

Il contributo delle tecnologie energetiche alla decarbonizzazione

La transizione energetica è un processo sfidante, impegnativo e costoso che investe i settori industriale, finanziario, economico, sociale e richiede investimenti in infrastrutture, dispositivi e sistemi innovativi. Uno studio ENEA offre un contributo in questa direzione, esaminando le diverse tecnologie energetiche, il grado di maturità e le prospettive legate alla loro applicazione, evidenziando inoltre la necessità di una ‘pianificazione energetica’ e di definire *policy* in relazione alle possibili opzioni e alle azioni da mettere in campo.

DOI 10.12910/EAI2020-032

di **Elena De Luca**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, ENEA

Nell’ambito del processo di transizione verso un’economia e una società *low carbon*, il settore energetico è chiamato a contribuire attraverso lo sviluppo di nuove tecnologie altamente performanti e a basso impatto ambientale. Le tecnologie energetiche allo stato attuale mostrano un grado di maturità (Technology Readiness Level, TRL) che le rende diversamente disponibili sul mercato. La sostenibilità del sistema energetico deve essere affrontata attraverso un approccio multidisciplinare basato sull’interazione di diverse competenze [1]. In questo contesto la “pianificazione energetica” rappresenta una settore di ricerca che punta all’individuazione di percorsi corretti per traghettare i Paesi verso il soddisfacimento della domanda energetica considerando, accanto ad aspetti più tecnici, fattori economici, ambientali e sociali. Gli orizzonti temporali di tale pianificazione sono determinati dall’adozione di tecnologie mature, per il breve periodo, e di altre in corso di sviluppo anche attraverso la realizzazione di nuove infrastrutture, per

il medio-lungo periodo [2]. **Il ruolo delle tecnologie energetiche, infatti, è fondamentale nel mitigare gli impatti sul clima, sugli ecosistemi e sulla salute; la loro diffusione e il loro sviluppo possono determinare impatti positivi e ricadute importanti anche nel contesto economico e sociale. Il raggiungimento dei target energetici e ambientali, in termini di incremento del contributo da fonti energetiche rinnovabili sui consumi finali di energia e di riduzione di gas a effetto serra, non può essere, quindi, il solo fine nella definizione delle politiche nazionali.**

Dipendenza tecnologica e dipendenza energetica

L’Italia sta compiendo un grande sforzo nella pianificazione energetica che ha condotto a risultati apprezzabili in termini di efficacia dell’attuazione delle politiche che emerge anche dal confronto con altri Paesi [3]. Tuttavia, è noto che, pur avendo anticipato i tempi per il raggiungimento degli obiettivi della quota energetica prodotta da fonti

rinnovabili sui consumi finali prevista a livello comunitario, grazie anche al sistema degli incentivi, nel nostro Paese è stata favorita la penetrazione nel mercato di alcune tecnologie senza ottenere un corrispondente rafforzamento della competitività della filiera produttiva nazionale. Un esempio evidente: il fotovoltaico. L’importazione di componenti e sistemi prodotti all’estero ha innescato una “dipendenza tecnologica” pur avendo fatto fronte alla “dipendenza energetica”. **Gli sforzi fatti finora si sono quindi soltanto in parte tradotti in un reale beneficio per il sistema economico, e la transizione verso un’economia low carbon rappresenta ancora una sfida che siamo comunque obbligati ad affrontare:** la transizione energetica è un processo sfidante, impegnativo e costoso che investe diversi settori – industriale, finanziario, economico e sociale – e che richiede da un lato investimenti in infrastrutture e sistemi per l’energia e dall’altro lo sviluppo di tecnologie e dispositivi innovativi in grado di coniugare la sostenibilità ambientale con quella economica.

Tab. 1 Caratteristiche dimensionali delle aziende censite per gruppi di tecnologie energetiche

Settore tecnologico	Aziende con più di 250 addetti	Aziende con fatturato superiore a 50 milioni di euro	Numero di aziende	Numero di addetti totali	Quota di donne dipendenti
Tecnologie delle energie rinnovabili	18,7%	24,5%	139	36.817	18,9%
Sistemi di accumulo energetico	26,7%	33,3%	15	4.771	23,5%
Sistemi cogenerativi	33,3%	37,5%	24	15.541	17,5%
Generazione con fonti tradizionali	57,1%	57,1%	7	18.645	26,2%
Tecnologie per l'efficienza energetica	55,9%	70,6%	34	21.334	22,2%

Nel contesto italiano, l'ampliamento del potenziale produttivo delle imprese, con il conseguente incremento occupazionale, rappresenterebbe un ulteriore rilevante elemento per valutare la sostenibilità di scelte tecnologiche, strategiche soprattutto per il suo impatto nel medio-lungo periodo.

Oltre all'esigenza di individuare i comparti tecnologici più promettenti e il relativo quadro di riferimento finanziario e gestionale, utile ai fini di una maggiore espansione e della conseguente penetrazione del mercato, è necessario contribuire a definire un percorso di *policy* legato alle scelte tecnologiche e alle azioni da mettere in campo per favorirne l'integrazione nei territori e la domanda generale dei cosiddetti prosumers (produttori-consumatori). Il rapporto recentemente pubblicato da ENEA *Valutazione dello stato e del potenziale di sviluppo delle tecnologie energetiche nel percorso di decarbonizzazione dei sistemi produttivi e dei servizi* rappresenta un caso studio del settore energetico che vuole contribuire alla pianificazione energetica del nostro Paese (Figura 1). Si tratta, infatti, di uno strumento utile ai decisori politici, ma anche a diversi stakeholder, che fornisce un'interpretazione di dati provenienti dal settore industriale e della ricerca [4]. Lo studio pro-

pone una metodologia di valutazione delle tecnologie basata su parametri relativi alla sostenibilità ambientale e al potenziale di ricerca e innovazione coniugato con lo sviluppo industriale dei territori. Tra questi parametri, il TRL, le emissioni di CO₂ e i dati relativi agli sviluppatori e le eccellenze

presenti in Italia sono stati analizzati e integrati con informazioni sulla struttura del sistema produttivo nazionale, caratterizzando le imprese per diffusione territoriale, classe dimensionale e di fatturato.

Le imprese e i centri di eccellenza italiani sono coinvolti nello sviluppo di tecnologie con diverso grado di maturità tecnologica e con diverse potenzialità di limitare le emissioni climalteranti. Sono state censite circa 200 imprese (Tabella 1), evidenziando come la dimensione media in termini di addetti delle aziende censite sia superiore alla media del settore manifatturiero nel suo complesso, per il quale le imprese di dimensione micro-piccola (con meno di 50 addetti) rappresentano il 97% sul totale contro lo 0,3% delle grandi imprese. La quota di donne impiegate nei diversi settori è ancora piuttosto bassa, attestandosi mediamente al 21,6% degli occupati.

Il settore privato, a causa del maggiore rischio, è maggiormente impegnato nella diffusione di tecnologie mature, mentre quello della ricerca pubblica, per sua natura, è coinvolto nello sviluppo di tecnologie che ancora presentano un TRL più basso (Tabella 2), ma che hanno grandi potenzialità di abbattimento delle emissioni di CO₂.



Fig. 1 Il rapporto recentemente pubblicato da ENEA sulla valutazione delle tecnologie energetiche - <https://www.enea.it/it/seguici/publicazioni/edizioni-enea/2019/valutazione-dello-stato-e-potenziale-sviluppo-tecnologie-energetiche>



Tecnologie, innovazione, ricerca e TRL

Come per altri settori produttivi, il territorio italiano è caratterizzato dalla maggiore concentrazione di aziende nel Nord, mentre per le eccellenze si osserva una distribuzione più uniforme. Sono, dunque, emerse indicazioni utili ad indirizzare le politiche di supporto ai diversi segmenti del sistema: la filiera produttiva, la ricerca per l'innovazione, il trasferimento

tecnologico e il lato della domanda. La novità dello studio sta anche nella presentazione dei dati. Infatti, grazie alle elaborazioni effettuate, si è potuto restituire delle immagini che consentono di valutare il posizionamento di una singola tecnologia rispetto alle altre, a seconda del tema considerato. Molto peso è stato dato al TRL come indicatore del potenziale di sviluppo. Per ciascuna tecnologia è stato considerato il range dei valori riportati da

un panel di esperti per le singole componenti e per l'intero sistema [5]. Un esempio è il "diagramma a bolle" che mostra come si posizionano le tecnologie rispetto alle variabili del TRL – valore medio e range, ampiezza delle "bolle" – ed impatto sulla riduzione di CO₂. Il grafico evidenzia la potenzialità di alcune tecnologie nel ridurre notevolmente gli impatti sul clima e come per alcune sia particolarmente importante concentrare gli sforzi sulla ricerca per un ulteriore sviluppo, al fine di renderle disponibili sul mercato (Figura 2). Il quadrante 1 contiene le tecnologie con un elevato TRL medio e un alto potenziale di riduzione di CO₂. Lo stretto intervallo di TRL fornisce inoltre un'indicazione del grado di maturità già raggiunto da queste tecnologie. Per favorirne la penetrazione sul mercato occorrerebbero politiche industriali per il rafforzamento della filiera nazionale.

Nello specifico, le tecnologie basate sull'energia dal sole si posizionano prevalentemente nel quadrante 2 mostrando elevato potenziale di riduzione delle emissioni di CO₂ e un livello di sviluppo tecnologico medio ancora basso e, quindi, con

Tab. 2 Profilo di specializzazione dei centri d'eccellenza secondo il gruppo di tecnologie

Settore tecnologico	Pubblico	Privato
Tecnologie delle energie rinnovabili	73%	27%
Sistemi cogenerativi	62%	38%
Sistemi di accumulo energetico	61%	39%
Tecnologie per l'efficienza energetica	50%	50%
Generazione con fonti tradizionali	31%	69%

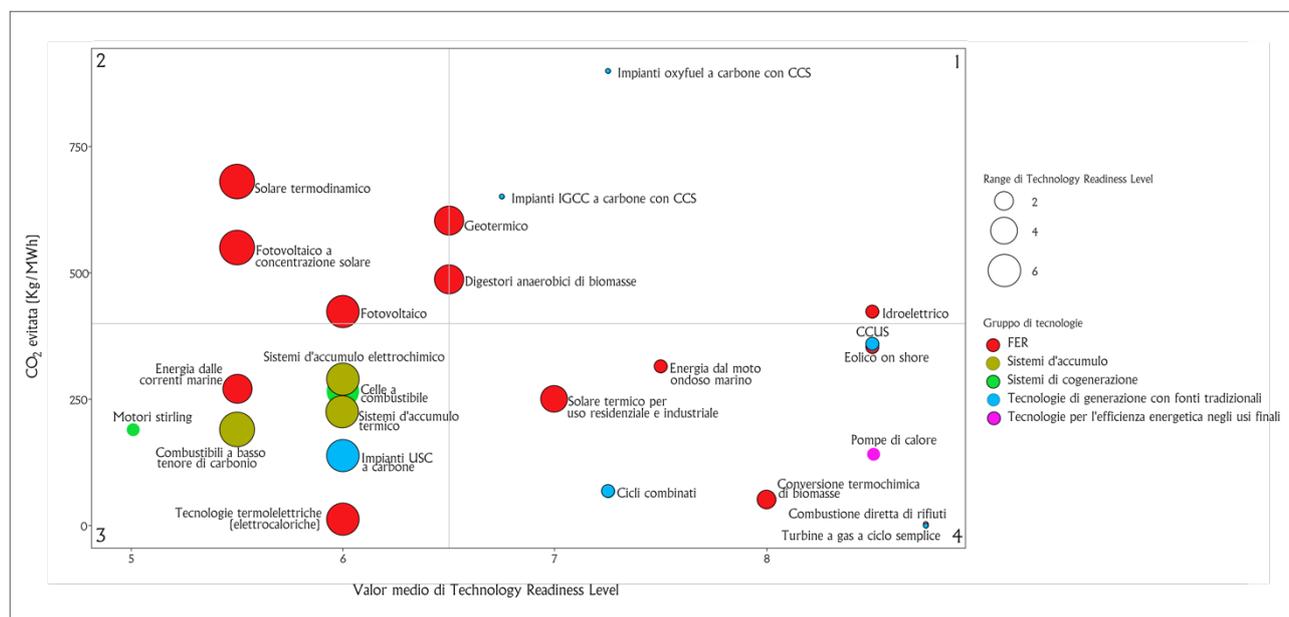


Fig. 2 Diagramma a bolle delle tecnologie energetiche in relazione alle emissioni di CO₂ evitate (asse verticale) e valore medio del TRL (asse orizzontale). Sono individuati quattro quadranti che ordinano le tecnologie in quattro categorie dipendenti dal grado di maturità e dal contenimento degli effetti climalteranti. La larghezza dei punti indicatori corrisponde all'intervallo di TRL

marginì di sviluppo ancora elevati (ampio intervallo dei valori di TRL). In particolare, quella del “Solare termodinamico”, al momento, sembra la tecnologia con più alto potenziale in termini di emissioni di CO₂ evitate, pur necessitando ancora di un ulteriore sviluppo tecnologico. Il “Geotermico” e i “Digestori anaerobici di biomasse”, con un valore medio di TRL pari a 5, si avvicinano al quadrante 1 e, pur presentando margini di ulteriore sviluppo tecnologico, sono tecnologie mature ampiamente presenti sul mercato.

Nel quadrante 3 ricadono le tecnologie che allo stato attuale si caratterizzano per un minor potenziale di riduzione delle emissioni di CO₂ e un livello medio del TRL ancora basso. Si tratta dei sistemi di accumulo energetico e gli “Impianti a carbone USC” tra le tecnologie di generazione con fonti tradizionali e dei sistemi cogenerativi (celle a combustibile e motori Stirling). Tra le fonti rinnovabili spicca, in particolare, l’“Energia dalle correnti marine”. Per tutte le tecnologie di questo quadrante bisogna rilevare che un ul-

teriore aumento del grado di maturità tecnologica potrebbe avere effetti significativi in termini di efficienza e, di conseguenza, agire positivamente sulla capacità di mitigazione delle emissioni climalteranti. Infine, le tecnologie appartenenti al quadrante 4 si caratterizzano prevalentemente per un livello medio del TRL elevato e, a parte il caso del “Solare termico”, per un range di valori di TRL molto ristretto. I relativi mercati sono tendenzialmente maturi, con una struttura competitiva sostanzialmente definita. In funzione della loro capacità di riduzione delle emissioni, possono essere suddivise in due sottogruppi: relativamente medio-alta per il “Solare termico”, l’“Eolico on shore”, la “Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS)” e l’“Energia dal moto ondoso marino”; limitata per le restanti. Per la diffusione di queste tecnologie sarebbe utile definire una strategia a sostegno della domanda.

Questa lettura di insieme del contributo delle tecnologie alla transizione energetica può risultare utile ai decisori politici, ma anche a un pubblico più vasto per comprendere

le diverse opzioni in campo. La metodologia proposta è stata apprezzata anche in ambito internazionale e una versione in lingua inglese del lavoro è stata accettata dalla rivista peer review *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management* [6]. I risultati presentati non intendono fornire una descrizione esaustiva, ma propongono considerazioni utili al superamento di alcune carenze informative al fine di formulare politiche in grado di cogliere le possibilità di crescita offerte dalla transizione energetica. Un aspetto da approfondire è certamente il livello di specializzazione del nostro sistema industriale rispetto al contesto internazionale, determinante nella possibilità sia di giocare un ruolo rilevante nei diversi mercati sia di contribuire ad accrescere la competitività delle nostre filiere produttive. Inoltre, sarà necessario aggiornare i dati e ampliare la valutazione anche ad altre tecnologie che negli ultimi anni si stanno sviluppando e mostrano di essere molto promettenti in termini di efficienza e sostenibilità ambientale.

La Commissione Europea mostra una

rilevante disponibilità programmatoria verso questi temi fornendo diversi strumenti finanziari per proposte progettuali sui temi della transizione energetica, degli impatti delle nuove tecnologie energetiche sulla sostenibilità del sistema produttivo, dell'organizzazione delle nuove figure professionali in un processo di crescita e sviluppo dei territori.

Mentre il SET Plan ha consentito di riportare l'innovazione tecnologica al centro del percorso di decarbonizzazione, nell'ambito di Programmi Quadro di finanziamento di progetti di ricerca – come Horizon 2020 ed il nuovo Horizon Europe – sono molti i bandi che coprono aspetti legati alla

pianificazione energetica considerando gli aspetti sociotecnici oltre a quelli ambientali.

Inoltre, con uno sguardo maggiormente puntato su pianificazione e coinvolgimento delle imprese, il *Just Transition Mechanism* prevede una importante quota di finanziamento per specifici investimenti che abbiano ricadute occupazionali attraverso la realizzazione di specifici piani territoriali che accompagnino il processo di transizione energetica. Un ulteriore impulso al trasferimento tecnologico, allo sviluppo e alla diffusione delle tecnologie energetiche sarà possibile anche grazie ai meccanismi a supporto delle imprese che sono in via di defini-

zione a livello nazionale.

Il successo di tutte le iniziative che si intenderanno prendere per proseguire nel percorso della decarbonizzazione sarà determinato anche dalla capacità di creare sinergie per coprire aspetti tecnici, socio-economici, ambientali, di elaborazione di dati e della comunicazione, senza escludere la formazione dei nuovi addetti. Si rende pertanto necessaria una rilevante capacità di dialogo tra gli stakeholder appartenenti ai diversi settori coinvolti: i decisori politici, le imprese, le organizzazioni non governative, le istituzioni di ricerca e i cittadini.

BIBLIOGRAFIA

1. Ferreira, P., Soares, I., Johannsen, R.M., Østergaard, P.A., Policies for new energy challenges, *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management* (26) (2020) 01-04, <https://doi.org/10.5278/ijsep.m.3552>
2. Prasad, R.D., Bansal, R.C., Raturi, A., Multi-faceted energy planning: A review, *Renewable and sustainable energy reviews* (38) (2014) 686-689, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.021>
3. Martinez Fernandez, P., deLlano-Paz, F., Calvo-Silvosa, A., Soares I., An evaluation of the energy and environmental policy efficiency of the EU member states in 25-year period from a Modern Portfolio theory perspective, *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management* (26) (2020) 19-32, <https://doi.org/10.5278/ijsep.m.3482>
4. De Luca, E., Zini, A., Amerighi O., Coletta, G., Oteri, M.G., Giuffrida, L.G., Valutazione dello stato e del potenziale di sviluppo delle tecnologie energetiche nel percorso di decarbonizzazione dei sistemi produttivi e dei servizi (2019), ENEA ISBN 978-88-8286-388-3, <https://tinyurl.com/y3tfsop>
5. Sanson, A., Giuffrida, L.G., Decarbonizzazione dell'economia italiana. Il Catalogo delle tecnologie energetiche (2017). ENEA ISBN 978-88-8286-349-4, <https://tinyurl.com/y37ek3u3>
6. De Luca, E., Zini, A., Amerighi, O., Coletta, G., Oteri, M.G., Giuffrida, L.G., Graditi, G., A technology evaluation method for assessing the potential contribution of energy technologies to decarbonisation of the Italian production system, *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, <http://dx.doi.org/10.5278/ijsep.m.4433>