consente di ricondurre la scomposizione tecnico-produttiva del sistema a una classificazione economico-settoriale, rendendo possibile la valutazione dell'impatto economico e occupazionale associato allo sviluppo della filiera e la stima della capacità del sistema produttivo nazionale di rispondere alla domanda generata. Un esempio del processo di tracciamento della domanda attivata lungo la filiera, dalla scomposizione tecnico-operativa fino alla riconduzione ai codici di tracciabilità economica, è illustrato in Figura 3.

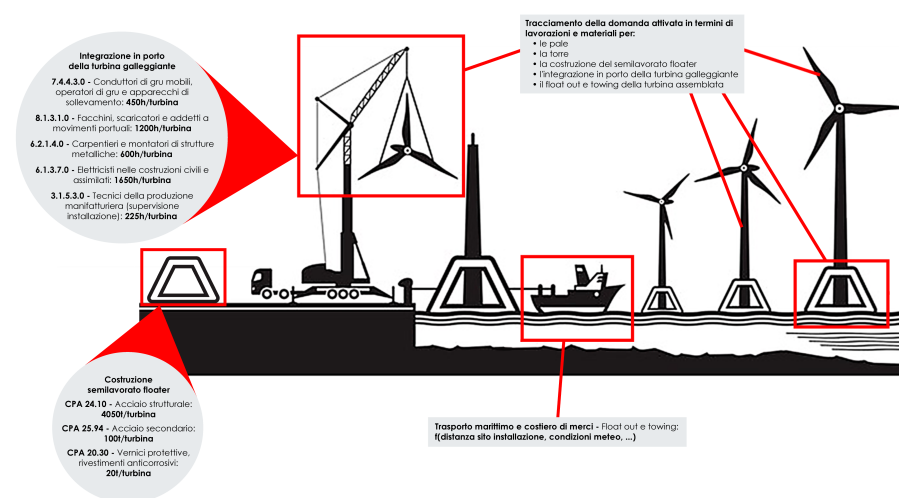


Figura 3: Esempio di ricostruzione bottom-up della filiera e tracciamento della domanda attivata in termini di lavorazioni, materiali e codici di tracciabilità economica (CPA e CP).

L'assegnazione dei codici alle singole voci di costo è stata effettuata secondo un criterio sistematico basato sulla natura economico-produttiva di ciascun elemento, distinguendo tra beni materiali, attività lavorative e servizi.

Per quanto riguarda i materiali e i prodotti, l'attribuzione dei codici è stata effettuata facendo riferimento a classificazioni di prodotto coerenti con il processo produttivo che ne determina il valore economico. Il metodo di classificazione scelto si basa sui codici CPA. In totale sono stati utilizzati 50 tra CP e CPA differenti. La distinzione principale è stata operata tra materiali di base, semilavorati e componenti finiti, assegnando ciascun elemento alla categoria che meglio rappresenta la fase della filiera industriale da cui esso origina. Tale approccio è stato utilizzato al fine di ricercare una coerenza tra la natura fisica del componente e il settore economico responsabile della sua produzione, evitando ambiguità legate a utilizzi finali differenti dello stesso bene.

Per le attività di lavorazione, la codifica è stata invece guidata da una logica orientata al contenuto di lavoro, privilegiando l'identificazione delle competenze, delle tecnologie e delle modalità operative coinvolte nei processi produttivi, facendo riferimento ai codici ATECO della classificazione ISTAT, a titolo di

esempio si riporta la Tabella 3. Le diverse fasi, dalla trasformazione dei materiali all'assemblaggio, fino alle operazioni di finitura, sono state quindi ricondotte a categorie professionali e settoriali in grado di rappresentare in modo esplicito il contributo delle risorse umane e dei sistemi produttivi. In particolare, è stata mantenuta una distinzione tra lavorazioni ad elevato contenuto tecnologico e automazione e attività a maggiore intensità di lavoro manuale specializzato, così come tra operazioni produttive e funzioni di supporto tecnico.

Tabella 3: Esempi di codici professionali associati ad alcune lavorazioni.

Lavorazione	Codice professionale
Curvatura	7.2.1.1.0 - Conduttori di macchine utensili automatiche per lavorazioni meccaniche.
Saldatura	6.2.1.7.0 - Saldatori elettrici e a norme ASME.
Verniciatura	6.2.3.7.0 - Verniciatori artigianali e industriali.
Movimentazione	7.4.4.3.0 - Conduttori di gru mobili, operatori di gru e apparecchi di sollevamento.

Analogamente, le attività ausiliarie, quali movimentazione, installazione e logistica, sono state trattate separatamente rispetto ai processi manifatturieri, in modo da evidenziare il ruolo dei servizi all'interno della filiera. In questi casi, l'attribuzione dei codici è stata effettuata considerando la funzione economica svolta (ad esempio trasporto, sollevamento o gestione operativa), piuttosto che il bene fisico movimentato.

Nei casi in cui una singola voce includesse una combinazione di materiali e attività operative, la classificazione è stata effettuata secondo un criterio di prevalenza, assegnando il codice corrispondente alla componente economicamente dominante, cercando di evitare duplicazioni o sovrapposizioni, garantendo al contempo una rappresentazione coerente e leggibile dell'intera struttura dei costi.

L'obiettivo generale di questo approccio è quello di fornire una rappresentazione coerente della filiera relativa al contesto considerato (in un'ottica anche di confronto rispetto a panorami più avanzati nello sviluppo della stessa), garantendo al contempo un elevato livello di granularità nella rappresentazione dei costi.

2.3 Costruzione degli scenari di analisi

Una volta definite le voci della filiera, le relative metriche fisiche, tecniche ed economiche e le corrispondenti funzioni di domanda, l'analisi è stata estesa alla costruzione dei casi di sviluppo da simulare. A tal fine, è stato innanzitutto definito un insieme di parchi eolici da installare, trattati come unità progettuali elementari della traiettoria di crescita del comparto. Per ciascun impianto sono stati specificati la potenza installata e il relativo anno di entrata in esercizio, così da ricostruire un profilo temporale della capacità cumulata coerente con gli obiettivi di sviluppo del settore. Questa scelta metodologica consente di passare dalla quantificazione puntuale dei fabbisogni di filiera alla loro

effettiva distribuzione nel tempo, permettendo di stimare non soltanto il volume complessivo della domanda attivata, ma anche la sua scansione temporale e, quindi, la capacità del sistema industriale nazionale di assorbirla.

Su questa base sono stati costruiti due scenari di analisi, differenziati principalmente in funzione della tempistica di attivazione delle aste e del conseguente profilo di installazione della capacità offshore come riassunto nella Tabella 4. Lo **Scenario A** assume un'attivazione tempestiva delle aste e una distribuzione più regolare delle installazioni lungo l'orizzonte temporale considerato. In tale configurazione, il primo impianto entra in esercizio nel 2031 e la crescita della capacità cumulata procede in modo progressivo, risultando coerente con il raggiungimento dei principali target intermedi di policy. Una distribuzione più uniforme della domanda nel tempo consente infatti una migliore programmabilità degli investimenti, una maggiore possibilità di adeguamento della capacità produttiva nazionale e, più in generale, un più elevato assorbimento interno delle attività manifatturiere, logistiche e di servizio connesse allo sviluppo dell'eolico offshore. Lo **Scenario B**, invece, rappresenta un caso di ritardo nell'attivazione delle aste, associato a una partenza posticipata della costruzione dei parchi eolici e a una conseguente compressione temporale del percorso di crescita. In questo caso, pur mantenendo invariato il livello finale di capacità installata al 2050, la concentrazione della domanda in un arco temporale più ristretto riduce la quota di attività potenzialmente assorbibile dalla filiera nazionale, per effetto dei limiti produttivi, logistici e infrastrutturali che caratterizzano il sistema industriale domestico. I due scenari, pertanto, non si distinguono tanto per il target finale, comune e pari a circa 20 GW al 2050, quanto per la diversa traiettoria temporale con cui tale obiettivo viene perseguito¹. La costruzione degli scenari risponde quindi all'esigenza di valutare in che misura il fattore tempo, e in particolare la tempestività del quadro regolatorio e delle aste incentivanti, condizioni non solo la realizzabilità dei progetti, ma anche l'intensità e la qualità delle ricadute economiche e industriali attivabili nel contesto nazionale.

Tabella 4: Sequenza di installazione degli impianti e corrispondente profilo di capacità cumulata nei due scenari di analisi considerati.

# impianto	Potenza (MW)	Potenza cumulata (GW)	Anno installazione	
			Scenario A	Scenario B
1	300	0,3	2031	2033
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
13	1050	10,3	2040	2042
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
20	1050	19,8	2050	2050

¹Un ritardo nell'attivazione delle aste potrebbe comportare non solo uno slittamento temporale, ma anche una riduzione della capacità effettivamente installata al 2050, per effetto del possibile riallocaimento di capitali e investimenti verso altri mercati. Lo Studio, adottando un approccio più conservativo, mantiene tuttavia invariato il target finale per isolare il solo effetto della diversa traiettoria temporale.

2.4 Costruzione delle curve di capacità industriale nazionale

Un ulteriore passaggio metodologico ha riguardato la costruzione delle curve di capacità industriale italiana, finalizzata a stimare, per ciascuna voce della filiera ricondotta ai corrispondenti codici CPA/CP, la quota di capacità produttiva nazionale realisticamente allocabile nel tempo allo sviluppo del comparto eolico offshore. L'obiettivo non è stato quindi quello di stimare la capacità produttiva complessiva dei diversi settori in senso astratto, bensì di individuare la porzione effettivamente compatibile con i fabbisogni tecnici, produttivi e temporali richiesti dallo sviluppo della filiera offshore, assumendo una crescita della capacità rispetto ai livelli attuali guidata dai segnali di domanda. Si noti che la costruzione delle curve di capacità produttiva è stata realizzata su volumi totali di domanda, differenti per gli Scenari A e B.

La costruzione delle curve è avvenuta a partire dall'identificazione della capacità produttiva nazionale di base, riferita all'anno più recente disponibile per ciascun codice CPA/CP considerato. La stima è stata sviluppata utilizzando fonti istituzionali e settoriali, tra cui dataset Eurostat, in particolare Prodcom, dati Eurofer, il Sistema Informativo sulle Professioni di INAPP e ulteriori report di settore ritenuti rilevanti ai fini dell'analisi.

Poiché l'obiettivo è stimare la capacità aggiuntiva italiana potenzialmente attivabile per il comparto offshore, la capacità di base è stata sottoposta a una verifica di coerenza rispetto all'effettiva idoneità produttiva dei diversi comparti. Per alcuni settori particolarmente strategici, come acciaio e cavi, le stime iniziali sono state ulteriormente validate anche attraverso il confronto con operatori del settore, al fine di correggere possibili sovrastime. Nel caso dell'acciaio, ad esempio, la capacità produttiva preliminarmente stimata è stata ridimensionata, includendo soltanto la quota effettivamente compatibile con le esigenze tecniche e produttive dell'offshore.

Una volta definita la capacità produttiva di base, per ciascun bene e impiego è stato individuato un tasso massimo di crescita potenziale su base annua, differenziato tra Scenario A e Scenario B. Le ipotesi di crescita sono state formulate sulla base delle serie storiche disponibili, dei tassi osservati in comparti assimilabili e, più in generale, dell'andamento della crescita dell'economia italiana. In coerenza con le ipotesi definite nella Sezione 2.3, lo Scenario A assume uno sviluppo più consistente e ordinato dell'eolico offshore rispetto allo Scenario B; per questo motivo, i tassi di crescita potenziale utilizzati nello Scenario A sono mediamente superiori di circa il 50%. Tale differenza riflette l'ipotesi che un'attivazione più tempestiva della domanda, supportata da un adeguato coordinamento tra istituzioni e stakeholder, possa favorire maggiori investimenti in capacità produttiva sul territorio nazionale. Questa assunzione trova ulteriore fondamento nella natura competitiva e tempo-dipendente della costruzione di capacità industriale. In una fase di formazione del mercato mediterraneo, nella quale altri Paesi stanno già avviando progetti pilota, adeguamenti portuali e prime forme di consolidamento della filiera, il ritardo del segnale di domanda nazionale può ridurre la propensione degli operatori a investire in Italia e comprimere la quota di valore intercettabile dal Sistema Paese. Lo Scenario B va quindi letto non come semplice slittamento temporale, ma come perdita parziale di una finestra iniziale di posizionamento industriale, nella quale si costruiscono capacità, relazioni di fornitura, economie di scala e

condizioni di competitività di lungo periodo.

Dal punto di vista metodologico, la capacità produttiva nazionale è stata stimata secondo una logica cumulativa. La capacità aggiuntiva sviluppata in un determinato anno viene considerata disponibile anche negli anni successivi, contribuendo progressivamente all'ampliamento della base produttiva del Sistema Paese. All'interno di questa impostazione, il tasso di crescita potenziale non è stato applicato automaticamente, ma interpretato come limite superiore di espansione realisticamente conseguibile nel periodo considerato. Il tasso di crescita effettivamente attribuito è stato quindi calibrato anno per anno in funzione della domanda attesa e dei segnali di mercato. Quando tassi inferiori al potenziale risultavano già sufficienti a soddisfare il fabbisogno previsto, non sono stati ipotizzati ulteriori aumenti di capacità. Al contrario, nei segmenti in cui la domanda restava superiore alla capacità attivabile anche in presenza di una crescita sostenuta, il tasso effettivo è stato posto pari al tasso potenziale. In questi casi, il tasso potenziale rappresenta il massimo livello di espansione attribuibile al settore, pur senza garantire il pieno soddisfacimento della domanda. Questa scelta consente di rappresentare una traiettoria di crescita coerente con le prospettive di sviluppo del comparto offshore, evitando sia di sottostimare le possibilità di espansione del sistema produttivo nazionale, sia di assumere incrementi di capacità non giustificati da un corrispondente fabbisogno di mercato.

Infine, poiché la capacità produttiva nazionale aggiuntiva non può essere automaticamente attribuita per intero al comparto offshore, si è assunto che solo una quota della crescita annuale possa essere effettivamente destinata a tale mercato, mentre la parte restante continui a essere assorbita da altri comparti o utilizzi produttivi. Coerentemente con l'ipotesi che l'espansione della capacità sia in misura rilevante trainata dalla domanda offshore, è stata quindi assunta una quota di allocazione al comparto compresa tra il 70% e il 90% della capacità aggiuntiva generata annualmente. In particolare, si è ipotizzata una quota più elevata nelle prime fasi di sviluppo, quando il legame tra nuova capacità e domanda offshore è più diretto, e una quota progressivamente più contenuta nelle fasi successive, in corrispondenza della maturazione del mercato e di una maggiore contendibilità della capacità produttiva da parte di altri settori.

Nel complesso, l'approccio adottato consente di stimare, per ciascun anno e per ciascun codice CPA/CP, la capacità produttiva italiana realisticamente allocabile al comparto offshore, tenendo conto sia dei limiti di espansione del sistema produttivo nazionale, sia della coerenza tra crescita della capacità e domanda attesa.

2.5 Allocazione della domanda nazionale ed estera

Un ulteriore elemento dell'analisi riguarda l'algoritmo di allocazione della domanda tra mercato nazionale ed estero, finalizzato a valutare l'impatto della filiera offshore sul sistema tecnico-economico nazionale e la sua capacità di adattamento nel soddisfare i requisiti necessari alla realizzazione del progetto. In questo contesto, particolare attenzione è stata posta nell'analizzare il grado di maturità della filiera italiana e nel definire un percorso realistico di sviluppo delle competenze e delle capacità produttive richieste, tenendo conto anche delle capacità potenziali stimate nella Sezione 2.4.

L'allocazione della domanda è stata effettuata a partire dalla disaggregazione temporale della domanda stessa, articolata per anno, impianto, attività e sottoattività. Per ciascuna voce, l'algoritmo alloca prioritariamente la domanda sul mercato nazionale fino alla saturazione della capacità produttiva disponibile, costruita sulla base della domanda totale trainante secondo quanto già descritto¹. Una volta raggiunto tale limite, la quota residua di domanda viene allocata al mercato estero.

La procedura di allocazione è stata definita attraverso una classificazione che combina valori qualitativi e numerici, finalizzata a rappresentare il grado di priorità nel processo di progressiva localizzazione della filiera. In particolare, i valori numerici identificano una scala di priorità per lo sviluppo della capacità produttiva interna, con valori più bassi associati a maggiore rilevanza strategica. Accanto a questi, alcune attività sono state direttamente classificate come già consolidate nel contesto nazionale, come nel caso delle infrastrutture e delle operazioni portuali, per le quali esiste una capacità industriale e logistica già disponibile. Al contrario, altre voci sono state considerate non realisticamente realizzabili in Italia nel breve periodo, come la filiera produttiva legata alle navicelle delle turbine. Tale scelta è motivata dall'elevato livello di complessità tecnologica e integrazione sistemica che caratterizza questo sottosistema, la cui produzione è attualmente concentrata in un numero limitato di grandi operatori internazionali, organizzati secondo filiere globali altamente specializzate, e per cui non esiste, ad oggi, una base industriale consolidata a livello nazionale.

La classificazione adottata incorpora quindi una valutazione tecnico-industriale più ampia, volta a individuare gli snodi della filiera in grado di generare il maggiore impatto sistemico. In questo contesto, le attività con priorità più elevata, quali l'integrazione della turbina flottante, comprensiva dell'accoppiamento tra torre e floater, insieme alle operazioni portuali e all'ingegneria di progetto, sono state considerate centrali in quanto elementi abilitanti per lo sviluppo dell'intera catena del valore. Le infrastrutture portuali, in particolare, rappresentano un nodo logistico fondamentale per l'assemblaggio e la movimentazione dei componenti offshore, mentre le attività di ingegneria risultano determinanti per la localizzazione del know-how e delle competenze ad alto valore aggiunto.

2.6 Modello economico

L'analisi economica è finalizzata a tradurre gli output tecnico-industriali costruiti nelle fasi precedenti in una stima delle ricadute generate in Italia in termini di valore aggiunto, occupazione e gettito fiscale. Coerentemente con l'impostazione bottom-up dello studio, il punto di partenza è la ricostruzione puntuale della domanda attivata lungo la filiera. Tale scelta metodologica evita di partire da aggregati sintetici di CAPEX e OPEX e consente, invece, di ricondurre gli impatti a comparti e lavorazioni specifiche, mantenendo la tracciabilità tra contenuto tecnologico, fabbisogni industriali e risultati economici. In questo modo, la valutazione non si limita a quantificare un ammontare complessivo di spesa, ma ricostruisce la struttura economica

¹Si noti che tale assunzione risponde al principio secondo cui la prossimità geografica tra le componenti della filiera può favorire maggiore visibilità, sicurezza degli approvvigionamenti e mitigazione del rischio, risultando quindi particolarmente coerente con le specificità logistiche e industriali dell'eolico offshore.

effettivamente attivata dallo sviluppo della tecnologia, con maggiore robustezza rispetto a ipotesi iniziali eccessivamente sintetiche. Per ciascuno scenario vengono considerati tre insiemi di input: la domanda di beni e servizi rivolta a imprese italiane localizzate sul territorio nazionale, la domanda di lavoro di lavoratori presenti in Italia e gli investimenti necessari alle imprese per adeguare la propria capacità produttiva alla domanda attesa. La stima è effettuata anno per anno, a prezzi costanti, ed è limitata agli effetti che ricadono sul territorio italiano; per questo motivo, le importazioni sono escluse dal perimetro di valutazione. Il modello consente inoltre di distinguere tra effetti diretti, indiretti e indotti. I primi misurano il valore aggiunto e l'occupazione sostenuti all'interno dell'impresa che riceve la commessa; i secondi colgono le ricadute generate lungo la filiera dagli acquisti di beni e servizi necessari a soddisfare la domanda iniziale; i terzi riflettono gli effetti diffusi attraverso i consumi dei lavoratori coinvolti direttamente e indirettamente. In questo modo, la metodologia restituisce non soltanto l'impatto immediato della spesa, ma anche la sua propagazione lungo la filiera e nel resto del sistema economico. I modelli input-output mappano l'economia come un sistema di relazioni produttive tra settori, rappresentando in forma coerente i flussi di beni e servizi che ciascuna attività acquista dalle altre per realizzare il proprio output e quelli che, a sua volta, fornisce come input intermedi o come offerta destinata alla domanda finale. Le tavole input-output costituiscono pertanto una rappresentazione strutturata delle interdipendenze tra produzioni, usi intermedi e impieghi finali e consentono di ricavare i coefficienti tecnici del sistema produttivo, vale a dire i rapporti che esprimono, settore per settore, la quantità di input necessaria per ottenere un'unità aggiuntiva di produzione. Su questa base, il modello permette di stimare come una variazione della domanda finale si trasmetta all'economia: in un primo passaggio attiva la produzione dei settori direttamente interessati; in un secondo passaggio genera ulteriore domanda presso i settori fornitori; nelle configurazioni che includono i consumi delle famiglie, produce infine effetti aggiuntivi attraverso la spesa dei redditi distribuiti. In questo senso, l'analisi input-output consente di quantificare in modo coerente gli effetti diretti, indiretti e, ove previsto, indotti, risultando particolarmente adatta allo studio di filiere complesse e fortemente interconnesse come quella dell'eolico offshore (Eurostat, 2008; Miller e Blair, 2022). La quantificazione di tali effetti è realizzata mediante un modello input-output multiregionale sviluppato in formato SUT (Supply and Use Tables, ovvero tavole delle risorse e degli impieghi) e costruito a partire da un sistema di tavole input-output regionali integrate con la matrice origine-destinazione del commercio interregionale. Rispetto a un modello riferito a una singola economia territoriale, questa impostazione consente di rappresentare simultaneamente le interdipendenze settoriali e quelle territoriali: una variazione della domanda finale in una regione non si esaurisce nel territorio in cui si manifesta inizialmente, ma si trasmette alle altre regioni attraverso i flussi di scambio interregionali, generando effetti di diffusione e retroazione lungo la filiera. In questa architettura, il commercio interregionale è trattato in modo endogeno: le importazioni interregionali di una regione corrispondono alle esportazioni di altre regioni e diventano quindi un ulteriore canale di attivazione della produzione. Tale impostazione è riconducibile ai modelli MRIO di tipo Chenery-Moses, particolarmente adatti alla valutazione di policy e progetti di investimento con ripercussioni su più territori. Dal punto di vista della costruzione formale del modello, l'adozione

del formato SUT è particolarmente rilevante perché consente di mantenere distinta la dimensione dei prodotti da quella delle branche produttive e di trattare in modo coerente il passaggio dai prezzi d'acquisto ai prezzi base. Ciò permette di esplicitare all'interno della soluzione del modello il ruolo delle imposte nette sui prodotti e dei margini di commercio e trasporto nella trasformazione della domanda finale nei flussi effettivamente attivati lungo la filiera. La struttura multiregionale del sistema è inoltre organizzata in modo da rendere compatta la rappresentazione delle matrici regionali e da distinguere, sul piano analitico, i flussi interni alle singole economie territoriali dai flussi di commercio tra regioni, che costituiscono il canale attraverso cui gli effetti si diffondono nel sistema economico nazionale (Eurostat, 2008). Nel complesso, la metodologia adottata consente di stimare gli impatti economici dell'eolico offshore in una forma coerente con la geografia produttiva italiana, con l'organizzazione intersettoriale della filiera e con i vincoli di capacità oggi osservabili. In questo quadro, è proprio la combinazione tra ricostruzione bottom-up della domanda, granularità temporale, esclusione delle importazioni dal perimetro nazionale e modellizzazione delle interdipendenze interregionali a rendere questo approccio particolarmente adatto alla valutazione di una filiera emergente come quella dell'offshore, nella quale la localizzazione dei contenuti produttivi, il ritmo di crescita della domanda e la capacità di assorbimento del sistema industriale nazionale incidono direttamente sull'entità delle ricadute economiche e occupazionali (Eurostat, 2008; Miller e Blair, 2022)¹.

2.7 Validazione industriale delle ipotesi e dei risultati

Come già richiamato nelle sezioni metodologiche precedenti, le principali ipotesi adottate nello Studio sono state sottoposte a un processo di validazione industriale. Tale passaggio, metodologicamente rigoroso, è necessario anche in ragione della natura emergente della filiera dell'eolico offshore galleggiante e della conseguente limitata disponibilità di basi dati pubbliche pienamente rappresentative delle condizioni tecnologiche, logistiche e industriali effettivamente osservabili nei progetti in fase di sviluppo. La validazione è stata condotta con il supporto di operatori industriali, sviluppatori di progetto ed esperti di settore, anche attraverso il coinvolgimento dei partner dell'Associazione delle Energie Rinnovabili Offshore (AERO), che coprono diverse componenti della catena del valore dell'eolico offshore. Il confronto ha riguardato le principali fasi della filiera considerate nel modello, dalla progettazione e produzione dei componenti, alle attività portuali e di installazione, fino alla gestione operativa e manutentiva degli impianti. La Figura 4 sintetizza il ruolo e l'integrazione del processo di validazione all'interno del percorso metodologico. In particolare, essa evidenzia come la validazione industriale sia stata integrata come livello di verifica esterno rispetto al modello analitico, intervenendo sulle principali fasi della metodologia: costruzione delle funzioni di domanda e di costo, stima della capacità produttiva nazionale, allocazione della domanda tra Italia ed estero e lettura dei risultati finali.

Il confronto con gli operatori ha riguardato, in particolare, quattro ambiti principali. Il primo ha riguardato le funzioni di domanda utilizzate per

¹Eurostat (2008), Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables.; Miller, R.E. e Blair, P.D. (2022), Input-Output Analysis: Foundations and Extensions, 3rd ed.



Figura 4: Integrazione della validazione industriale nel processo metodologico. Soggetti coinvolti, modalità di confronto e principali grandezze sottoposte a verifica.

stimare i fabbisogni di materiali, componenti, lavorazioni, mezzi e ore-uomo lungo la filiera. Le grandezze stimate dal modello, quali tonnellate per MW, ore-uomo per MW, giorni-mezzo e fabbisogni specifici di componenti, sono state verificate rispetto a ordini di grandezza e configurazioni progettuali riconducibili all'esperienza industriale degli operatori coinvolti.

Il secondo ambito ha riguardato le funzioni di costo associate alle diverse categorie di domanda. Le funzioni sviluppate nello Studio sono state applicate a configurazioni progettuali rappresentative, anche riconducibili a progetti in fase di sviluppo, e i risultati ottenuti sono stati confrontati con gli ordini di grandezza disponibili presso sviluppatori e operatori di filiera. La verifica ha riguardato la coerenza tra domanda fisica stimata dal modello – in termini di beni, ore-uomo e giorni-mezzo – e costo complessivo stimato per le principali componenti e attività analizzate. In questo modo è stato possibile valutare se le stime prodotte dal modello fossero compatibili con le evidenze progettuali e industriali disponibili.

Il terzo ambito ha riguardato la stima della capacità produttiva nazionale. Le stime preliminari, costruite a partire da fonti istituzionali e settoriali, sono state discusse con operatori ed esperti per valutarne la compatibilità con le effettive caratteristiche produttive dei comparti considerati. Questo passaggio ha consentito di distinguere tra capacità teoricamente presente nel sistema economico e capacità effettivamente idonea - per requisiti tecnici, scala produttiva, specializzazione e tempi di risposta - a soddisfare la domanda generata dall'eolico offshore.

Infine, a valle dell'applicazione del modello e dell'allocazione della domanda tra Italia ed estero, il confronto industriale è stato utilizzato per verificare la coerenza dei risultati ottenuti, con particolare riferimento ai segmenti della filiera maggiormente presidiati, agli ambiti con potenziale non pienamente attivato e ai principali colli di bottiglia produttivi, logistici, professionali e

infrastrutturali.

Il processo di validazione proposto è stato quindi utilizzato come verifica di coerenza tecnica e industriale delle ipotesi adottate. Il confronto con gli operatori ha consentito di controllare la plausibilità di funzioni di domanda, funzioni di costo, stime di capacità e risultati di allocazione, mantenendo autonoma e tracciabile la costruzione del modello.

2.8 Scenaristica energetica

A completamento dell'analisi di impatto sulla filiera, la metodologia per l'analisi degli scenari energetici è stata sviluppata con l'obiettivo di valutare il contributo sistemico dell'eolico offshore alla sicurezza energetica nazionale, alla diversificazione del mix elettrico e alla riduzione della dipendenza dall'estero. Tale contributo, come per tutte le fonti rinnovabili variabili, non dipende soltanto dalla risorsa disponibile e dalla producibilità annua degli impianti, ma anche dalla distribuzione oraria della generazione, dalla sua complementarità rispetto al resto del mix elettrico, dalla localizzazione dei punti di immissione rispetto ai principali centri di domanda¹, dalla capacità di trasporto e distribuzione della rete elettrica, dalle interconnessioni con l'estero e dalla necessità di garantire l'adeguata flessibilità al sistema. Per questo motivo, ai fini della valutazione della sicurezza energetica, la stima dell'energia elettrica producibile dall'eolico offshore deve essere integrata con un'analisi di sistema, in grado di verificare come la produzione offshore venga effettivamente utilizzata, quali quote di generazione o importazioni sostituisca e quali effetti produca sul funzionamento complessivo del sistema elettrico.

Per questa ragione, come rappresentato in Figura 5, la metodologia proposta è articolata lungo due dimensioni complementari.

- La prima riguarda l'evoluzione temporale del sistema elettrico. L'analisi considera le annualità target 2033, 2040 e 2050, coerenti con la progressiva traiettoria di installazione dell'eolico offshore dello Scenario A descritto nella Sezione 2.3. In ciascuna annualità, l'analisi condotta fa evolvere, insieme alla capacità offshore, l'intero sistema elettrico, in termini di domanda, capacità installata delle altre tecnologie, sviluppo degli accumuli, costi tecnologici, infrastrutture di rete, interconnessioni e configurazione dei sistemi elettrici esteri con cui l'Italia scambia energia.
- La seconda riguarda il confronto, per ciascuna annualità, tra una configurazione *con eolico offshore* e una *senza eolico offshore*, ossia un controfattuale² energetico costruito esclusivamente per isolare il

¹In Italia la produzione attesa da eolico offshore è quasi interamente localizzata al Sud e nelle Isole, mentre il consumo elettrico è concentrato nella zona di mercato Nord per circa il 55% (*Terna-Driving Energy, "Fabbisogno Italia", 2025*).

²A differenza dell'analisi industriale ed economica, nella quale il confronto tra Scenario A e Scenario B è funzionale a valutare gli effetti del ritardo sull'attivazione della filiera nazionale, l'analisi energetica è stata condotta assumendo come riferimento la traiettoria di sviluppo dello Scenario A. In questo caso, infatti, l'obiettivo non è stimare l'impatto del ritardo sulla capacità industriale, bensì isolare il valore sistemico dell'eolico offshore una volta raggiunte le principali soglie di capacità considerate. Un confronto tra traiettorie ritardate avrebbe effetti prevalentemente temporali sulla produzione, mentre risulterebbe meno informativo rispetto alla domanda centrale dell'analisi: comprendere quale ruolo svolga l'eolico offshore nel sistema elettrico, a parità di configurazione futura complessiva.

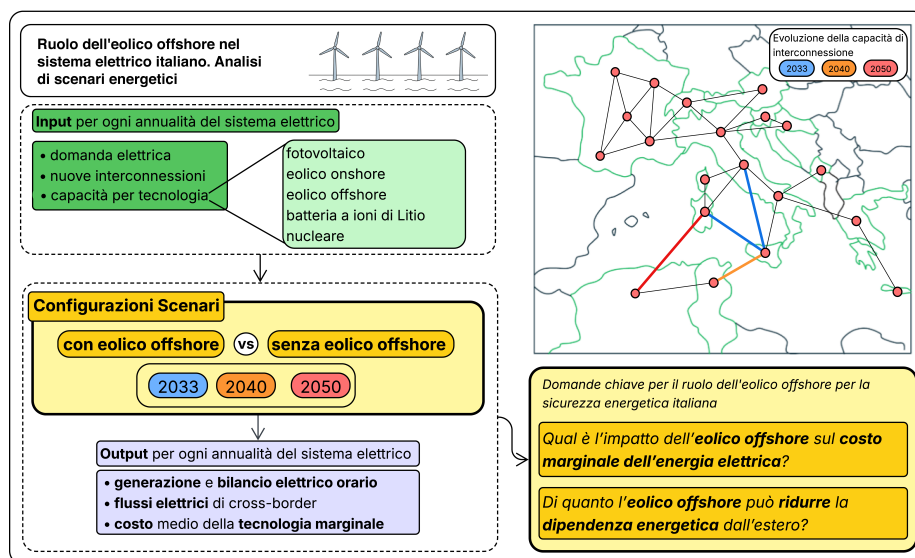


Figura 5: Schema metodologico relativo all'analisi di scenari energetica.

contributo differenziale dell'eolico offshore, a parità di ipotesi sulle altre componenti del sistema.

Il confronto tra le due configurazioni consente quindi di valutare in che misura l'eolico offshore contribuisca alla copertura della domanda elettrica e alla sicurezza energetica nazionale, rispetto a uno scenario in cui le altre capacità tecnologiche e le infrastrutture di rete evolvono secondo le medesime ipotesi, isolando gli effetti della tecnologia sul funzionamento complessivo del sistema elettrico. In particolare, lungo le diverse annualità target, il confronto permette di valutare:

1. l'effetto dell'eolico offshore sulla riduzione della dipendenza energetica dall'estero, misurata attraverso la variazione dell'import netto di energia elettrica e del fabbisogno di gas naturale associato alla produzione termoelettrica interna;
2. l'impatto della tecnologia sul bilanciamento tecno-economico del sistema, attraverso la variazione del valore medio annuale della tecnologia marginale oraria.

Per rappresentare tali interazioni, è stato sviluppato un modello di ottimizzazione tecno-economica multinodale, con risoluzione oraria su tutte le 8760 ore annue, del sistema elettrico italiano mediante il framework PyPSA (*Brown et al., JORS, 2018*). La scelta di un modello multinodale risponde alla necessità di rappresentare in modo esplicito la distribuzione geografica della generazione, della domanda, dei vincoli di rete e degli scambi con l'estero, aspetti particolarmente rilevanti per valutare l'integrazione dell'eolico offshore nel sistema elettrico nazionale. Il modello, difatti, rappresenta l'Italia e include i principali Paesi interconnessi con il sistema elettrico nazionale, nonché le

Tabella 5: Assunzioni circa la capacità tecnologica installata per le differenti annualità simulate, derivate dagli scenari sviluppati da Terna.

Parametro	Unità di misura	2033 ¹	2040	2050
Domanda elettrica	TWh	373	420	500 ²
Fotovoltaico	GW	90	110	250
Eolico onshore	GW	27	30	46
Eolico offshore	GW	3,8	10	20
Nucleare	GW	0	0	10
Idroelettrico	GW	23	23	23
di cui di pompaggio	GW	7,3	7,3	7,3
Batteria a ioni di Litio	GWh	61,3	121,3	187,3

ulteriori interconnessioni previste nelle pianificazioni infrastrutturali di Terna¹. Il modello è stato preliminarmente validato rispetto ai dati Terna relativi all'attuale configurazione del sistema elettrico nazionale, al fine di verificarne la coerenza prima dell'applicazione agli scenari prospettici. Le principali assunzioni adottate per ciascuna annualità, in termini di domanda elettrica e capacità installata per tecnologia, sono riportate in Tabella 5. Esse derivano dall'elaborazione degli scenari futuri previsti da Terna e includono l'evoluzione attesa delle principali tecnologie di generazione, accumulo e interconnessione.

In coerenza con tali scenari, per il 2050 è stata inoltre considerata una capacità nucleare pari a 10 GW. Per ciascuna tecnologia sono stati assunti costi di investimento e operativi coerenti con le traiettorie di evoluzione attese e con le fonti di pianificazione energetica considerate nello Studio. Per il comparto termoelettrico, il costo marginale è stato stimato considerando l'evoluzione attesa del prezzo del gas naturale e del costo delle emissioni di CO₂ nel sistema EU ETS, in coerenza con il PNIEC 2024.

A partire dagli output del modello – tra cui generazione oraria e aggregata per tecnologia, flussi di import-export, produzione termoelettrica interna e prezzo medio della tecnologia marginale² – sono stati costruiti gli indicatori necessari a quantificare i due effetti precedentemente richiamati: la

¹Il sistema elettrico nazionale italiano è interconnesso con i Paesi limitrofi, quali Francia, Svizzera, Austria, Croazia, Montenegro e Grecia. L'evoluzione futura del modello include, in coerenza con i piani nazionali e di Terna, nuove interconnessioni interne tra Sicilia, Sardegna e Lazio entro il 2033, oltre a collegamenti con la Tunisia al 2040 e con l'Algeria al 2050. Tali ampliamenti, illustrati in Figura 5, riflettono il possibile rafforzamento del ruolo dell'Italia come *hub* di connessione tra il sistema elettrico europeo e quello nordafricano. Considerata la limitata entità dei flussi transfrontalieri con Malta, tale interconnessione non è stata inclusa nel modello.

¹Le assunzioni relative al 2033 sono state ottenute per interpolazione tra gli scenari Terna al 2030 e al 2035. Per 2030, 2035 e 2040 sono stati considerati i valori centrali tra gli scenari proposti in *Prospettive di Sviluppo del Sistema Energetico 2050. Copertura della domanda elettrica, 2025, Terna*.

²La domanda elettrica al 2050 è stata considerata al netto della quota destinata alla produzione di idrogeno e combustibili sintetici, in linea con l'attuale livello di maturità tecnologica di tali processi in Italia.

²Con prezzo medio della tecnologia marginale si intende il valore associato, per ciascuna ora e per ciascun nodo del modello, alla tecnologia marginale chiamata a soddisfare la domanda elettrica. Poiché il modello opera con risoluzione oraria e rappresentazione multinodale, l'indicatore riportato nello Studio è ottenuto come media dei valori marginali calcolati sui nodi italiani e sulle 8760 ore di ciascuna annualità simulata.

variazione della dipendenza energetica dall'estero e l'impatto sul bilanciamento tecno-economico del sistema. Tali indicatori, presentati nella Sezione 3.6, consentono di confrontare le configurazioni con e senza eolico offshore e di discutere il contributo della tecnologia alla sicurezza energetica nazionale. Ai fini della rappresentazione grafica dei risultati lungo l'intero orizzonte temporale di riferimento, i valori relativi agli anni intermedi e successivi alle annualità target sono stati ricostruiti proporzionalmente alla capacità eolica offshore in esercizio. Tale ricostruzione tiene conto del progressivo ingresso in esercizio degli impianti e della loro successiva dismissione, fino al decommissioning dell'ultimo impianto considerato.

3 Impatto su filiera industriale, ruolo strategico delle infrastrutture portuali e sicurezza energetica

Il presente capitolo ricostruisce dapprima la capillarità e la complessità della filiera dell'eolico offshore, a partire dagli elementi già introdotti nelle sezioni precedenti. Successivamente, presenta, con riferimento agli Scenari A e B, i risultati relativi alla capacità produttiva nazionale attivabile dal comparto offshore lungo l'intero ciclo di vita di un impianto, a valle dell'allocazione della domanda di beni e impieghi. Il capitolo prosegue con un approfondimento sui potenziali vantaggi di lungo periodo associati agli investimenti strutturali richiesti dall'eolico offshore e conclude con la presentazione delle evidenze sviluppate in merito al tema del ruolo della tecnologia per una maggiore sicurezza energetica del Paese. Quanto emerso costituisce una base interpretativa fondamentale per la successiva quantificazione degli impatti economici, sviluppata nel Capitolo 4.

3.1 La filiera dell'eolico offshore

L'eolico offshore attiva una base produttiva ampia e articolata, che coinvolge una pluralità di settori industriali e professionali lungo l'intero ciclo di vita dell'impianto. La domanda generata da questo comparto, infatti, non si esaurisce nella sola produzione di energia, ma si distribuisce tra attività che vanno dalla progettazione alla dismissione degli impianti. In tale prospettiva, i beni e gli impieghi interessati, e che sono stati oggetto di analisi, sono pari a circa 50, oltre le 11 categorie di mezzi navali considerate. Tali beni e impieghi non devono essere considerati come insiemi separati, bensì come elementi tra loro strettamente integrati all'interno di una sequenza tecnico-operativa che mobilita, di volta in volta, specifici materiali, componenti, lavorazioni e competenze.

Più nel dettaglio, il nesso tra beni e impieghi può essere ricostruito seguendo la sequenza delle operazioni che strutturano la filiera offshore. Questa impostazione consente di osservare in modo più preciso come, nelle diverse fasi del ciclo di vita dell'impianto, si combinino specifici input materiali e specifiche competenze tecnico-operative. La domanda attivata dall'eolico offshore, infatti, non si distribuisce in modo uniforme tra i diversi settori, ma assume configurazioni differenti a seconda della fase del ciclo di vita interessata. Lungo questa sequenza trovano concreta espressione le tipologie di beni e di impieghi richiamate in precedenza.

All'inizio della filiera si colloca la fabbricazione delle strutture principali dell'impianto, come torre, fondazioni di turbina e sottostazione e altri componenti portanti. In questa fase l'eolico offshore attiva soprattutto la domanda di materiali strutturali e di lavorazioni industriali pesanti, con un forte coinvolgimento della carpenteria metallica, della saldatura e delle competenze manifatturiere necessarie a realizzare strutture resistenti e durevoli in ambiente marino.

Accanto a questa componente si sviluppa la produzione delle pale, che segue una logica diversa, maggiormente centrata sui materiali compositi e sulle lavorazioni di precisione. In questo segmento la filiera si collega meno alla

manifattura pesante e più a processi produttivi avanzati, nei quali diventano rilevanti lavorazioni specialistiche, controllo di qualità e assemblaggio tecnico.

Una terza componente fondamentale riguarda il package elettrico, la sottostazione e l'infrastruttura di connessione. Qui l'eolico offshore attiva la filiera elettrotecnica ed elettromeccanica, perché il parco non è solo una struttura fisica in mare, ma un sistema che deve raccogliere, trasformare e trasferire energia verso la rete. In questa parte della catena del valore assumono quindi rilievo i cavi, le apparecchiature elettriche e le competenze installative e di collaudo. A queste si aggiungono le attività legate a ormeggio, ancoraggio e collegamento, particolarmente importanti nei sistemi floating. Questo è uno snodo nel quale si combinano industria dei materiali, lavorazioni manifatturiere, operazioni marine e servizi tecnici specializzati, inclusi in alcuni casi gli interventi subacquei.

Una volta completata la fabbricazione dei componenti, la filiera passa alla fase di assemblaggio, che rappresenta il momento di raccordo tra produzione e installazione. Qui il valore non deriva tanto dalla creazione di nuovi materiali, quanto dall'integrazione di componenti già prodotti in moduli e sistemi pronti per il trasferimento verso il sito offshore: è quindi una fase fortemente legata a sollevamento, preassemblaggio e integrazione industriale.

Segue poi la logistica portuale e la movimentazione, che costituiscono una componente strutturale dell'intera filiera. L'eolico offshore dipende infatti dalla capacità di stoccare, movimentare e trasferire carichi eccezionali tra sito produttivo, porto e mare. In questa fase emergono con particolare evidenza il ruolo dei porti, dei mezzi di sollevamento, dei mezzi navali e delle professionalità logistiche e operative.

Questa integrazione tra beni, infrastrutture e lavoro raggiunge il suo punto massimo nelle operazioni di installazione offshore, dove convergono componenti completi, mezzi navali, attrezzature tecniche e competenze industriali, marittime e impiantistiche. Installare in mare significa infatti combinare in un'unica catena operativa capacità manifatturiere, logistiche, elettriche e offshore.

Con l'entrata in esercizio del parco si apre la fase di O&M, che mostra come l'eolico offshore non attivi solo una domanda iniziale di costruzione, ma anche una domanda continuativa di ricambi, servizi industriali, manutenzione e competenze tecniche lungo tutta la vita utile dell'impianto (complessivamente circa trent'anni). In questa fase assumono rilievo soprattutto le attività di monitoraggio, ispezione, manutenzione programmata e riparazione, sia a terra che in mare.

Infine, la stessa logica si ritrova nella fase di dismissione, che comprende rimozione, trasporto a terra, smontaggio, recupero e smaltimento dei materiali. Anche qui la filiera attiva una combinazione di mezzi, infrastrutture e competenze tecniche simile a quella dell'installazione, ma orientata al fine vita dell'impianto. Questo conferma che l'eolico offshore mobilita una catena del valore estesa all'intero ciclo di vita, dalla costruzione iniziale fino al decommissioning.

3.2 Attivazione della filiera industriale nazionale

Al fine di valutare in modo rigoroso la struttura e la capacità produttiva della filiera industriale nazionale, si sono messe in relazione, da un lato, la domanda

attivata nel tempo dallo sviluppo dell'eolico offshore, ricostruita nelle sezioni precedenti lungo le diverse fasi della filiera, e, dall'altro, la capacità produttiva e occupazionale potenzialmente attivabile in Italia, anch'essa ricostruita nelle sezioni precedenti, con riferimento ai principali beni e impieghi critici. L'analisi non si limita tuttavia a un confronto statico tra fabbisogno e capacità teorica, ma considera anche i possibili vincoli che possono ostacolare l'effettiva attivazione della capacità nazionale, riconducibili, ad esempio, alla mancanza o debolezza di alcuni segmenti della filiera, alla specializzazione incompleta di determinati reparti produttivi o alla limitata disponibilità di infrastrutture adeguate, in particolare in ambito portuale, logistico e marittimo. Allo stesso tempo, si è tenuto conto che l'eolico offshore attiva una componente di domanda vincolata al territorio italiano, che include profili come ingegneri, informatici, figure della gestione economico-commerciale, economisti, amministrativi, scienziati ambientali, geologi/geofisici e giuristi, oltre alla domanda connessa alle infrastrutture elettriche a terra. Infatti, buona parte di queste funzioni deve necessariamente essere svolta in Italia, o comunque in stretto raccordo con il contesto italiano, perché dipende da condizioni regolatorie, ambientali, infrastrutturali e istituzionali che non sono delocalizzabili.

In questa prospettiva, il confronto tra domanda complessiva, capacità potenzialmente attivabile e quota effettivamente soddisfatta dalla filiera nazionale offre la possibilità di proporre risultati che consentono di leggere con maggiore precisione il grado di presidio industriale dell'Italia nei diversi segmenti osservati. Tale confronto è svolto per i due Scenari considerati, A e B, con conseguenze differenti.

3.2.1 Scenario A

Nel suo insieme, lo Scenario A restituisce l'immagine di una filiera nazionale tutt'altro che assente rispetto alle opportunità offerte dallo sviluppo dell'eolico offshore, pur con un grado di presidio differenziato tra i vari segmenti. In alcuni comparti la base produttiva risulta già relativamente vicina ai fabbisogni medi e mostra una buona capacità di attivazione; in altri, invece, emergono spazi di consolidamento, sia in termini di ampliamento della capacità disponibile, sia di più piena mobilitazione del potenziale già presente.

Nello specifico, sul lato dei beni, l'acciaio rappresenta il caso più rilevante in termini assoluti. La domanda raggiunge un massimo prossimo a 1,0 milione di tonnellate annue, con livelli elevati concentrati tra la fine degli anni Trenta e i primi anni Quaranta. A fronte di questi valori, l'Italia mostra una presenza produttiva con una capacità potenziale compresa indicativamente tra 0,25 e 0,30 milioni di tonnellate annue. L'attivazione effettiva nazionale si colloca tuttavia su livelli inferiori, generalmente intorno a 0,08-0,11 milioni di tonnellate, con un massimo prossimo a 0,11 milioni. Questo suggerisce che il limite non sia riconducibile unicamente alla dimensione della capacità produttiva nazionale, ma anche alla difficoltà di attivarla pienamente lungo la filiera, in presenza di vincoli che possono derivare sia da alcuni impieghi critici, come gruisti e saldatori di cui si discuterà nel seguito, sia da fattori infrastrutturali e logistici.

Nel calcestruzzo lavorato il quadro appare più favorevole. La domanda massima si colloca attorno a 16-17 mila tonnellate annue¹, mentre la capacità

¹Tale quota fa principalmente riferimento alla quantità di calcestruzzo impiegata per la

potenziale italiana raggiunge circa 10 mila tonnellate annue, quindi un livello che si avvicina sensibilmente alla domanda media e copre una quota rilevante del picco. L'attivazione effettiva italiana oscilla spesso tra 6 e 8 mila tonnellate, con punte prossime a 8-8,5 mila. In questo segmento, quindi, il divario tra capacità potenziale e risposta reale è relativamente contenuto, e la filiera nazionale appare in grado di esprimere una copertura elevata del proprio potenziale.

Anche per i cavi elettrici si osserva una base nazionale presente e significativa. La domanda arriva a circa 70 mila tonnellate annue, mentre la capacità potenziale italiana cresce fino a circa 30 mila tonnellate, cioè poco più del 40% del picco. L'attivazione effettiva nazionale si colloca generalmente tra 12 e 20 mila tonnellate, con massimi vicini a 20 mila tonnellate. Il segmento mostra dunque un potenziale industriale non trascurabile, anche se la capacità nazionale resta solo parzialmente allineata ai livelli più elevati della domanda offshore; inoltre, in alcuni intervalli, l'attivazione effettiva si mantiene al di sotto del potenziale disponibile, con uno scostamento che può raggiungere circa 5-10 mila tonnellate annue.

Per i dispositivi elettrici, la domanda massima si attesta attorno a 6,5 mila MVA annui, mentre la capacità potenziale italiana raggiunge circa 3,5-3,6 mila MVA. Essa copre quindi poco più della metà del picco. L'attivazione effettiva italiana si mantiene in genere tra 1,5 e 2,2 mila MVA, con un massimo prossimo a 2,2 mila MVA. Anche in questo caso la filiera nazionale risulta presente e operativa, pur senza saturare integralmente il potenziale disponibile. Il differenziale tra capacità potenziale e risposta effettiva può superare 1 migliaio di MVA annui, segnalando margini di ulteriore attivazione soprattutto nelle fasi di maggiore intensità della domanda.

La fibra di carbonio è uno dei comparti nei quali la capacità nazionale sembra avvicinarsi maggiormente ai livelli di domanda media. Il picco di domanda si colloca attorno a 7,8 mila tonnellate annue, mentre la capacità potenziale italiana raggiunge circa 5 mila tonnellate. L'attivazione effettiva nazionale risulta relativamente elevata rispetto al potenziale, collocandosi spesso tra 3 e 4,4 mila tonnellate, con massimi prossimi a 4,4-4,5 mila tonnellate. Lo scostamento tra capacità potenziale e attivazione reale è quindi piuttosto ridotto nelle fasi centrali, e il comparto si configura come uno di quelli in cui il sistema italiano appare più vicino alla piena valorizzazione del proprio potenziale.

Un profilo simile si osserva nella fibra di vetro. La domanda massima raggiunge circa 8,5 mila tonnellate annue, mentre la capacità potenziale italiana arriva a circa 4,5-4,7 mila tonnellate. L'attivazione effettiva italiana cresce progressivamente fino a circa 3,2-3,3 mila tonnellate, restando tuttavia inferiore al potenziale di circa 1-1,5 mila tonnellate nei momenti di massima capacità. Anche qui emerge dunque una filiera nazionale presente, con una capacità che si avvicina alla domanda media ma non copre integralmente i picchi, e con margini di ulteriore attivazione lungo alcune fasi del periodo osservato.

Per i materiali in plastica, vernici e resine, la domanda massima si colloca intorno a 4,3-4,4 mila tonnellate annue, mentre la capacità potenziale italiana raggiunge circa 3,1-3,2 mila tonnellate. L'attivazione effettiva italiana si colloca generalmente tra 1,0 e 1,4 mila tonnellate, con un massimo di circa 1,4 mila tonnellate. In questo caso la capacità nazionale risulta presente in misura

realizzazione del materasso di protezione del collegamento elettrico tra il parco e il punto di approdo a terra.

apprezzabile, ma non pienamente attivata in tutto l'orizzonte temporale, con un differenziale tra potenziale e attivazione reale che può arrivare a circa 1,5-2,0 mila tonnellate. Il segmento mostra quindi una base produttiva che potrebbe essere valorizzata in misura più ampia, soprattutto nelle fasi di maggiore domanda.

Il caso dei mezzi navali evidenzia una configurazione diversa. La domanda massima raggiunge circa 32-33 mila giornate annue, con livelli elevati e persistenti nella fase centrale del periodo. La capacità potenziale italiana è molto più bassa e relativamente piatta, intorno a 7-8 mila giornate annue nella fase centrale, per poi scendere verso 4 mila. Essa copre quindi circa un quarto del picco e una quota più contenuta della domanda complessiva. L'attivazione effettiva italiana, pari in genere a 6-7 mila giornate nella fase alta e poi in riduzione, si colloca su livelli relativamente vicini al potenziale disponibile. In questo comparto, dunque, il tema principale non riguarda tanto la mancata attivazione della capacità esistente, quanto piuttosto la dimensione stessa della capacità nazionale, che appare strutturalmente più contenuta rispetto ai fabbisogni complessivi generati dalla filiera offshore.

Una sintesi dell'analisi dei beni è proposta in Figura 6, dove la colorazione verde indica la quota parte di capacità produttiva assorbita dal Sistema Paese, mentre la parte gialla indica che la corrispettiva lavorazione si sposta all'estero.

Con riferimento agli impieghi, la Figura 7 mostra, per la componente di domanda vincolata al territorio italiano, i profili professionali attivati lungo il ciclo di sviluppo dell'eolico offshore, distinguendo per ciascuno la domanda annua di impiego e il relativo valore economico annuo. Nel complesso emerge una domanda di impiego significativa nelle fasi iniziali e centrali della filiera, che tende poi a ridursi progressivamente nel tempo. I profili con maggiore rilievo quantitativo sono gli ingegneri, con un picco di circa 1,6-1,7 milioni di ore annue, gli informatici, che superano 1,1 milioni di ore annue, e le figure di gestione economica/commerciale, prossime a 0,6 milioni di ore annue. Anche i professionisti in ambito finanziario, di gestione e controllo assumono un ruolo rilevante, con una domanda che raggiunge circa 0,8 milioni di ore annue e un valore economico superiore a 30 milioni di euro annui.

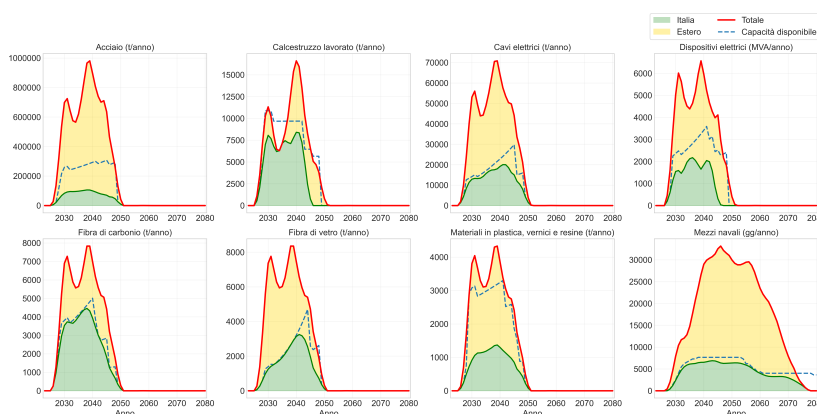


Figura 6: Scenario A - beni. Domanda, capacità potenziale e capacità attivata nel territorio italiano.

Gli amministrativi e gli scienziati ambientali mostrano una domanda più contenuta ma non trascurabile, con picchi rispettivamente intorno a 300 mila ore annue. Geologi/geofisici e giuristi risultano invece più concentrati nelle prime fasi del ciclo di progetto, coerentemente con attività legate a studi preliminari, autorizzazioni e impostazione iniziale delle iniziative. Un andamento ancora più concentrato nella fase iniziale si osserva per le infrastrutture elettriche a terra, che esprimono un forte valore economico, fino a circa 80 milioni di euro annui, per poi esaurirsi rapidamente.

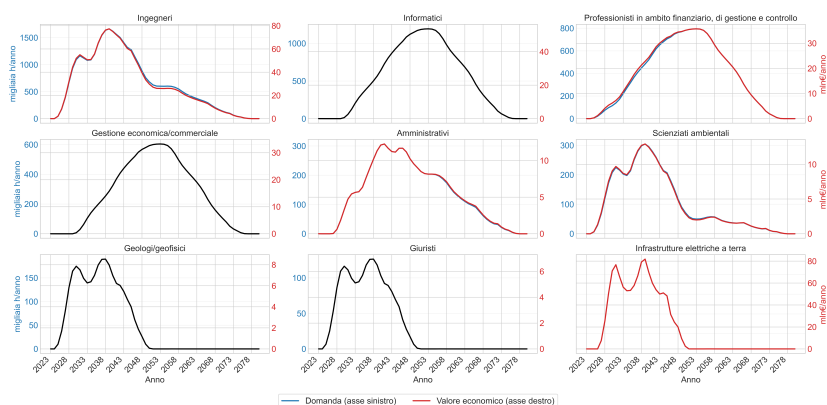


Figura 7: Scenario A. Domanda e valore economico delle attività vincolate al territorio italiano.

Dopo aver analizzato la componente di domanda vincolata al territorio italiano, come nel caso dei beni, l'analisi confronta la domanda di impieghi totale generata lungo il ciclo di vita degli impianti, la capacità potenzialmente disponibile in Italia e la quota di capacità effettivamente attivabile a livello nazionale.

Gli addetti alla movimentazione portuale rappresentano uno dei segmenti meglio presidiati. La domanda massima è di circa 1,75-1,8 milioni di ore annue, con una media nel periodo attivo di circa 0,9-1,2 milioni di ore. La capacità potenziale italiana raggiunge 1,5-1,55 milioni di ore, cioè circa l'85% del picco e un livello spesso superiore alla domanda media. L'attivazione effettiva italiana arriva fino a 1,4-1,45 milioni di ore, mostrando uno scostamento dal potenziale relativamente ridotto, dell'ordine di 0,1-0,2 milioni di ore. Si tratta dunque di uno dei comparti nei quali la capacità nazionale non solo esiste, ma riesce anche a tradursi in una risposta effettiva elevata.

I costruttori costituiscono invece uno dei profili più rilevanti in termini di intensità della domanda. La domanda massima si colloca attorno a 23-24 milioni di ore annue, con una media nel periodo attivo di circa 13-16 milioni di ore. La capacità potenziale italiana raggiunge al massimo 13-14 milioni di ore, e quindi copre poco più della metà del picco, pur avvicinandosi alla domanda media. L'attivazione effettiva nazionale si colloca invece in genere tra 1,5 e 2,0 milioni di ore. Il confronto tra le tre grandezze segnala che esiste una base teoricamente

significativa, ma solo parzialmente attivata nel periodo osservato; nei momenti di massima capacità, il differenziale rispetto all'attivazione effettiva può superare 10 milioni di ore annue.

Per gli elettricisti, la domanda massima raggiunge circa 1,5-1,55 milioni di ore annue, mentre la media nel periodo attivo si colloca attorno a 0,6-0,8 milioni di ore. La capacità potenziale italiana arriva a circa 1,1 milioni di ore, valore pari a circa il 70% del picco e in alcuni momenti superiore ai livelli medi di domanda. L'attivazione effettiva italiana si mantiene spesso tra 0,5 e 0,8 milioni di ore, con massimi prossimi a 0,8-0,85 milioni. Il divario rispetto al potenziale è dunque moderato nelle fasi centrali, e il comparto appare complessivamente solido, pur senza assorbire integralmente i picchi di fabbisogno.

I gruisti mostrano una capacità nazionale più contenuta rispetto alla domanda complessiva. Quest'ultima raggiunge circa 9 milioni di ore annue, con una media nel periodo attivo di circa 3,5-4,5 milioni di ore. La capacità potenziale italiana si ferma però a circa 1,4-1,5 milioni di ore, cioè circa il 15-17% del picco e circa un terzo della media. L'attivazione effettiva italiana si colloca inizialmente tra 1,0 e 1,4 milioni di ore, poi si riduce rapidamente. In questo caso, il profilo suggerisce che la capacità nazionale disponibile venga intercettata in misura relativamente elevata nelle fasi iniziali, mentre il limite principale risiede soprattutto nella scala complessiva della capacità disponibile rispetto ai fabbisogni della filiera.

Per i meccanici il quadro appare più favorevole. La domanda massima è di circa 0,33-0,34 milioni di ore annue, con una media nel periodo attivo di circa 0,18-0,22 milioni. La capacità potenziale italiana raggiunge 0,29-0,30 milioni di ore, quindi è molto vicina al picco e superiore alla domanda media. L'attivazione effettiva nazionale arriva a circa 0,26-0,27 milioni di ore, pur con oscillazioni e flessioni in alcuni anni. Il differenziale rispetto al potenziale è contenuto, nell'ordine di 20-40 mila ore nelle fasi alte, e suggerisce un comparto nel quale la filiera nazionale possiede una base relativamente robusta e attivabile.

Gli operatori macchine presentano una domanda massima di circa 3,1 milioni di ore annue, con una media nel periodo attivo di circa 1,7-2,0 milioni di ore. La capacità potenziale italiana raggiunge 2,3-2,4 milioni di ore, collocandosi quindi vicino alla media e coprendo circa tre quarti del picco. L'attivazione effettiva nazionale risulta tuttavia molto più contenuta, spesso compresa tra 0,4 e 0,6 milioni di ore, con un massimo attorno a 0,6 milioni. Anche in questo caso, quindi, la capacità teorica disponibile appare significativa, ma non pienamente attivata; il differenziale rispetto alla risposta effettiva può raggiungere circa 1,7-1,8 milioni di ore.

Per i saldatori, la domanda raggiunge circa 16-16,5 milioni di ore annue, con una media nel periodo attivo stimabile in 8-10 milioni di ore. La capacità potenziale italiana si colloca attorno a 2,4-2,5 milioni di ore, coprendo circa il 15% del picco e circa un quarto della media. L'attivazione effettiva italiana, generalmente compresa tra 1,5 e 2,1 milioni di ore, è relativamente vicina al potenziale disponibile. Il profilo suggerisce dunque che la capacità nazionale esistente venga utilizzata in misura abbastanza elevata, mentre il principale

elemento di distanza rispetto alla domanda complessiva è legato alla dimensione della capacità disponibile, più che alla sua mancata attivazione.

Infine, i sommozzatori presentano una domanda massima di circa 140 mila ore annue, mentre la media nel periodo attivo si colloca attorno a 50-70 mila ore. La capacità potenziale italiana raggiunge circa 145-150 mila ore, risultando quindi sostanzialmente allineata al picco e superiore alla media per buona parte del periodo. L'attivazione effettiva italiana si colloca generalmente tra 20 e 75 mila ore, con un massimo vicino a 75-80 mila ore. In questo caso, più che un'insufficienza strutturale della capacità, si osserva che in alcuni intervalli temporali la capacità disponibile non risulta pienamente attivata. Il divario tra potenziale e risposta effettiva può così arrivare a 60-70 mila ore, suggerendo l'esistenza di margini di attivazione ulteriore per una competenza altamente specialistica.

Una sintesi dell'analisi degli impieghi è proposta in Figura 8.

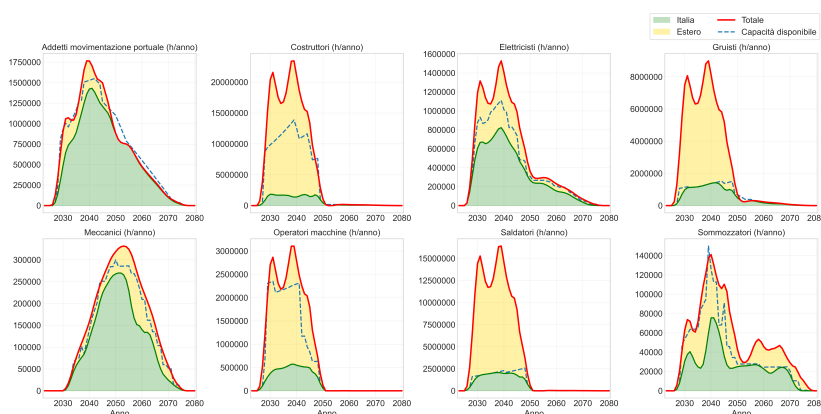


Figura 8: Scenario A - impieghi. Domanda, capacità potenziale e capacità attivata nel territorio italiano.

3.2.2 Scenario B

Il tratto più evidente dello Scenario B è che la filiera nazionale non mostra una crescita significativa della propria capacità produttiva e occupazionale nei segmenti critici osservati, e quindi fatica a rispondere all'espansione della domanda offshore, con conseguente perdita di attività industriale e occupazionale potenzialmente attivabile nel Sistema Paese. In molti casi, infatti, la domanda aumenta o si mantiene su livelli elevati, mentre la capacità potenzialmente disponibile in Italia resta sostanzialmente stabile o cresce solo marginalmente. Ne deriva un ampliamento del divario tra fabbisogno complessivo e contributo nazionale, con una quota rilevante della domanda che continua a essere assorbita dall'estero.

A questo primo elemento se ne aggiunge un secondo, altrettanto rilevante. In alcuni comparti il limite non riguarda soltanto la dimensione della capacità industriale o professionale disponibile a livello nazionale, ma anche la quota

di tale capacità che può essere effettivamente mobilitata per rispondere alla domanda offshore. La presenza di una base produttiva in Italia, infatti, non implica automaticamente che essa sia interamente disponibile, tecnicamente idonea o tempestivamente attivabile per il comparto. In altri termini, da un lato, in alcuni segmenti la capacità nazionale non cresce in misura sufficiente a seguire l'intensità del fabbisogno atteso. Dall'altro, parte della capacità potenzialmente disponibile (indipendente dal fatto che saturi o meno la domanda complessiva) può non essere pienamente mobilitata, per effetto di vincoli riconducibili a impieghi critici, nodi logistici, condizioni infrastrutturali, requisiti tecnici o competizione con altri mercati.

Sul lato dei beni, questo profilo emerge con particolare evidenza. Nell'acciaio, nei cavi elettrici e nei dispositivi elettrici, l'Italia mantiene una presenza produttiva riconoscibile, ma la risposta nazionale rimane limitata rispetto ai fabbisogni complessivi della filiera offshore. Nel caso dell'acciaio, in particolare, alla distanza tra domanda complessiva e capacità nazionale si aggiunge l'impossibilità di attivare pienamente la capacità potenziale. Ciò segnala che il vincolo non è solo quantitativo, ma riguarda anche l'effettiva mobilitazione della filiera.

Un'impostazione simile si osserva anche nei materiali in plastica, vernici e resine, dove la capacità italiana appare presente ma poco dinamica rispetto all'evoluzione della domanda, e inoltre non sempre pienamente utilizzata. Nella fibra di vetro e nella fibra di carbonio il sistema nazionale conserva una base produttiva visibile, ma anche in questi casi la crescita della capacità resta contenuta e non consente di intercettare una quota ampia del fabbisogno offshore. Il calcestruzzo lavorato mostra un profilo relativamente meno critico rispetto ad altri beni, ma anche in questo caso la capacità disponibile resta distante dal picco di domanda. Nei mezzi navali, infine, il punto critico è ancora più strutturale; la capacità nazionale resta su una scala ridotta, attorno a 2-3 mila giornate annue nella fase centrale, a fronte di una domanda che supera 35 mila giornate annue.

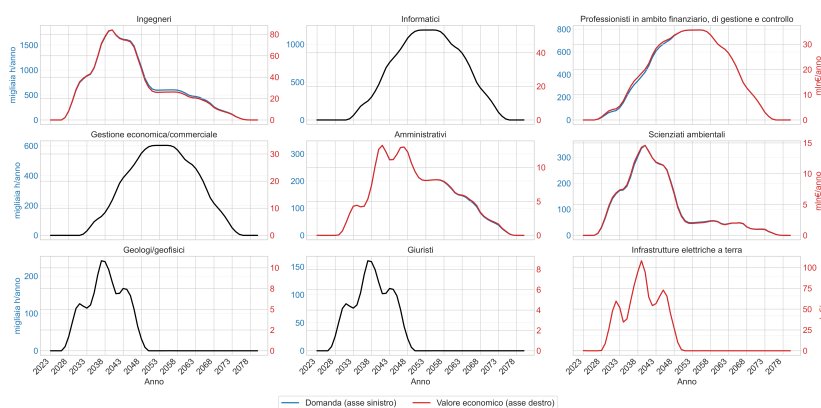


Figura 9: Scenario B. Domanda e valore economico delle attività vincolate al territorio italiano.

Lato impieghi, lo Scenario B vede una componente di domanda vincolata al

territorio italiano simile a quella dello Scenario A, seppur con una attivazione differita nel tempo (Figura 9).

Tuttavia, in termini di capacità potenziale e capacità effettivamente attivabile nel Sistema Paese, emerge uno schema analogo a quello osservato per i beni. In diversi profili professionali critici, in particolare costruttori, gruisti, operatori macchine e saldatori, la capacità potenziale italiana rimane contenuta o cresce poco, e quindi non accompagna l'intensità della domanda offshore. In alcuni casi, come per costruttori e operatori macchine, si aggiunge il fatto che la capacità potenziale disponibile non viene nemmeno pienamente attivata, ampliando ulteriormente la distanza tra potenziale teorico e risposta effettiva. Per gruisti e saldatori, invece, il limite appare soprattutto nella scala stessa della capacità disponibile, che rimane troppo ridotta rispetto ai fabbisogni. I saldatori, ad esempio, raggiungono una domanda superiore a 20 milioni h/anno, a fronte di una capacità disponibile inferiore a 1 milione h/anno.

Gli elettricisti, i meccanici e gli addetti alla movimentazione portuale mostrano un presidio relativamente migliore, ma anche in questi casi la crescita della capacità non appare sufficiente a seguire pienamente la domanda nei momenti di maggiore intensità. Il caso più solido è quello della movimentazione portuale, dove la capacità disponibile e l'attivazione italiana risultano relativamente vicine alla domanda in una parte rilevante dell'orizzonte temporale. Elettricisti e meccanici, invece, pur mantenendo una base nazionale visibile, restano distanti dai rispettivi picchi di domanda. I sommozzatori, infine, rappresentano un caso in cui la capacità italiana esiste, ma in alcuni periodi non viene interamente sfruttata, con il risultato che il contributo nazionale resta comunque limitato rispetto al potenziale teorico disponibile.

Una sintesi dell'analisi è proposta in Figura 10 e Figura 11. Da questa emerge un divario evidente tra gli Scenari A e B, riconducibile allo slittamento temporale delle aste.

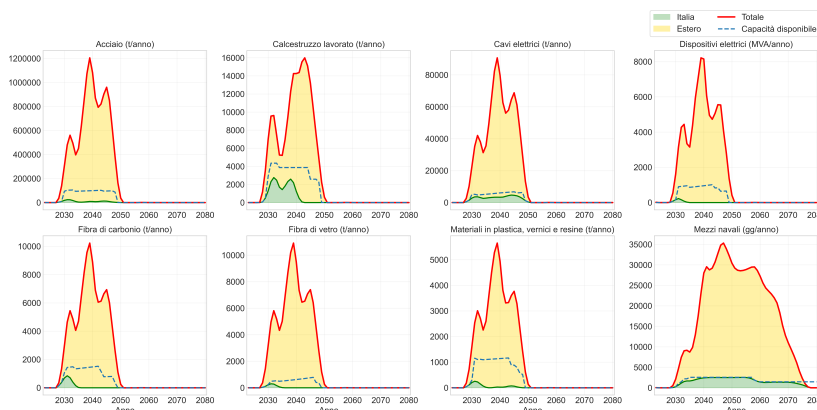


Figura 10: Scenari B - beni. Domanda, capacità potenziale e capacità attivata nel territorio italiano.

Tale divario potrebbe risultare potenzialmente anche più marcato di quanto rappresentato. Lo Scenario B, infatti, potrebbe non determinare soltanto un ritardo nell'attivazione della capacità industriale nazionale, ma anche una sua riduzione complessiva al 2050, qualora il protrarsi dell'incertezza sull'avvio del

comparto offshore disincentivasse il consolidamento di investimenti, competenze e occupazione nei tempi necessari all'interno del Sistema Paese. Tale slittamento rischia quindi di produrre effetti non solo temporanei, ma anche strutturali, riducendo la capacità del Sistema Paese di catturare valore lungo la filiera offshore nel medio-lungo periodo.

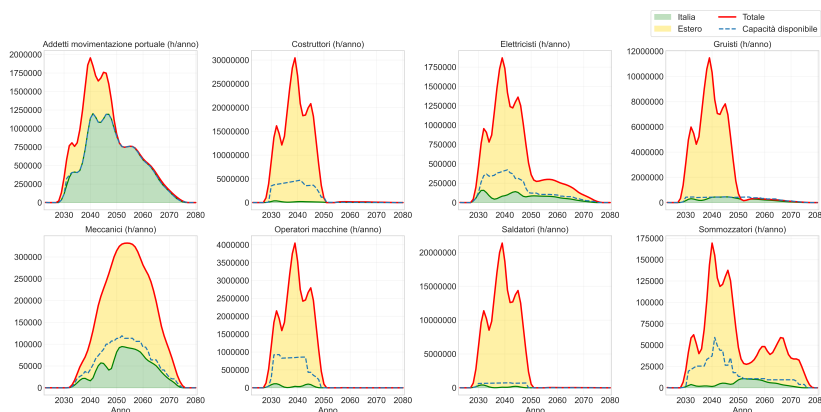


Figura 11: Scenario B - impieghi. Domanda, capacità potenziale e capacità attivata nel territorio italiano.

3.3 Punti di forza e sfide della filiera industriale nazionale

Da quanto emerso nelle sezioni precedenti, lo Scenario A rappresenta il quadro più percorribile per valorizzare il contributo della filiera industriale nazionale allo sviluppo dell'eolico offshore. In questo scenario, pur in presenza di criticità e colli di bottiglia, emerge una struttura della filiera nella quale coesistono segmenti già solidi, ambiti con potenziale non pienamente sfruttato e comparti che richiedono un rafforzamento più profondo. A differenza dello Scenario B, che evidenzia una crescita insufficiente della capacità nazionale rispetto alla domanda, lo Scenario A consente di leggere in modo più equilibrato vincoli, margini di miglioramento e opportunità di sviluppo. Per questa ragione, lo Scenario A viene assunto come riferimento principale dell'analisi.

La Figura 12 sintetizza il posizionamento dei diversi segmenti della filiera in funzione della lettura congiunta della capacità disponibile e del suo grado di attivazione, consentendo di distinguere i punti di forza del sistema, ossia i comparti già in grado di rispondere a una quota significativa della domanda, dagli ambiti nei quali emergono sfide di natura diversa ma ugualmente rilevanti.

Un primo elemento di forza riguarda i comparti nei quali la capacità nazionale risulta relativamente allineata alla domanda ed è anche effettivamente utilizzata. In questi segmenti, tra cui movimentazione portuale, meccanici, elettricisti, calcestruzzo e fibra di carbonio, la filiera nazionale appare già in grado di sostenere una quota rilevante delle attività legate all'offshore, senza richiedere interventi di espansione particolarmente rilevanti nel breve periodo. La principale sfida, in questi casi, non è quindi la creazione di nuova capacità, ma il mantenimento della continuità operativa, della stabilità della domanda e del coordinamento della filiera.

Accanto a questi punti di forza emerge una prima criticità nei segmenti in cui la capacità potenziale nazionale appare teoricamente sufficiente, o comunque prossima, rispetto alla domanda complessiva, ma non risulta pienamente attivabile per il comparto offshore. In questi casi, il limite non riguarda la dimensione della base produttiva o professionale disponibile, quanto la possibilità di mobilitarla appieno lungo la filiera. È il caso, ad esempio, di costruttori, operatori macchine, sommozzatori e materiali in plastica, vernici e resine. Per questi segmenti, la sfida consiste soprattutto nel migliorare il coordinamento tra domanda e offerta, ridurre i colli di bottiglia organizzativi, logistici e industriali, e rafforzare le competenze operative necessarie a rendere effettivamente utilizzabile il potenziale esistente.

Un'ulteriore area di criticità riguarda i segmenti nei quali la capacità nazionale risulta non pienamente sufficiente rispetto alla domanda potenziale attivata dallo sviluppo dell'eolico offshore. In questo ambito rientrano in modo evidente i mezzi navali, i gruisti e i saldatori, ossia comparti nei quali il divario rispetto ai fabbisogni complessivi della filiera resta indicativo. In questi casi, la criticità è prevalentemente quantitativa e richiede interventi mirati di investimento, rafforzamento della base produttiva, sviluppo delle competenze e adeguamento infrastrutturale. All'interno di questo quadro si colloca anche il caso dell'acciaio. Da un lato, la capacità nazionale copre solo una quota limitata della domanda complessiva; dall'altro, la capacità potenzialmente disponibile non risulta pienamente attivata. Il nodo dell'acciaio riguarda quindi sia la dimensione della capacità produttiva, sia la capacità di mobilitare tempestivamente quella esistente. Tale criticità non va tuttavia letta come un vincolo assoluto allo sviluppo del comparto, ma come un elemento da governare attraverso un'adeguata programmazione industriale. Lo Studio mostra infatti che, nonostante la presenza di un fabbisogno rilevante di acciaio rispetto alla capacità nazionale, lo sviluppo dell'eolico offshore genera comunque benefici economici significativi, approfonditi nel Capitolo 4. Una gestione tempestiva di questo nodo industriale consentirebbe anzi di rafforzare ulteriormente tali benefici, aumentando la quota di valore che il Sistema Paese può intercettare lungo la filiera. In questo senso, una maggiore certezza sui tempi di sviluppo del mercato, a partire dall'avvio tempestivo delle aste, potrebbe contribuire a ridurre la criticità, consentendo agli operatori di pianificare con maggiore anticipo investimenti, adeguamenti produttivi e strategie di fornitura.

Nel complesso, in un contesto di programmazione chiara e tempestiva, si evidenzia come la filiera industriale nazionale non sia caratterizzata da una carenza generalizzata, ma piuttosto da un'articolazione interna complessa, nella quale coesistono punti di forza e criticità di natura diversa. In termini di policy, ciò implica la necessità di adottare strategie differenziate: consolidare i segmenti già solidi, attivare più efficacemente il potenziale esistente e, laddove necessario, espandere la capacità disponibile. Un elemento chiave che emerge è che le sfide non sono riconducibili esclusivamente alla dimensione della capacità produttiva, ma riguardano in modo altrettanto rilevante la capacità del sistema di mobilitare e coordinare le risorse già presenti.

Infine, va sottolineato che gli interventi richiesti, pur differenziati per natura e intensità, hanno in larga misura carattere strutturale. Essi non si esauriscono nel solo sviluppo dell'eolico offshore, ma contribuiscono a rafforzare il sistema produttivo nazionale nel suo complesso, in termini di capacità industriale, competenze professionali e infrastrutture. Proprio questa dimensione di lungo

periodo rende il comparto offshore particolarmente rilevante anche in una prospettiva di politica industriale.

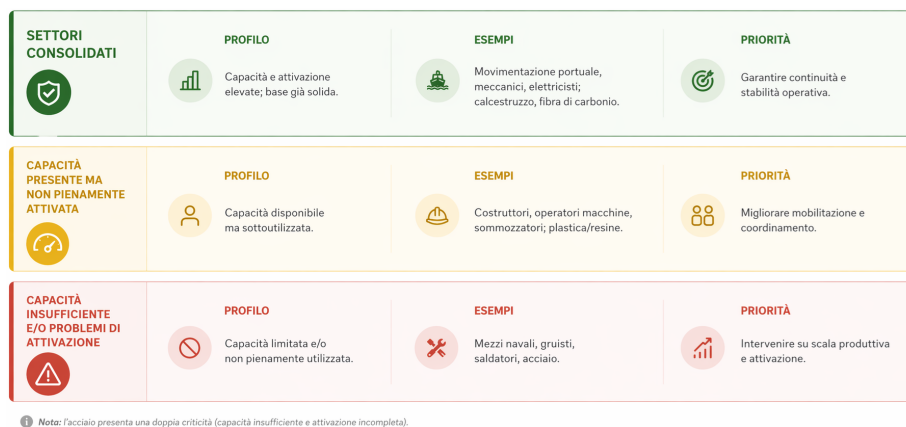


Figura 12: Profili dei settori della filiera industriale nazionale.

3.4 Riduzione dei costi e alternative tecnologiche: analisi di sensibilità

L'eolico offshore, incluso quello galleggiante, ha ormai raggiunto un grado di maturità tecnologica elevato. In questo quadro, la questione principale non riguarda più la dimostrazione della fattibilità della tecnologia, bensì la sua effettiva industrializzazione su scala crescente. Le sfide più rilevanti si collocano infatti sul piano della capacità produttiva, della standardizzazione dei processi, dell'adeguamento infrastrutturale e logistico e della costruzione di una supply chain in grado di sostenere nel tempo una realizzazione efficiente, ripetibile e competitiva.

Per tecnologie giunte a questo livello di maturità, la progressiva riduzione dei costi associata allo sviluppo industriale non rappresenta un'ipotesi meramente eventuale, bensì una dinamica ampiamente osservata e attesa con elevato grado di robustezza. Tale dinamica è riconducibile alla graduale acquisizione di esperienza lungo la filiera, all'ottimizzazione e standardizzazione dei processi produttivi, all'evoluzione delle soluzioni tecniche e, più in generale, agli effetti di apprendimento che si manifestano con l'aumento della diffusione e della scala realizzativa. Nel caso dell'eolico offshore galleggiante, questa evidenza assume un rilievo ancora maggiore, trattandosi di una tecnologia non solo matura, ma già sperimentata con esiti positivi in contesti in cui sono stati avviati processi concreti di consolidamento industriale e riduzione dei costi. In questo senso, la sua diffusione nel Mediterraneo non appare limitata da un deficit di maturità tecnologica, quanto piuttosto dalla necessità di adattare soluzioni, filiera e configurazioni operative alle specifiche condizioni ambientali, logistiche e infrastrutturali dell'area.

Occorre tuttavia precisare come tale riduzione dei costi non si produca automaticamente per il solo trascorrere del tempo: difatti, essa dipende dall'effettivo avanzamento del deployment e quindi dalla capacità installata cumulata, intesa prevalentemente su scala globale, che abilita apprendimento

industriale, serializzazione, saturazione delle capacità produttive, affinamento logistico e maggiore standardizzazione. In altri termini, se lo sviluppo della filiera viene effettivamente attivato, la discesa dei costi costituisce una traiettoria attesa; al contrario, in assenza di installazioni e continuità realizzativa, tale dinamica tende a rallentare o a non manifestarsi pienamente. In questo senso, il grafico illustrato in Figura 13, riportando l'applicazione delle stime di riduzione di CAPEX e OPEX lungo l'orizzonte temporale analizzato, non descrive un semplice decorso temporale dei costi, ma l'effetto atteso di un percorso di industrializzazione effettivamente realizzato. Nel perimetro analizzato, l'applicazione della traiettoria di sviluppo considerata comporta un costo complessivo cumulato stimato di circa 135,2 miliardi di euro, di cui circa 85,7 miliardi riconducibili alla componente CAPEX e la quota restante, pari a circa 49,5 miliardi, alla componente OPEX lungo il periodo di esercizio degli impianti.

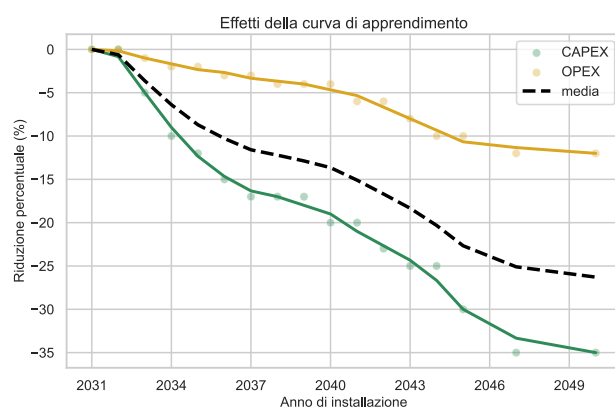


Figura 13: Effetto dell'introduzione del fattore di apprendimento tecnologico.

Appurato che, in presenza di un effettivo sviluppo industriale, una progressiva riduzione dei costi costituisce una dinamica attesa, occorre considerare un secondo aspetto rilevante: l'esistenza di alternative tecnologiche che potrebbero affermarsi lungo il percorso di industrializzazione, ad esempio con riferimento alle soluzioni di materiale per i floater, ai sistemi di ormeggio o ad altre configurazioni progettuali. Nel corso dell'analisi principale, si sono assunti costi unitari e soluzioni tecnologiche costanti nel tempo. Tale semplificazione è stata ritenuta ragionevole in quanto eventuali differenziali di costo associati all'evoluzione tecnologica tendono, in larga misura, a incidere soprattutto sulle quote di domanda non assorbite internamente e quindi allocate all'estero, più che modificare in modo sostanziale l'ordine di grandezza degli effetti economici attivati sul territorio nazionale.

La presente sezione ha pertanto l'obiettivo di verificare la robustezza di tale assunzione, stimando l'entità degli effetti derivanti dall'introduzione di progressive contrazioni dei costi e di fabbisogni di domanda lungo la traiettoria di sviluppo della tecnologia. A tal fine, con riferimento allo Scenario A, è stata sviluppata un'analisi aggiuntiva che incorpora i meccanismi di apprendimento

tecnologico, considerando la riduzione dei costi e i conseguenti aggiustamenti nella domanda di materiali, ore-uomo e giorni-mezzo.

Per sviluppare tale verifica, si è reso necessario affrontare un problema metodologico specifico. In linea teorica, una piena estensione dell'approccio bottom-up adottato nell'analisi principale avrebbe richiesto la disponibilità di curve di apprendimento distinte per ciascuna delle numerose voci di domanda considerate nel modello, e per ciascun anno dell'orizzonte temporale analizzato. Una simile impostazione, tuttavia, non risulta oggi supportata da un insieme sufficientemente consolidato di evidenze empiriche e richiederebbe quindi l'introduzione di un numero molto elevato di ipotesi specifiche, con il rischio di aumentare la complessità formale dell'analisi riducendone, al contempo, la robustezza complessiva. In altri termini, in assenza di stime consolidate di apprendimento per ciascuna voce elementare, una disaggregazione eccessiva avrebbe rischiato di produrre un risultato solo apparentemente più preciso, ma in realtà più dipendente da assunzioni arbitrarie. Per questa ragione, coerentemente con la letteratura di riferimento e con l'esigenza di preservare l'affidabilità del quadro valutativo, si è ritenuto preferibile adottare, in questa sezione, un approccio di tipo top-down. Tale scelta consente infatti di rappresentare gli effetti dell'apprendimento tecnologico in modo più solido, assumendo come dato di partenza le riduzioni di costo attese a livello di impianto nel suo complesso, per poi valutarne gli effetti sulle singole componenti della domanda. Ciò non implica, tuttavia, una trasposizione puramente aggregata delle riduzioni di costo. Pur adottando un vincolo top-down a livello di impianto, la successiva declinazione sulle componenti della domanda è stata condotta secondo logiche coerenti con la struttura bottom-up del modello, attribuendo le principali contrazioni a voci per le quali l'apprendimento industriale e la possibile evoluzione delle soluzioni tecnologiche appaiono maggiormente plausibili. In particolare, tali riduzioni sono state applicate selettivamente alle strutture del floater, ai sistemi di ormeggio, alle lavorazioni manifatturiere, ai tempi di installazione e, nelle fasi più mature, anche ad alcune componenti della gestione operativa.

Operativamente, sono stati definiti tre orizzonti temporali di riferimento — oggi-2033, 2034-2040 e 2041-2050 — all'interno dei quali gli impianti precedentemente distribuiti su base annuale sono stati aggregati in gruppi caratterizzati da complessità progressivamente crescente. Tale articolazione riflette l'avanzamento atteso della conoscenza e della capacità industriale del settore, nonché l'evoluzione delle condizioni medie dei progetti in termini di batimetria, distanza dalla costa e taglia degli impianti, assunte tendenzialmente crescenti nei diversi periodi considerati. I tre blocchi sono inoltre coerenti con il raggiungimento di soglie progressive di capacità installata, rispettivamente riconducibili a una prima fase di attivazione del mercato fino a circa 3,8 GW (fino al 2033), assunta come riferimento di base e quindi modellata mediante i costi unitari e le funzioni di domanda inizialmente adottati, a una successiva fase di consolidamento industriale fino a circa 10 GW (entro il 2040), e a una fase di maturità più avanzata della filiera verso i 20 GW (entro il 2050).

Coerentemente con tale articolazione, per ciascun blocco temporale e di capacità installata sono state associate ipotesi differenziate di efficientamento, sulla base di un ampio confronto con la reportistica di settore e in coerenza con le traiettorie di apprendimento attese per CAPEX e OPEX. Tali riduzioni sono state successivamente declinate in termini di domanda, sia di materiali sia di

ore-uomo e giorni-mezzo, calibrandole in funzione della complessità tecnologica, del grado di standardizzazione dei processi e degli obiettivi prestazionali attesi. L'intero processo è stato quindi validato verificandone la coerenza rispetto alle riduzioni complessive stimate a livello di impianto.

In particolare, nella prima fase di efficientamento, successiva alla realizzazione del primo nucleo di capacità installata pari a 3,8 GW, sono stati assunti miglioramenti nell'ordine del 10–15% per alcune componenti strutturali e manifatturiere del floater, riduzioni più marcate, nell'ordine di grandezza del 20–25%, per specifici elementi dei sistemi di ormeggio, nonché una prima compressione, nell'ordine del 10%, dei tempi di installazione e delle attività di O&M. Nella seconda fase, corrispondente al successivo sviluppo del deployment fino a circa 20 GW, sono stati considerati ulteriori efficientamenti, pari a circa il 10%, nelle attività di O&M, nelle fasi di installazione e in ulteriori lavorazioni manifatturiere del floater. In questa stessa fase, coerentemente con un mercato più maturo, sono state inoltre considerate riduzioni più ampie dei costi specifici dei materiali e delle lavorazioni, nell'ordine del 20–25%, coerenti con un livello più avanzato di standardizzazione, serializzazione e maturazione della supply chain. Si noti che le percentuali richiamate non rappresentano una contrazione uniforme applicata indistintamente a tutte le voci della filiera, ma ordini di grandezza riferiti alle famiglie di componenti e attività ritenute più sensibili ai processi di apprendimento, standardizzazione ed evoluzione tecnologica.

Una nuova simulazione di scenario è stata quindi effettuata, eseguendo una nuova allocazione della domanda secondo la metodologia presentata nella Sezione 2.5, e assumendo quote di domanda e costi progressivamente ridotti. In questo modo, l'analisi ha tenuto conto sia della contrazione dei costi associata all'apprendimento industriale, sia della possibile affermazione di alternative tecnologiche in grado di ridurre i fabbisogni specifici di materiali, lavorazioni e mezzi.

I risultati, confermando l'ipotesi di partenza, evidenziano che, pur a fronte di una significativa riduzione dei costi complessivi, gli effetti dell'apprendimento tecnologico si concentrano prevalentemente sulla componente estera della domanda, senza determinare variazioni rilevanti nell'indotto economico nazionale. Anche in presenza di evoluzioni tecnologiche, quali il possibile passaggio da strutture galleggianti in acciaio a soluzioni in calcestruzzo, o di una riduzione nella domanda di specifici materiali, come nel caso delle catene di ormeggio, l'impatto sul sistema produttivo nazionale risulta infatti limitato.

Le principali contrazioni della domanda si concentrano nella fase di O&M, con riduzioni fino al 20%, e nella minore intensità di utilizzo dei mezzi operativi, stimata fino al 10%. Tali dinamiche si traducono in una riduzione dei costi sia in conto capitale (CAPEX, fino al -35% al 2050) sia operativi (OPEX, fino al -12% al 2050), come illustrato in Figura 13. Va inoltre osservato che tali risultati sono ottenuti assumendo ipotesi non conservative di riduzione dei fabbisogni fisici e delle ore di lavorazione, con efficientamenti che, nelle fasi più mature del deployment, raggiungono ordini di grandezza anche rilevanti per specifiche famiglie di materiali, lavorazioni e attività operative. In questo senso, il fatto che anche in presenza di assunzioni relativamente incisive la contrazione si concentri prevalentemente sulla componente estera della domanda rafforza ulteriormente la robustezza delle conclusioni raggiunte.

Nel complesso, l'analisi conferma la robustezza dei risultati ottenuti e riportati nelle precedenti sezioni di questo capitolo, che costituiscono, quindi,

una solida base quantitativa per l'analisi di impatto economico presentata nel successivo Capitolo. In particolare, questo approfondimento ha mostrato come l'introduzione di meccanismi di apprendimento tecnologico e la possibile evoluzione delle soluzioni progettuali modificano soprattutto la componente di domanda allocata all'estero, mentre non alterano in misura sostanziale il quadro degli effetti economici attivati a livello nazionale. Ne consegue che, in uno scenario di progressiva maturazione industriale del settore, la tenuta competitiva del Sistema Paese dipende in misura crescente non dalla sola intensità materiale delle forniture, bensì dalla capacità di presidiare le componenti della filiera a maggiore contenuto di valore aggiunto, innovazione e specializzazione.

3.5 Investimenti strutturali di lungo periodo per il Sistema Paese

L'eolico offshore non attiva soltanto una domanda puntuale di beni, servizi e impieghi legata alla realizzazione dei parchi, ma può contribuire al rafforzamento di capacità produttive, tecniche e organizzative destinate a mantenere valore nel tempo. Per questa ragione, una parte degli investimenti richiesti dall'offshore può essere letta non come spesa congiunturale o strettamente settoriale, ma come investimento strutturale di lungo periodo per il Sistema Paese.

Questo aspetto riguarda innanzitutto il carattere multiuso di molti beni, impieghi e competenze mobilitati dalla filiera. Materiali strutturali, componenti elettrici, mezzi specializzati, servizi tecnici e professionalità operative non sono necessariamente utilizzabili solo nell'ambito dell'eolico offshore, ma possono trovare applicazione anche in altri comparti industriali, logistici, energetici e marittimi. L'offshore, dunque, non rafforza esclusivamente capacità dedicate alla costruzione dei parchi, ma può contribuire al consolidamento di segmenti più ampi della base produttiva nazionale.



Figura 14: Multiuso nel tempo di beni, impieghi, capacità e infrastrutture portuali attivate dall'eolico offshore

A questa dimensione funzionale si aggiunge una dimensione temporale. Le capacità attivate dall'eolico offshore non esauriscono il proprio valore nella fase di costruzione e installazione, ma possono continuare a essere utilizzate durante l'esercizio dei parchi, nelle attività di O&M, nelle successive fasi di repowering e decommissioning e, più in generale, in ulteriori cicli industriali. È proprio questa

continuità d'uso a consentire di interpretare parte degli investimenti offshore come dotazioni permanenti, capaci di produrre effetti oltre la singola stagione di domanda.

La Figura 14 sintetizza questa logica.

Tra le infrastrutture nelle quali questa logica appare con maggiore evidenza rientrano i porti. Pur senza configurare un ambito autonomo di approfondimento, il porto rappresenta una condizione abilitante per lo sviluppo dell'eolico offshore. La realizzazione, l'assemblaggio, la movimentazione e la manutenzione dei grandi componenti richiedono infatti spazi, banchine, fondali, accessi nautici, connessioni retroportuali e servizi tecnici adeguati. In questo senso, il porto non è soltanto un punto di imbarco verso il sito marino, ma un nodo industriale, logistico ed energetico che connette il sistema produttivo regionale con le attività offshore.

Questo cambiamento di funzione è rilevante perché sposta il baricentro dell'impatto economico dell'offshore dal solo sito marino al rapporto tra porto, retroporto e territorio regionale. Come mostra la Figura 15, il porto si colloca al centro di questa relazione. Da un lato connette il retroporto e il sistema produttivo regionale, dall'altro organizza il collegamento operativo con il mare e con il sito offshore. La rilevanza economica dell'eolico offshore, quindi, non si esaurisce nelle operazioni in mare, ma si estende al sistema territoriale che permette a quelle operazioni di essere preparate, gestite e sostenute nel tempo.

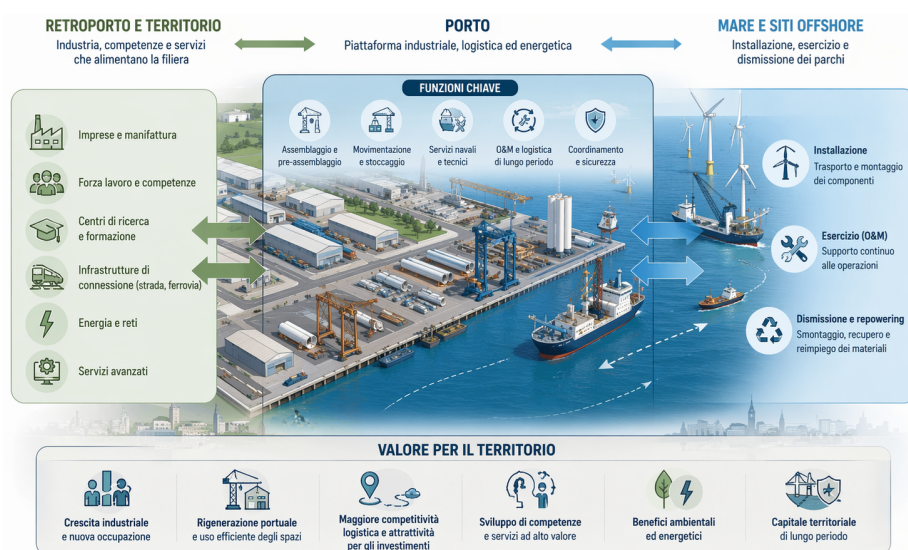


Figura 15: Relazione retroporto-porto-mare

È tuttavia utile distinguere tra le diverse funzioni portuali lungo il ciclo di vita del parco. Le fasi di costruzione, assemblaggio e installazione richiedono porti e banchine di grande taglia, dotati di ampi spazi a terra, fondali adeguati, elevata capacità di movimentazione e connessioni logistiche in grado di supportare componenti di dimensioni eccezionali. In questa categoria rientrano, ad esempio, scali con caratteristiche industriali avanzate come Augusta e Taranto. Le attività di O&M, invece, possono essere svolte anche da porti di

dimensioni più contenute, per i quali assume maggiore rilevanza la prossimità geografica al parco offshore. Tale prossimità consente di ridurre tempi e costi di intervento, garantire continuità operativa e sostenere in modo più efficiente le attività ricorrenti di manutenzione. Per questa ragione, i porti dedicati all'O&M rappresentano punti particolarmente rilevanti dal punto di vista occupazionale, poiché concentrano sul territorio una domanda stabile di servizi, competenze tecniche e professionalità operative lungo l'intera fase di esercizio degli impianti.

Inoltre, l'adeguamento dei porti, sia per le attività di assemblaggio e installazione sia per quelle di O&M, può generare benefici che vanno oltre la domanda nazionale di eolico offshore. Porti dotati di capacità specifiche legate all'offshore potrebbero infatti servire anche una quota della domanda estera, in particolare nei mercati geograficamente prossimi. Ciò amplierebbe il potenziale di cattura del valore da parte del Sistema Paese, trasformando alcuni scali nazionali in piattaforme di assemblaggio, servizio, logistica e manutenzione a supporto di una filiera offshore più ampia, estesa oltre i confini domestici.

3.6 Sicurezza energetica

Come illustrato nella Sezione 2.8, il contributo dell'eolico offshore alla sicurezza energetica nazionale deve essere analizzato nel quadro del sistema elettrico nel suo complesso e non unicamente in termini di producibilità annua. Per questa ragione, i risultati sono presentati distinguendo tre livelli di lettura: in primo luogo, (1) la produzione elettrica attesa dall'eolico offshore con riferimento allo Scenario A; in secondo luogo, (2) il ruolo della tecnologia nell'evoluzione del mix elettrico; infine, (3) il contributo dell'eolico offshore in termini di sicurezza energetica, valutato attraverso il confronto tra configurazioni con e senza offshore. In tale confronto, la produzione offshore viene rimossa mantenendo invariate le altre ipotesi di sistema¹; la quota non compensata da un diverso dispacciamento della generazione rinnovabile o nucleare nazionale già prevista si traduce quindi, nel controfattuale senza offshore, in un maggiore ricorso a importazioni elettriche o a produzione termoelettrica alimentata da gas naturale importato. In questo modo, il confronto con il caso senza offshore permette di isolare la quota di dipendenza dall'estero evitata dalla presenza dell'eolico offshore. Tale quota corrisponde, in altri termini, al fabbisogno che, in assenza di tale tecnologia, non potrebbe essere coperto dalla generazione rinnovabile o nucleare nazionale già prevista, se non modificando i target di capacità installata e, potenzialmente, le conseguenti ipotesi infrastrutturali e di bilanciamento del sistema elettrico.

Con riferimento al contributo energetico della tecnologia, base necessaria per le analisi successive, la Figura 16 mostra l'evoluzione della produzione elettrica annuale da eolico offshore associata alla traiettoria di sviluppo considerata nello Scenario A, coerente con il raggiungimento di 3,8 GW al 2033, 10 GW al 2040 e circa 20 GW al 2050. La crescita della capacità installata si traduce in

¹A parità di annualità considerata, le configurazioni con e senza eolico offshore mantengono invariate domanda elettrica, capacità installata delle altre tecnologie rinnovabili e, ove previsto, nucleare, accumuli e interconnessioni. Difatti, la mancata installazione di eolico offshore richiederebbe ulteriore capacità rinnovabile (per le altre tecnologie, come fotovoltaico ed eolico onshore) con effetti sul consumo di suolo oltre i livelli già considerati nel PNIEC e negli scenari Terna.

un contributo progressivamente crescente della tecnologia alla copertura della domanda elettrica, che porterebbe già il contingente del FER2 a contribuire per oltre 10 TWh/anno, fino a oltre 50 TWh/anno nel 2050, per una generazione cumulata complessiva dei 20 GW, su tutto il periodo di vita utile degli impianti (considerata conservativamente di 25 anni), pari a circa 1360 TWh.

Con riferimento all'analisi dell'evoluzione del mix elettrico, poi si nota come la produzione offshore si inserisca in una trasformazione più ampia del sistema elettrico nazionale, caratterizzata da una crescente penetrazione delle fonti rinnovabili variabili e da una progressiva riduzione del ruolo della generazione termoelettrica.

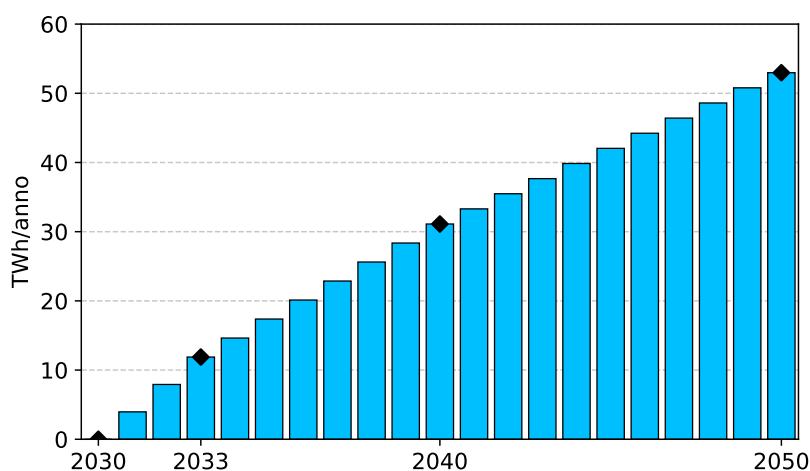


Figura 16: Produzione elettrica annuale da eolico offshore lungo la traiettoria di installazione considerata nello Scenario A.

Come mostrato in Figura 17, nello scenario considerato, la produzione da fotovoltaico, eolico onshore ed eolico offshore aumenta in modo significativo lungo l'orizzonte temporale analizzato, portando la quota di rinnovabili variabili rispetto alla domanda elettrica nazionale da circa il 20% nella configurazione attuale a circa il 70% al 2050. Parallelamente, la generazione termoelettrica, oggi prevalentemente basata su gas naturale, si riduce in modo progressivo, anche per effetto dei maggiori costi marginali variabili associati al combustibile e al sistema ETS. Tale evoluzione si riflette anche sugli scambi con l'estero. L'import netto di energia elettrica, definito come differenza tra importazioni ed esportazioni su base annuale, si riduce da circa 50 TWh/anno nella configurazione attuale a circa 11 TWh/anno al 2050. Questo andamento non è attribuibile al solo incremento di capacità installata di eolico offshore, bensì alla trasformazione complessiva del mix elettrico, che include la crescita delle rinnovabili, lo sviluppo degli accumuli, l'evoluzione delle interconnessioni e, al 2050, la presenza della capacità nucleare considerata nello scenario.

All'interno di questo quadro, l'eolico offshore assume un ruolo crescente e non marginale. In termini di incidenza sulla domanda elettrica nazionale, la tecnologia passa da circa il 3% nel 2033 a circa l'11% nel 2050. Se rapportato alla

sola produzione da fonti rinnovabili, il contributo dell'eolico offshore è pari, nelle tre annualità di analisi 2033, 2040 e 2050, a circa, rispettivamente, il 6%, 14% e 15% (13% rapportandolo anche alla generazione da nucleare). Questi valori evidenziano come l'eolico offshore possa contribuire all'ulteriore diversificazione del mix di approvvigionamento elettrico nazionale. Tuttavia, la sola produzione annua non è sufficiente, di per sé, a misurare il contributo della tecnologia alla sicurezza energetica. Per comprenderne il valore sistemico è, infatti, necessario analizzare in che misura tale produzione si integri nel mix elettrico, quali quote di generazione contribuisca a sostituire e, successivamente, quale effetto produca sulle importazioni nette evitate di elettricità e gas.

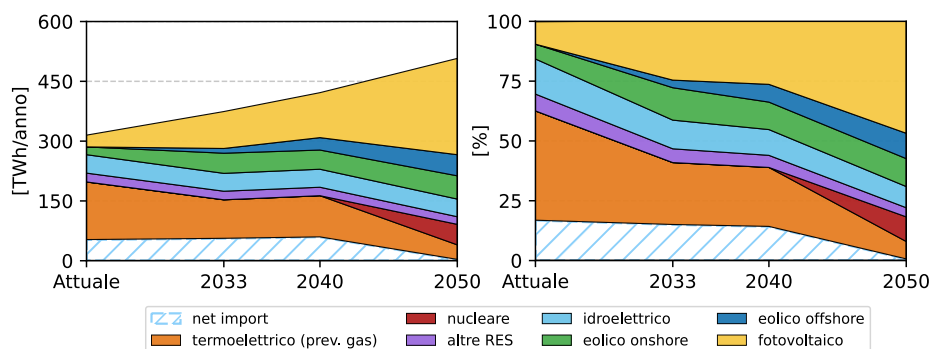


Figura 17: Ruolo dell'eolico offshore nell'evoluzione della composizione del mix elettrico.

Passando, quindi, all'identificazione del contributo netto della tecnologia alla sicurezza energetica, il confronto tra le configurazioni *con* e *senza eolico offshore* consente di valutare quale quota della produzione offshore, a parità di evoluzione del resto del sistema elettrico, non possa essere interamente compensata da un diverso dispacciamento della generazione rinnovabile o nucleare nazionale, traducendosi quindi in maggiore ricorso a importazioni elettriche o a produzione termoelettrica alimentata da gas naturale importato. Come mostrato nel grafico a barre alla sinistra di Figura 18, la quota di domanda coperta da fonti rinnovabili e nucleare cresce in modo marcato soprattutto tra il 2040 e il 2050, passando da valori prossimi al 60% a circa il 94%; tuttavia, già nel 2040 il confronto con il caso senza offshore evidenzia un contributo differenziale rilevante della tecnologia. Il grafico alla destra di Figura 18 quantifica questo effetto differenziale, espresso come maggiore dipendenza dall'estero che si avrebbe nel caso senza eolico offshore, e quindi come dipendenza estera evitata grazie alla presenza della tecnologia¹. Tale grandezza raggiunge circa 16 TWh/anno nel 2040 e si stabilizza intorno a 18 TWh/anno nel 2050, pari a circa il 4% della domanda elettrica nazionale. Su tutto il periodo di vita utile degli impianti considerati, l'effetto cumulato corrisponde a circa 635 TWh di energia che, in assenza dell'eolico offshore, dovrebbe essere coperta, sotto un profilo di convenienza tecnico-economica, attraverso maggiori importazioni elettriche o maggiore produzione termoelettrica interna alimentata da gas

¹Tale valore non rappresenta dunque il livello complessivo di dipendenza energetica del sistema elettrico nazionale, bensì la quota incrementale di approvvigionamento estero che il sistema dovrebbe sostenere nel caso controfattuale senza offshore, mantenendo invariate le altre ipotesi di generazione, accumulo, rete e interconnessione.

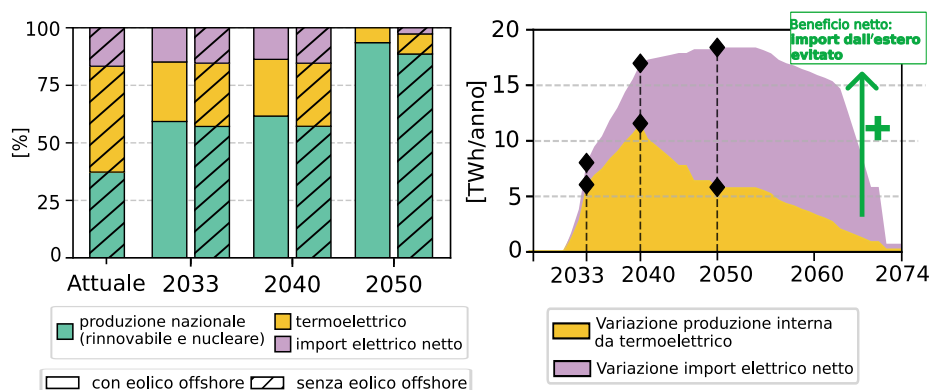


Figura 18: Mix elettrico nazionale e maggiore dipendenza energetica dall'estero. Confronto per ciascuna annualità target *con* e *senza eolico offshore*.

naturale importato. Inoltre, la misura di questo effetto evolve nel tempo: tra 2040 e 2050 si riduce il contributo addizionale della generazione termoelettrica, per effetto della minore competitività economica del gas in presenza dei costi ETS e della maggiore penetrazione di rinnovabili e nucleare, mentre aumenta il peso delle importazioni elettriche. In particolare, nello stesso intervallo, la componente associata alla produzione termoelettrica si riduce di circa il 50%, mentre quella riconducibile all'import netto di elettricità cresce di oltre il 130%. Oltre il 2050, non essendo stati considerati in via conservativa interventi di repowering, reinstallazione o prolungamento della vita utile degli impianti, il beneficio si riduce progressivamente con la dismissione della capacità offshore installata; tuttavia, esso rimane significativo per un periodo esteso, mantenendosi fino a circa 15 TWh/anno fino al 2065.

La dipendenza estera evitata grazie alla presenza dell'eolico offshore è stata inoltre valorizzata in termini di minore spesa cumulata verso l'estero. A tal fine, il contributo cumulato stimato, pari a circa 635 TWh, è stato ricondotto alle due componenti attraverso cui, nel modello, tale fabbisogno verrebbe coperto in assenza della tecnologia: maggiori importazioni nette di energia elettrica, pari a 370,6 TWh, e maggiore produzione termoelettrica alimentata da gas naturale importato, corrispondente a 741,2 TWh_{th}. Assumendo un prezzo medio dell'elettricità importata compreso tra 75 e 120 €/MWh e un prezzo medio del gas importato compreso tra 30 e 40 €/MWh_{th}, in linea con gli scenari di settore su orizzonti pluridecennali, la minore spesa verso l'estero risulta indicativamente compresa tra circa 50 e 76 miliardi di euro cumulati, con un valore centrale nell'ordine di 60 miliardi di euro. Tale risultato, data l'ampiezza dell'orizzonte temporale considerato e l'incertezza sull'evoluzione futura dei prezzi energetici, non va interpretato come una previsione puntuale, ma come una valorizzazione indicativa del beneficio di sicurezza energetica. In ogni caso, si tratta di risorse che, in assenza del contributo energetico dell'eolico offshore, defluirebbero stabilmente verso l'estero e che, invece, possono rimanere all'interno del sistema economico nazionale, contribuendo alla solidità della bilancia dei pagamenti e riducendo strutturalmente l'esposizione del Paese alla volatilità dei mercati energetici internazionali.

Un ulteriore output rilevante dell'analisi energetica riguarda il prezzo medio

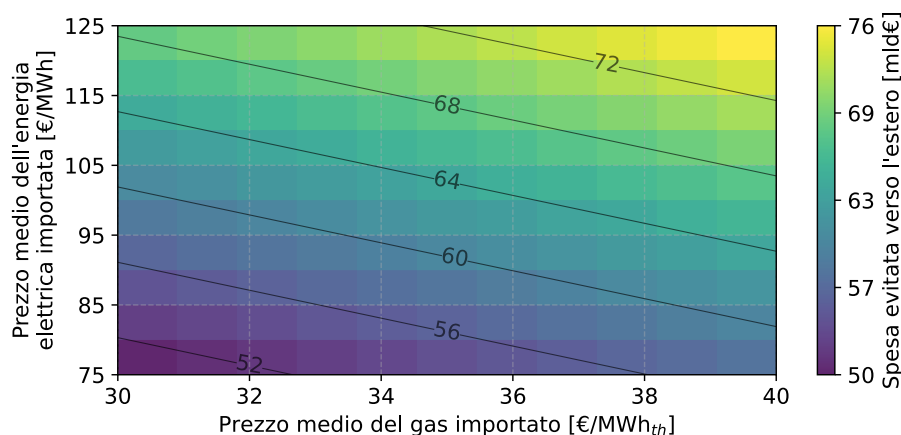


Figura 19: Variazione della spesa verso l'estero evitata in funzione del prezzo medio del gas e dell'elettricità importata.

orario della tecnologia marginale che soddisfa la domanda elettrica, che per brevità sotto è richiamato come prezzo marginale. Pur non coincidente direttamente con i prezzi dell'energia tipicamente analizzati per studiare l'andamento di mercato, tale indicatore rappresenta una proxy utile per valutare come la presenza dell'eolico offshore influenzi il costo marginale di copertura della domanda nel sistema elettrico. In questa prospettiva, l'elemento di maggiore interesse non è tanto il valore assoluto assunto in ciascun scenario¹, quanto la differenza tra le configurazioni *con* e *senza eolico offshore*. Come mostrato nel grafico di sinistra della Figura 20, la presenza dell'eolico offshore determina in tutte le annualità considerate una riduzione del prezzo marginale, con un beneficio che cresce al crescere della capacità installata: la differenza passa da circa 4 €/MWh nel 2033 a circa 8-9 €/MWh nel 2050. Lo stesso risultato si osserva anche considerando una media ponderata sulla domanda elettrica, adottata in via più conservativa per approssimare un indicatore maggiormente rappresentativo del sistema nel suo complesso. Per fornire una valutazione ancora più prudente, è stato inoltre calcolato un indicatore che include anche il costo del meccanismo di supporto all'eolico offshore. A tal fine, oltre al contingente FER2 da 3,8 GW, sono stati ipotizzati ulteriori meccanismi di supporto coerenti con la traiettoria di sviluppo della tecnologia fino al 2050 e con la progressiva riduzione dei costi attesa nel tempo. Anche in questo caso, il beneficio tende a rimanere positivo nel medio-lungo periodo: dopo un lieve effetto negativo nelle prime tre annualità, il differenziale del prezzo marginale ponderato, questa volta comprensivo degli incentivi derivanti da aste di supporto, raggiunge valori fino a circa 3 €/MWh e successivamente si stabilizza intorno a 1 €/MWh. Ciò indica che, pur includendo in modo conservativo anche il costo degli incentivi, la presenza dell'eolico offshore continua a contribuire alla riduzione del costo medio di copertura della domanda

¹Nei diversi casi simulati, il valore medio annuale del prezzo marginale si colloca indicativamente tra 75 e 120 €/MWh, a seconda dell'annualità e della configurazione considerata. Tale intervallo risulta coerente, in termini di ordine di grandezza, con gli scenari centrali e medio-bassi elaborati dalle principali fonti previsionali di settore per il mercato elettrico italiano.

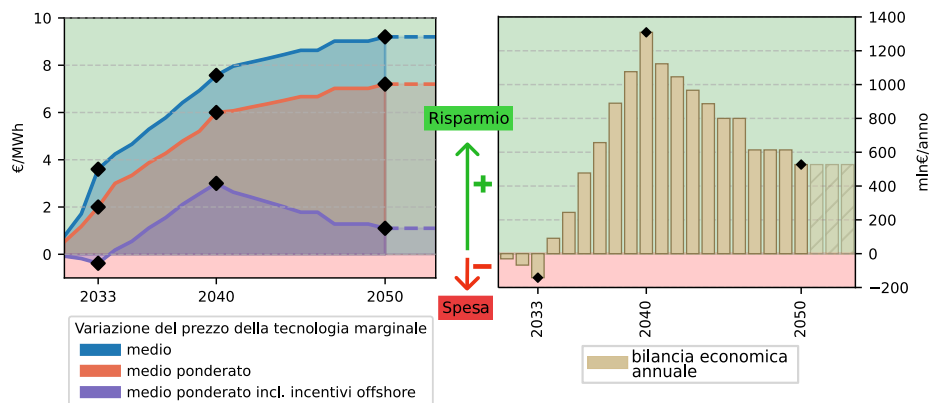


Figura 20: Impatto dell'eolico offshore sul prezzo medio annuale della tecnologia marginale e bilancia economica

elettrica. La traduzione di tale effetto in termini di bilancia economica complessiva è riportata nel pannello di destra della Figura 20. Moltiplicando il differenziale del prezzo marginale ponderato, comprensivo degli incentivi e al netto della riduzione attesa dei costi tecnologici associati alle traiettorie di apprendimento, per la domanda elettrica annua, si ottiene una stima della variazione della spesa complessiva del sistema elettrico. Al netto delle prime tre annualità, nelle quali si osserva un lieve aggravio di costo, il saldo risulta positivo per l'intero periodo 2034–2050, configurando quindi un risparmio netto per il sistema. Tale beneficio cresce rapidamente fino a raggiungere un massimo di circa 1,3 miliardi di euro annui intorno al 2040, per poi ridursi gradualmente e attestarsi comunque intorno a circa 530 milioni di euro annui nel 2050, con un valore medio complessivo sull'intero periodo pari a 595 milioni di euro annui. Anche sotto questo profilo, l'eolico offshore non emerge quindi soltanto come tecnologia utile ad aumentare la produzione rinnovabile, ma anche come elemento in grado di contribuire, nel medio-lungo periodo, al contenimento del costo complessivo del sistema elettrico.

Nel complesso, i risultati evidenziano che l'eolico offshore non rappresenta una soluzione unica alle esigenze di sicurezza e decarbonizzazione del sistema elettrico nazionale, ma costituisce una componente rilevante e quantificabile di una strategia di diversificazione del mix. Nello Scenario A, la tecnologia arriva a generare oltre 50 TWh/anno al 2050; tuttavia, il suo contributo sistemico emerge soprattutto dal confronto con il caso senza offshore, che evidenzia come la tecnologia permetta una riduzione netta della dipendenza dall'estero di circa 16 TWh/anno già con 10 GW installati e prossima a 18 TWh/anno al 2050. A questo beneficio energetico si associa anche un effetto positivo sul bilanciamento tecno-economico del sistema: la presenza dell'eolico offshore riduce il valore del prezzo medio della tecnologia marginale e, anche includendo in modo conservativo il costo degli incentivi e tenendo conto della progressiva riduzione dei costi tecnologici associata alle traiettorie di apprendimento, determina un potenziale saldo economico positivo nel medio-lungo periodo, con un beneficio annuo che raggiunge il valore di picco pari a circa 1,3 miliardi di euro nel 2040. In ultimo, tale risultato è riconducibile non soltanto al volume di produzione aggiuntiva immesso nel sistema, ma anche alla qualità

del profilo di generazione dell'eolico offshore. La tecnologia presenta infatti un fattore di capacità mediamente più elevato rispetto ad altre fonti rinnovabili variabili e un profilo stagionale particolarmente favorevole nei mesi invernali, quando la produzione fotovoltaica è più contenuta e il sistema elettrico tende a fare maggiore ricorso alla generazione termoelettrica a gas. In questo senso, l'eolico offshore sembra agire in modo complementare rispetto alla crescente penetrazione del fotovoltaico, contribuendo a ridurre le ore in cui gli impianti termoelettrici, caratterizzati da costi variabili più elevati, risultano marginali nella copertura della domanda. La minore domanda di gas associata alla produzione elettrica si manifesta, inoltre, proprio nella stagione invernale, generalmente più critica per il mercato del gas.

4 Impatto economico sul Sistema Paese: produzione, valore aggiunto, occupazione e gettito della filiera nazionale

Gli impatti economici associati allo sviluppo dell'eolico offshore evidenziano la rilevanza della tecnologia non solo sotto il profilo energetico, ma anche come leva di attivazione industriale, occupazionale e di creazione di valore lungo un insieme ampio di filiere produttive e di servizi. In questa prospettiva, come già evidenziato dai risultati descritti nel capitolo precedente, l'analisi proposta nel presente Studio non riguarda esclusivamente il contributo dell'offshore alla transizione energetica, ma la capacità del sistema economico nazionale di tradurre la diffusione della tecnologia in ricadute economiche e industriali trattenute sul territorio italiano.

Tale aspetto assume particolare rilievo nel contesto nazionale, nel quale, a fronte dell'avanzamento del settore in termini di progetti e autorizzazioni, il quadro economico-regolatorio risulta ancora non pienamente stabilizzato. In particolare, il ritardo nell'attivazione delle aste previste dal FER2 continua a incidere sulla possibilità di abilitare in tempi coerenti una filiera nazionale e le connesse infrastrutture portuali e logistiche.

I risultati presentati in questa Sezione fanno riferimento ai volumi di domanda generati rispettivamente nei due Scenari di sviluppo descritti nei capitoli precedenti, distinti per la tempistica di attivazione delle aste e per la diversa capacità del sistema economico nazionale di trasformare la domanda attivata in investimenti, occupazione e valore aggiunto domestico.

L'analisi si basa su un approccio bottom-up, fondato sulla ricostruzione della domanda lungo la filiera e sulla sua riconduzione a settori economici tracciabili, come descritto nella sezione metodologica. In questo quadro, gli impatti sono distribuiti lungo l'intera filiera reale e lungo il ciclo di vita dei progetti, incorporando i principali limiti di capacità della supply chain nazionale e consentendo di distinguere tra le attività realisticamente assorbibili in Italia e quelle che tendono a disperdersi verso l'estero. Le ricadute economiche sono articolate in effetti diretti, indiretti e indotti, che permettono di cogliere sia l'impatto immediato della domanda sia la sua propagazione lungo la filiera e nel sistema economico. Tali effetti includono sia la componente di investimento, concentrata nelle fasi di sviluppo, produzione, costruzione e installazione degli impianti, sia la componente di esercizio e manutenzione, distribuita lungo la vita utile degli asset e in grado di stabilizzare gli effetti nel tempo. I risultati riportati sono cumulati sull'intero orizzonte di analisi, espressi a prezzi costanti e riferiti alle sole ricadute trattenute sul territorio italiano, con esclusione delle importazioni.

Le stime presentate hanno inoltre carattere prudenziale. L'impostazione metodologica incorpora infatti, fin dall'origine, i limiti di assorbimento della supply chain nazionale, la disponibilità effettiva di capacità produttiva e logistica e i principali colli di bottiglia che possono emergere lungo la filiera, inclusi lead time, cantierizzazione, porti e flotte. In altri termini, i risultati non riflettono un'ipotesi astratta di piena attivazione della filiera italiana, ma sono costruiti tenendo conto di ciò che può essere realisticamente assorbito nel contesto industriale attuale. Questa scelta rende le stime particolarmente utili in chiave di policy, perché misura gli impatti in presenza dei vincoli oggi osservabili

e non sulla base di una capacità teorica massima. L'introduzione di un fattore di apprendimento evidenzia inoltre una riduzione del valore economico complessivo fino a circa il 15%, ma la contrazione riguarda la sola domanda estera, indicando che le stime di base, per loro natura prudenti, non incorporano pienamente i potenziali benefici futuri derivanti dai processi di apprendimento produttivo. Le stime non incorporano inoltre i potenziali effetti di sviluppo dell'export della filiera nazionale. L'avvento di queste tecnologie potrebbe infatti favorire, nel medio-lungo periodo, la crescita di competenze e servizi in grado di competere anche sui mercati internazionali. Infine, per prudenza metodologica, non è inclusa l'ulteriore quota di valore aggiunto riconducibile alla componente economico-finanziaria dell'attività di produzione elettrica, legata alla remunerazione del capitale investito, alla copertura degli oneri finanziari e al rischio d'impresa.

4.1 Gli impatti: produzione, valore aggiunto, occupazione e gettito fiscale

Lo studio mostra che lo sviluppo dell'eolico offshore può generare ricadute economiche di rilievo per l'economia italiana, soprattutto in presenza di una tempestiva attivazione delle aste. Nello Scenario A, nell'intervallo di tempo fino al 2080, gli impatti complessivi cumulati raggiungono i 129 miliardi di euro in termini di produzione e superano i 56 miliardi di euro di valore aggiunto, sostengono 817 mila occupati (ULA) e generano circa 25 miliardi di euro di gettito fiscale¹. In termini di valore aggiunto, tale risultato equivale a quasi il 3% del valore aggiunto dell'economia italiana nel 2024. Nello Scenario B, caratterizzato da un ritardo nell'attivazione, il contributo si riduce invece a circa 56 e 25 miliardi di euro di produzione e valore aggiunto, 399 mila occupati (ULA) e 11 miliardi di euro di gettito fiscale. Il confronto tra i due scenari evidenzia quindi che la tempestività delle misure di supporto non incide solo sulla velocità di diffusione della tecnologia, ma anche sulla capacità dell'economia italiana di trattenere valore, occupazione e gettito. I 817 mila occupati (ULA) dello Scenario A sono da intendersi come somma degli occupati sostenuti nei singoli anni e corrispondono, in media², a circa 16 mila per anno; su base media annua sull'intero orizzonte di analisi, la produzione e il valore aggiunto cumulato equivalgono rispettivamente a circa 2,4 e 1,0 miliardi di euro l'anno e il gettito fiscale a circa 0,45 miliardi di euro l'anno. Nello Scenario B, le grandezze cumulate corrispondono, in media, a circa 1,0 e 0,45 miliardi di euro di produzione e valore aggiunto l'anno e 0,20 miliardi di euro di gettito fiscale l'anno.

Più in generale, i risultati suggeriscono che, in presenza di una strategia coordinata e di un quadro di sostegno prevedibile, l'industria nazionale può assorbire volumi più elevati di attività, investire in capacità produttiva e consolidare competenze. Al contrario, il ritardo nell'attivazione del quadro

¹Per "produzione" si intende il valore complessivo dei beni e servizi generati lungo la filiera. Il "valore aggiunto" rappresenta la ricchezza effettivamente creata dal sistema economico, al netto dei consumi intermedi. Le "ULA" (Unità di Lavoro Annue) misurano l'occupazione equivalente a tempo pieno. Il "gettito fiscale" comprende le principali entrate per la finanza pubblica generate dagli impatti economici stimati.

²Su base media annua sull'intero orizzonte di analisi, ossia dall'avvio tempestivo delle aste al 2080.

di supporto tende a comprimere la quota di valore intercettabile dal sistema produttivo domestico e a ridurre l'intensità delle ricadute economiche e occupazionali.

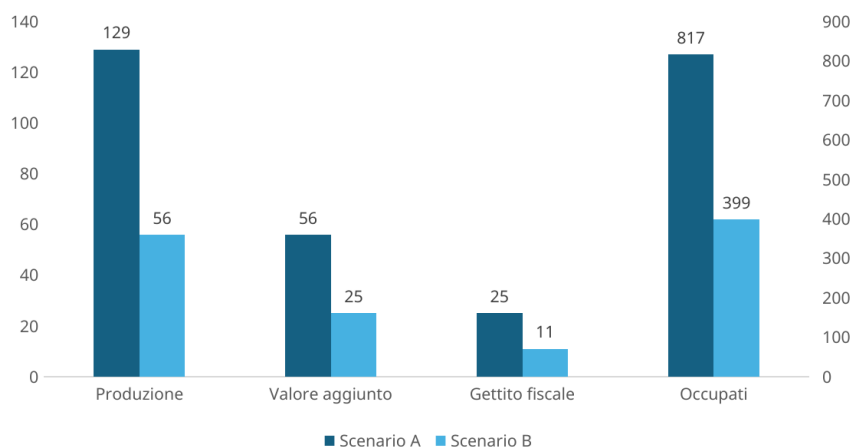


Figura 21: Gli impatti complessivi cumulati (prezzi costanti - Mld EUR, e migliaia di occupati in ULA).

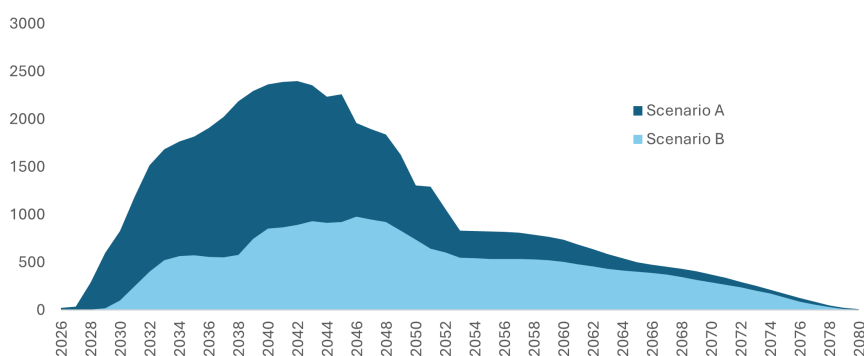


Figura 22: Distribuzione temporale del valore aggiunto cumulato complessivo (prezzi costanti - Mln EUR).

La distribuzione temporale degli impatti rafforza ulteriormente questa evidenza. Nell'anno di picco, lo Scenario A genera circa 5,9 miliardi di euro di produzione, 2,5 miliardi di euro di valore aggiunto, 1 miliardo di euro di gettito fiscale e sostiene oltre 35 mila occupati (ULA); nello Scenario B tali valori si riducono a circa 3,5 miliardi di produzione, 1 miliardo di valore aggiunto, 0,4 miliardi di gettito fiscale e 15 mila occupati (ULA). Già entro il 2033, inoltre, si cumulano 9 miliardi di euro di valore aggiunto, 4 miliardi di gettito fiscale, e 130 mila occupati (ULA), a conferma del fatto che una parte rilevante dei benefici può essere attivata fin dalle prime fasi del percorso di sviluppo.

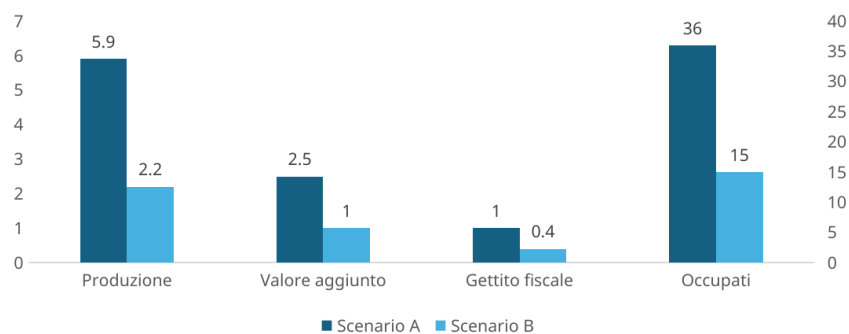


Figura 23: Gli impatti nell'anno di picco (prezzi costanti - Mld EUR, e migliaia di occupati in ULA).

La scomposizione degli impatti consente inoltre di coglierne la struttura. Nello Scenario A, al valore aggiunto diretto, pari a 17,6 miliardi di euro, e a quello indiretto, pari a 14,5 miliardi, si aggiunge una componente indotta di 23,9 miliardi, riconducibile agli effetti diffusi nell'economia attraverso i consumi dei lavoratori coinvolti.

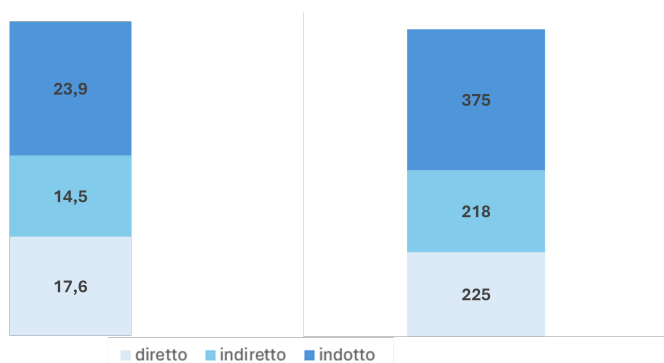


Figura 24: Gli impatti complessivi cumulati, scomposizione – Scenario A. Sulla sinistra il valore aggiunto in Mld EUR, sulla destra l'occupazione in migliaia di occupati (ULA).

Sul fronte occupazionale, ai 225 mila occupati (ULA) diretti e ai 218 mila indiretti si sommano i 375 mila indotti. L'eolico offshore, quindi, non agisce soltanto sulle imprese direttamente impegnate nella realizzazione degli impianti, ma attiva una propagazione più ampia dei benefici lungo il sistema economico nazionale.

4.2 Occupazione stabile e sviluppo economico locale nella fase O&M

Una quota importante delle ricadute complessive è legata alla fase di esercizio e manutenzione degli impianti. Nello Scenario A, circa il 25% del valore generato è riconducibile all'OPEX. In termini cumulati, questa componente vale 32 e 14 miliardi di euro di produzione e valore aggiunto e sostiene 191 mila occupati

(ULA); nello Scenario B, gli stessi valori si riducono rispettivamente a 8 e 3 miliardi di euro e 50 mila occupati (ULA). La fase operativa non costituisce quindi una componente marginale, ma una parte strutturale del contributo economico dell'eolico offshore, perché distribuisce nel tempo una quota rilevante delle ricadute economiche della filiera. Durante il periodo di manutenzione vengono sostenuti in media oltre 4.000 occupati all'anno; se rapportato all'intero orizzonte dei grafici degli impatti, il valore aggiunto OPEX dello Scenario A corrisponde inoltre a circa 0,25 miliardi di euro l'anno.

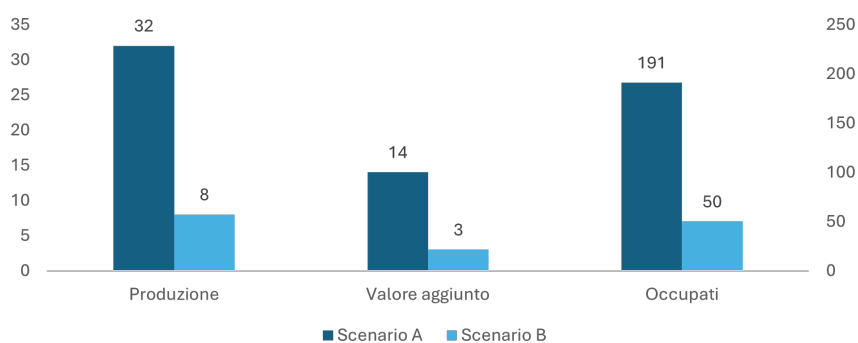


Figura 25: Gli impatti OPEX cumulati (prezzi costanti - Mld EUR e migliaia di occupati in ULA).

L'aspetto più rilevante, sotto il profilo territoriale e occupazionale, è la continuità di queste attività lungo la vita utile degli impianti. Durante il periodo di manutenzione si evince la possibilità di costruire una base occupazionale più stabile rispetto a quella normalmente associata alla sola fase di investimento iniziale. In questa prospettiva, l'O&M assume un rilievo particolare per i territori coinvolti, poiché tende a generare una domanda continuativa di servizi tecnici, logistici e organizzativi e può favorire la permanenza locale di competenze specialistiche.

Nel complesso, la fase di esercizio e manutenzione rafforza il legame tra sviluppo dell'eolico offshore e crescita economica locale. Se una parte rilevante delle ricadute economiche si concentra infatti nella fase di costruzione degli impianti, una componente altrettanto significativa degli effetti si distribuisce lungo l'intero ciclo di vita degli asset. La gestione operativa degli impianti contribuisce infatti, per circa trent'anni di esercizio, al consolidamento di attività produttive, occupazione qualificata e servizi connessi, ampliando l'impatto della filiera ben oltre il solo momento installativo.

4.3 Distribuzione settoriale e territoriale degli impatti economici

L'impatto sull'economia italiana si manifesta anche nella capacità di attivare una filiera produttiva nazionale articolata, che coinvolge manifattura, costruzioni, installazione impianti e servizi specialistici. La componente di impatto più direttamente collegata alla struttura industriale dell'offshore, ossia la somma

degli effetti diretti e indiretti, raggiunge nello Scenario A circa 32,1 miliardi di euro di valore aggiunto e 443 mila occupati (ULA).

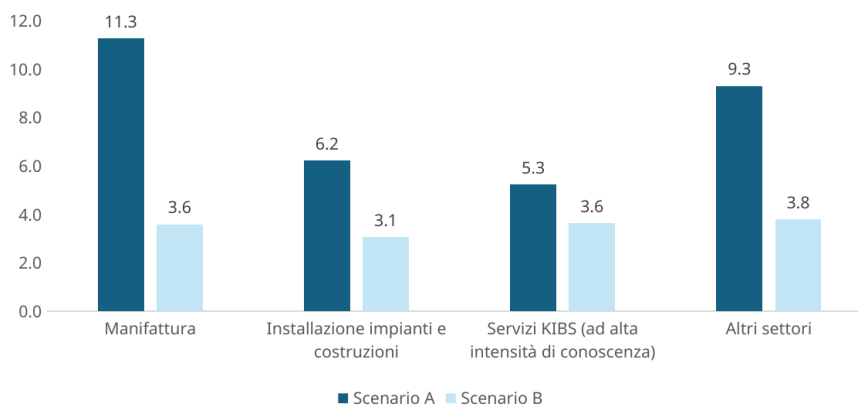


Figura 26: La filiera attivata (valore aggiunto cumulato, prezzi costanti - Mld EUR).

Gli impatti risultano particolarmente concentrati nei settori attivati dalla domanda lungo la filiera, riconducibili alle principali classificazioni merceologiche (CPA). In particolare, si tratta di comparti legati ai materiali di base e ai semilavorati, quali prodotti siderurgici, materiali compositi, cavi elettrici e dispositivi elettromeccanici, nonché alle relative lavorazioni e ai servizi associati, quali attività manifatturiere, costruzione e installazione di impianti e servizi di ingegneria e supporto tecnico. La composizione dell'attivazione industriale evidenzia un ruolo trainante della manifattura, che nello scenario caratterizzato da una tempestiva attivazione delle aste genera 11,3 miliardi di euro di valore aggiunto. A questa si affiancano installazione impianti e costruzioni con 6,2 miliardi, i servizi ad alta intensità di conoscenza (KIBS) con 5,3 miliardi e gli altri settori con 9,3 miliardi. Nello Scenario B, la stessa articolazione settoriale si riduce rispettivamente a 3,6, 3,1, 3,6 e 3,8 miliardi di euro, segnalando una minore capacità di trattenere attività e valore sul territorio italiano. In particolare, la manifattura arriva a rappresentare circa il 35% del valore generato, una quota pari al doppio dell'incidenza del settore nell'economia italiana, che conferma la centralità della dimensione industriale nello sviluppo dell'offshore.

Tabella 6: Distribuzione territoriale degli impatti dell'eolico offshore.

(quote percentuali sul totale degli impatti complessivi)

Macroaree	Valore aggiunto	occupati (ULA)
Nord-Ovest	25,6%	18,5%
Nord-Est	15,9%	12,4%
Centro	9,4%	8,4%
Sud e Isole	49,1%	60,7%

Tabella 7: Principali regioni per incidenza sugli impatti dell'eolico offshore.

(quote percentuali sul totale degli impatti complessivi)

Regioni	Valore aggiunto	occupati (ULA)
Sicilia	24%	31%
Puglia	18%	22%
Lombardia	18%	13%

La distribuzione territoriale degli impatti evidenzia una marcata concentrazione nel Sud e nelle Isole, che assorbono circa il 49,1% del valore aggiunto e il 60,7% degli occupati (ULA) complessivamente generati dallo sviluppo della filiera dell'eolico offshore. Si tratta della macroarea che intercetta la quota più elevata delle ricadute economiche e occupazionali, in coerenza con la localizzazione degli impianti e con il maggiore peso delle attività operative, installative e logistiche connesse allo sviluppo del settore.

Il Nord-Ovest mantiene tuttavia un ruolo significativo, con il 25,6% del valore aggiunto e il 18,5% degli occupati (ULA), mentre il Nord-Est contribuisce per il 15,9% del valore aggiunto e il 12,4% dell'occupazione. Più contenuto risulta il contributo del Centro, pari al 9,4% del valore aggiunto e all'8,4% delle ULA. Nel complesso, questa distribuzione segnala come le ricadute dell'offshore tendano a combinare una forte intensità occupazionale nei territori maggiormente coinvolti dalle attività operative con un contributo rilevante, in termini di valore, nelle aree caratterizzate da una maggiore presenza di competenze industriali e servizi avanzati.

A livello regionale, il ruolo più rilevante è svolto dalla Sicilia, che concentra circa il 24% del valore aggiunto e il 31% degli occupati (ULA), seguita da Puglia (18% del valore aggiunto e 22% degli occupati, intesi come ULA) e Lombardia (18% del valore aggiunto e 13% degli occupati, intesi come ULA). In particolare, il profilo della Lombardia riflette la presenza di attività a elevato contenuto professionale, manageriale e tecnico, tra cui progettazione ingegneristica, consulenza specialistica, servizi finanziari, direzionali e amministrativi, che risultano fortemente concentrati nel sistema regionale dei servizi avanzati. D'altro lato, quello di Sicilia e Puglia riflette più direttamente la localizzazione delle iniziative e l'incidenza delle componenti operative della filiera.

Tabella 8: Principali regioni per incidenza sugli impatti dell'eolico offshore.

(Impatti complessivi e impatti nell'anno di picco, valore aggiunto cumulato, prezzi costanti - Mld EUR, migliaia di occupati in ULA)

Regioni	Valore aggiunto cumulato (valore anno di picco)	Occupati (valore anno di picco)
Sicilia	13,4 (0,5)	269,6 (9,6)
Puglia	10,1 (0,4)	179,7 (6,9)
Lombardia	10,1 (0,5)	106,2 (5,3)

Nel complesso, i risultati mostrano che lo sviluppo dell'eolico offshore non produce soltanto effetti economici aggregati, ma contribuisce anche a ridefinire la geografia delle ricadute industriali e occupazionali nel Paese. Da un lato, rafforza il ruolo del Mezzogiorno e delle Isole come principali aree di assorbimento degli effetti occupazionali e operativi; dall'altro, valorizza il

contributo delle regioni del Nord nei segmenti a maggiore contenuto di servizio, coordinamento e supporto tecnico. In questa prospettiva, l'attivazione della filiera assume rilievo non solo per l'entità degli impatti complessivi, ma anche per la loro distribuzione territoriale e per i possibili effetti di rafforzamento della specializzazione produttiva nei territori coinvolti.

5 Conclusioni e raccomandazioni strategiche

Lo sviluppo dell'eolico offshore in Italia si colloca in una fase in cui la transizione energetica non può essere letta soltanto come sostituzione di capacità fossile con nuova capacità rinnovabile, ma come processo di costruzione di sicurezza energetica, capacità industriale e valore economico nazionale. In questo quadro, le politiche di supporto alla tecnologia, e in particolare l'attivazione tempestiva delle aste previste dal DM FER2 e dei successivi strumenti di accompagnamento, non rappresentano soltanto un meccanismo di incentivazione della produzione elettrica rinnovabile. Esse costituiscono anche un segnale industriale: definiscono il profilo temporale della domanda, riducono l'incertezza per gli investitori, permettono alle imprese di programmare l'espansione della capacità produttiva e consentono ai porti, ai territori e al sistema formativo di prepararsi in modo coerente.

La scelta dei tempi di attivazione di tali strumenti assume quindi una rilevanza strategica. Da un lato, un avvio più tardivo delle aste potrebbe beneficiare di una parziale riduzione dei costi tecnologici, legata all'apprendimento industriale maturato in altri mercati. Dall'altro, attendere significa ridurre la capacità del sistema produttivo nazionale di organizzarsi per intercettare la domanda generata dai progetti offshore. Il rischio non è quindi soltanto quello di ritardare nuova produzione rinnovabile, ma di **trasformare un investimento energetico con un rilevante potenziale di attivazione industriale nazionale in una domanda assorbita in misura crescente da filiere estere già strutturate.**

In questa tensione tra riduzione attesa dei costi, tempestività delle scelte di policy e costruzione della capacità industriale nazionale **emergono alcune domande centrali nella valutazione pubblica di una tecnologia infrastrutturale emergente:** quale ritorno può generare l'eolico offshore per il Sistema Paese, quali filiere può attivare, quale contributo può offrire alla sicurezza energetica e quali effetti può produrre un ritardo nella stabilizzazione del quadro regolatorio. Si tratta di **interrogativi particolarmente rilevanti per un decisore pubblico chiamato a valutare strumenti di supporto, priorità industriali e tempi di attivazione in un contesto in cui diversi altri Paesi europei, anche nel Mediterraneo, stanno consolidando strategie industriali e infrastrutturali per lo sviluppo dell'eolico offshore.**

Il presente Studio si inserisce in questo quadro con l'obiettivo di contribuire al dibattito pubblico e istituzionale, evitando che tali interrogativi restino su un piano meramente qualitativo. Per questa ragione, la metodologia di analisi del presente Studio è stata costruita attorno alle domande poste in apertura, con l'obiettivo di fornire una base analitica quanto più possibile solida, quantitativa e verificabile. L'analisi ha quindi adottato un approccio bottom-up orientato alla tracciabilità industriale, alla lettura temporale degli effetti e alla quantificazione degli impatti sul Sistema Paese. Lo Studio ha ricostruito la domanda di beni, servizi, mezzi e professionalità lungo il ciclo di vita degli impianti, l'ha confrontata con la capacità produttiva nazionale realisticamente attivabile, a partire da quella esistente, e ha tradotto i risultati in impatti industriali, economici, occupazionali, fiscali ed energetici. Alla luce di questa impostazione, le conclusioni dello Studio sono organizzate come risposta alle domande poste in apertura.

1. L'eolico offshore può contribuire alla costruzione di una traiettoria di decarbonizzazione capace di trattenere valore industriale sul territorio nazionale? In particolare, quale ritorno può generare, per il Sistema Paese, in termini di produzione attivata, valore aggiunto, occupazione e gettito fiscale?

Lo sviluppo dell'eolico offshore può generare ricadute economiche e industriali molto rilevanti per il Sistema Paese, soprattutto in presenza di un quadro regolatorio stabile e di una tempestiva attivazione delle aste. In tale scenario, il settore attiva complessivamente circa 129 miliardi di euro di produzione, oltre 56 miliardi di valore aggiunto, circa 817 mila unità di lavoro standard (occupati, intesi come ULA) e circa 25 miliardi di gettito fiscale. Gli effetti non riguardano soltanto le imprese direttamente coinvolte nella realizzazione degli impianti, ma si propagano lungo l'intera filiera produttiva e dei servizi, attivando manifattura, costruzioni, logistica, servizi tecnici e attività ad alta intensità di conoscenza. Una quota rilevante delle ricadute deriva inoltre dalla fase di esercizio e manutenzione degli impianti, che contribuisce a stabilizzare occupazione e attività economiche nel lungo periodo. Lo sviluppo dell'offshore può quindi rappresentare non solo una leva per la transizione energetica, ma anche uno strumento di politica industriale e territoriale.

2. Quali filiere industriali, comparti produttivi e distretti territoriali italiani potrebbero essere attivati, riconvertiti o rafforzati attraverso una strategia pubblica di lungo periodo?

Lo sviluppo dell'eolico offshore può attivare e rafforzare una filiera industriale nazionale articolata, coinvolgendo manifattura, impiantistica, costruzioni, logistica portuale, servizi tecnici e attività ad alta intensità di conoscenza. I comparti maggiormente interessati includono siderurgia, componentistica metallica, cavi elettrici, materiali compositi, dispositivi elettromeccanici, engineering e servizi specialistici. Nello scenario caratterizzato da una tempestiva attivazione delle aste, la manifattura genera da sola oltre 11 miliardi di euro di valore aggiunto, mentre installazione impianti e costruzioni attivano circa 6 miliardi e i servizi KIBS oltre 5 miliardi. Le ricadute territoriali risultano particolarmente concentrate nel Mezzogiorno e nelle Isole, che intercettano circa il 49% del valore aggiunto e oltre il 60% degli occupati (ULA) complessivi. Sicilia e Puglia emergono come territori centrali per le attività operative e logistiche, mentre il Nord assume un ruolo strategico nei segmenti industriali, manifatturieri e tecnologici avanzati, contribuendo alla creazione del 41% del valore aggiunto complessivo grazie alla presenza di competenze tecniche, servizi specialistici e capacità produttive ad alta intensità di conoscenza. Un ruolo particolarmente rilevante è assunto dalle infrastrutture portuali, che non rappresentano soltanto un fattore abilitante per l'installazione e la manutenzione degli impianti, ma possono diventare piattaforme industriali multiuso a servizio di più filiere energetiche, logistiche e manifatturiere. Gli investimenti portuali richiesti dall'eolico offshore possono quindi assumere carattere strutturale, rafforzando nel tempo la capacità operativa dei territori costieri e generando benefici riutilizzabili anche oltre il ciclo di sviluppo dei singoli parchi.

3. Qual è il valore sistemico dell'eolico offshore in termini di riduzione della dipendenza energetica estera, diversificazione del mix elettrico e resilienza del Sistema Paese?

L'eolico offshore può offrire un contributo sistemico rilevante alla sicurezza energetica nazionale, non come soluzione unica alle esigenze di decarbonizzazione, ma come componente aggiuntiva e complementare di un mix elettrico più diversificato. Nello scenario di sviluppo considerato per l'analisi energetica, in linea con i target di installazione elaborati da Terna, la tecnologia raggiunge una produzione superiore a 50 TWh/anno al 2050, arrivando a coprire circa l'11% della domanda elettrica nazionale e contribuendo per circa il 15% alla produzione rinnovabile. Il suo valore strategico emerge tuttavia soprattutto dal confronto con un'ipotetica configurazione senza offshore: già con 10 GW installati, l'assenza della tecnologia determinerebbe una maggiore dipendenza dall'estero pari a circa 16 TWh/anno, che cresce fino a circa 18 TWh/anno al 2050, con un ricorso a maggiori importazioni elettriche o generazione termoelettrica alimentata da gas naturale importato, per un potenziale effetto cumulato su tutto il periodo di vita utile degli impianti considerati pari a circa 635 TWh, ossia circa 60 miliardi di euro di spesa evitata verso l'estero. A questo effetto si aggiunge un impatto positivo sul bilanciamento tecno-economico del sistema: la presenza dell'eolico offshore riduce il prezzo medio della tecnologia marginale e, anche includendo in modo conservativo il costo degli incentivi e l'attesa riduzione dei costi tecnologici, genera potenzialmente un saldo economico positivo nel medio-lungo periodo, con un beneficio annuo medio di 595 milioni di euro e un picco di circa 1,3 miliardi di euro al 2040. In questa prospettiva, l'eolico offshore rafforza la resilienza del Sistema Paese perché riduce l'esposizione a forniture energetiche estere, amplia il portafoglio tecnologico nazionale e contribuisce al contenimento del costo complessivo di copertura della domanda elettrica.

4. Qual è l'impatto economico, industriale e occupazionale di un ritardo nella stabilizzazione del contesto regolatorio?

Il ritardo nella stabilizzazione del quadro regolatorio produce effetti economici, industriali e occupazionali molto significativi, riducendo la capacità del sistema italiano di trattenere investimenti, valore e competenze lungo la filiera dell'eolico offshore. Una minore prevedibilità del contesto regolatorio incide infatti sulla possibilità delle imprese di programmare investimenti, ampliare capacità produttiva e consolidare competenze industriali specialistiche. In presenza di ritardi nell'attivazione delle aste, una quota crescente della domanda tende inoltre a disperdersi verso supply chain estere, riducendo l'effetto leva sul sistema produttivo nazionale. Gli impatti non riguardano soltanto la fase iniziale di costruzione degli impianti, ma anche la possibilità di sviluppare occupazione stabile e servizi territoriali legati all'esercizio e manutenzione degli asset. Nello scenario caratterizzato da una tempestiva stabilizzazione del contesto economico-regolatorio, infatti, la sola componente O&M genera circa 14 miliardi di euro di valore aggiunto e sostiene circa 191 mila occupati (ULA) cumulati, contribuendo alla creazione di basi occupazionali permanenti nei territori coinvolti. Un contesto regolatorio incerto rischia quindi

di compromettere non solo la velocità di sviluppo della tecnologia, ma anche la costruzione di una filiera industriale nazionale competitiva. Il confronto tra i due scenari evidenzia complessivamente oltre 31 miliardi di euro di valore aggiunto persi, circa 14 miliardi di minore gettito fiscale e oltre 400 mila occupati (ULA) in meno in caso di ritardo nella stabilizzazione del quadro regolatorio. In assenza di continuità e prevedibilità del quadro di policy, invece, il sistema produttivo italiano rischia di perdere una quota significativa delle attività industriali e del valore generato che potrebbe realisticamente intercettare, a favore di supply chain estere. La differenza tra i due scenari evidenzia infatti circa 8 miliardi di euro in meno nella manifattura, oltre 3 miliardi in meno nei servizi ad alta intensità di conoscenza e una minore capacità complessiva di attivare filiere industriali nazionali.

Nel complesso, le evidenze emerse indicano che il valore dell'eolico offshore per il Sistema Paese è considerevole e non riconducibile a una sola dimensione: non riguarda esclusivamente nuova produzione rinnovabile, né soltanto sviluppo industriale, occupazione o sicurezza energetica. Il suo rilievo deriva piuttosto dalla possibilità di contribuire a una traiettoria di decarbonizzazione capace di integrare, in modo complementare e trasversalmente sostenibile rispetto alle altre leve della transizione, minore dipendenza dall'estero, nuova capacità industriale, valore aggiunto, occupazione qualificata e sviluppo territoriale.

Tali benefici, tuttavia, non sono automatici. La stabilizzazione del quadro regolatorio e l'attivazione dei meccanismi di supporto rappresentano condizioni abilitanti, ma devono essere accompagnate da un coordinamento efficace e tempestivo tra istituzioni, industria, sistema finanziario e sistema della ricerca e della formazione qualificata. Solo in questo modo la quota di domanda intercettabile dal sistema produttivo può tradursi in capacità produttiva effettivamente attivabile in Italia, valorizzando alcune specificità del Sistema Paese: posizione nel Mediterraneo, competenze manifatturiere, infrastrutture portuali, territori costieri e filiere già presidiate. Per questa ragione, il rinvio delle decisioni non può essere considerato una posizione neutrale: anche l'assenza di una scelta tempestiva produce effetti misurabili sulla capacità del Paese di trattenere valore, attivare filiere e consolidare competenze strategiche.

Con questa impostazione, orientata alla tracciabilità dell'analisi e al supporto delle scelte istituzionali, il presente Studio auspica di aver offerto un contributo positivo al dibattito pubblico, mettendo a disposizione evidenze utili a valutare il ruolo dell'eolico offshore in una strategia energetica e industriale coerente con l'interesse del Paese.