

Fotovoltaico ed eolico

Alberto Rota, Luciano Garifo

Quando si tratti qualsiasi aspetto delle fonti rinnovabili ogni generalizzazione, già problematica per gli impianti convenzionali, diventa difficilissima anche se vale sempre la distinzione fondamentale tra impianti realizzati ad arte e impianti costruiti male. Se si fa riferimento ai dati del programma ExternE della Comunità Europea che valuta in termini economici i danni arrecati all'ambiente e alla salute dalle attività produttive, ed è quindi anche un buon indicatore del rischio associato ai diversi processi di generazione di energia elettrica, si constata che i valori medi associati a fotovoltaico ed eolico sono estremamente bassi, dell'ordine di € 0,2-0,4 per kWh prodotto. Si può obiettare che ExternE non ha valutato in termini economici né gli effetti naturalistici né quelli paesaggistici, per cui i risultati di costo esterno delle varie categorie di fonti rinnovabili possono essere considerati sottostimati.

Esaminiamo ora per fotovoltaico (FV) ed eolico (EE) i meccanismi che generano un impatto ambientale e che quindi fanno sì che queste fonti energetiche presentino qualche rischio potenziale.

Fotovoltaico

In fase di *costruzione* i pannelli fotovoltaici assorbono una quantità di energia pari a quella che riusciranno a produrre

in 5-7 anni di funzionamento. In fase iniziale l'installazione di impianti FV comporta un incremento nei consumi di energia, in particolare elettrica, con un aumento delle relative emissioni. Per quanto concerne gli inquinanti atmosferici (NO_x, SO₂, CO, polveri) il problema non riguarda l'Italia in quanto le celle, che sono il componente più energivoro, sono prodotte quasi totalmente all'estero. Prendendo in considerazione anche le emissioni di CO₂, che ha effetti globali, la situazione è però diversa. Il fatto che il parco di generazione elettrica italiano sia uno dei più efficienti a livello mondiale con basse emissioni medie di carbonio per unità di energia prodotta non ha alcuna rilevanza in quanto occorre considerare l'emissione di CO₂ nel paese in cui le celle sono prodotte. Ad esempio se si trattasse della Cina, dove le emissioni specifiche di CO₂ sono più elevate che in Italia, avremmo elevate emissioni in fase di produzione dei componenti (quelle cinesi) e riduzioni di emissioni inferiori (quelle italiane) in fase di funzionamento dell'impianto FV; ciò comporta che per recuperare tutta la CO₂ emessa in fase di produzione delle celle potrebbe essere necessaria gran parte della vita utile dell'impianto. In prospettiva comunque anche questo inconveniente dovrebbe essere molto mitigato dall'atteso incremento di efficienza dei sistemi elettrici dei paesi produttori e forse dalla produzione a livello nazionale di celle di nuova generazione.

Anche il *trasporto* dei pannelli comporta consumi energetici piuttosto elevati poiché per generare un kW di picco sono necessari dai 7 ai 9 m² di pannelli, in dipendenza dall'orientamento e quindi anche la realizzazione di impianti della potenza di soli 50 kW comporta la movimentazione di 350-450 m² di pannelli con una massa variabile tra le 4 e le 5 tonnellate; questo è però un problema comune a moltissime merci e il suo impatto a livello complessivo è comunque modesto.

Mentre il montaggio dell'impianto non pone problemi la sua *localizzazione* può presentare criticità di natura paesaggistica. Per i piccoli sistemi posti su edifici questi problemi sono molto modesti salvo nei centri storici, anzi nelle zone rurali l'installazione di pannelli ha favorito un'estesa sostituzione di coperture contenenti amianto. I grandi impianti posti a terra, essendo molto estesi, possono rovinare il paesaggio e quindi, come qualsiasi attività industriale, vanno ubicati in siti opportuni. Purtroppo nella fase iniziale del dispiegamento del fotovoltaico italiano l'eccessivo entusiasmo per questa tecnologia ha portato a realizzare impianti in località inadatte ma anche questo aspetto non è intrinseco al FV e non vi sono ostacoli a una più corretta individuazione dei siti. Sempre con riferimento agli impianti posti a terra si sono avute denunce di situazioni in cui lo smodato uso di diserbanti ha causato la morte di molti animali. Anche in questo caso non ci troviamo di fronte ad un problema intrinseco del FV ma a pratiche scorrette e dannose per la stessa produttività dell'impianto. Un prato periodicamente falciato è il terreno migliore su cui porre un impianto perché garantisce una ridotta formazione di polvere che causa lo sporco dei pannelli; il diserbo va nella direzione opposta generando terreni molto polverosi.

Durante la *vita produttiva* dell'impianto l'evento più probabile, al quale può essere associato un rischio di danno all'ambiente e alla salute, è l'incendio. Questo incidente è principalmente dovuto a tre cause:

1. formazione di archi elettrici spesso dovuti a problemi banali quali le connessioni allentate;
2. surriscaldamento degli inverter e, dato che l'inverter è normalmente ospitato in un apposito locale, l'incendio può facilmente propagarsi alle altre apparecchiature contenute nel locale stesso;
3. surriscaldamento localizzato causato dalla presenza di corrente inversa nei pannelli.

La buona progettazione e realizzazione dell'impianto può però ridurre moltissimo la probabilità che si verifichino incidenti di questo tipo e comunque tali incidenti non sono specifici del FV ma sono comuni a qualsiasi impianto elettrico. In nessun caso si sono avute vittime umane, ma sono morti alcuni animali in seguito all'incendio di impianti posti sul tetto di stalle. I fumi generati dagli incendi di impianti FV, come quelli di qualsiasi impianto elettrico, contengono sostanze nocive ma gli spazi interessati sono molto modesti e non si può quindi parlare di rischio ambientale ma solo di rischio per il personale intervenuto per spegnere l'incendio.

Per gli impianti posti su edifici si possono immaginare situazioni in cui un incendio sia così intenso e prolungato da portare alla fusione del pannello con rilascio in atmosfera di polveri sottili e di sostanze tossiche derivanti da alcuni elementi usati per il drogaggio dei semiconduttori. Per giungere a conseguenze di questo tipo, dato che i pannelli non sono combustibili, sarebbe necessario ipotizzare la presenza sotto i pannelli di grandi quantità di un combustibile in grado di fornire tutta l'energia termica necessaria per la fusione del pannello

stesso. Facendo riferimento ai pannelli in silicio policristallino, i più diffusi, posti all'aperto e quindi in grado di cedere calore sia per irraggiamento sia per convezione, questo evento è assolutamente improbabile. Non ha invece fondamento l'ipotesi che in regime di normale funzionamento il pannello rilasci sostanze tossiche quali fosforo, arsenico, cadmio; questi elementi sono chimicamente legati al materiale di base delle celle del pannello il quale è a sua volta sigillato. Un aspetto che merita invece attenzione è lo *smaltimento* dei pannelli a fine vita. Il decreto legislativo 39 del 2014 sui RAEE è inadeguato. Si prevede infatti il recupero del materiale elettrico e meccanico e la triturazione delle celle; non vi sono precise indicazioni su come recuperare questo materiale assimilato al vetro ma molto ricco di impurezze. Attualmente le dismissioni sono poco numerose e quindi è facile immagazzinare il materiale. Tra il 2025 e il 2030 le dimensioni del problema aumenteranno enormemente e quindi la messa a punto di processi per riciclare i pannelli in modo sempre più economico e ambientalmente accettabile è quanto mai importante.

Eolico

I rischi connessi allo sfruttamento dell'energia eolica si manifestano quasi esclusivamente in fase di funzionamento dell'impianto; la turbina eolica è infatti un componente elettromeccanico e i processi di produzione trasporto, smontaggio e rimozione a fine vita non comportano problemi specifici.

L'entità del rischio è fortemente dipendente dalla quota di potenza eolica rispetto al totale di energia elettrica installata e soprattutto dalla localizzazione dell'impianto. Tralasciando l'energia idroelettrica da grandi impianti l'EE è stata per vario tempo considerata la

rinnovabile economicamente più competitiva e ha quindi avuto un forte sviluppo in molti paesi del nord Europa (Germania, Danimarca, Inghilterra) e anche in Italia nel 2013 risultava già installata una potenza di 8551MW distribuita su 1054 turbine (dati GSE). Quando l'EE rappresenta una frazione modesta dell'intera potenza installata nell'area interessata dagli impianti e la rete elettrica ha una capacità di trasporto adeguata non si manifestano particolari inconvenienti in quanto l'inerzia della rete elettrica è in grado di equilibrare le inevitabili fluttuazioni; se però l'EE diventa una quota elevata insorgono vari problemi. La fonte eolica è infatti caratterizzata da impianti di maggior potenza e meno diffusi sul territorio di quanto non lo sia il FV ed è anche più aleatoria: si consideri ad esempio che il FV operando di giorno è in fase, salvo durante le festività, con la domanda di energia mentre l'eolico può fornire il massimo della potenza in piena notte e non fornire alcun contributo quando la richiesta è massima. Si rendono, quindi, necessari investimenti per l'adeguamento della rete ed essendo l'energia elettrica difficilmente accumulabile è necessario prevedere l'installazione di impianti di riserva in grado di intervenire con estrema rapidità quando venga a mancare il vento. Salvo casi fortunati, peraltro rari, in cui siano presenti a distanze ragionevoli centrali idroelettriche con stazioni di pompaggio gli impianti più utilizzati come riserva calda utilizzano turbine a gas, che hanno costi di generazione elevati dato il basso rendimento e l'elevato costo del combustibile. Per questi motivi, ad esempio, la Danimarca che fino ad alcuni anni fa aveva un'energia elettrica molto economica, ora ha la più costosa d'Europa. Come già per il FV nel presente articolo l'attenzione non è focalizzata sui problemi economici ma su quelli ambientali. Anche da questo

punto di vista un'eccessiva potenza eolica può quasi annullare i benefici legati alla produzione di elettricità priva di emissioni inquinanti e clima-alteranti; le centrali termiche utilizzate per compensare la produzione fluttuante delle turbine eoliche devono, infatti, essere mantenute calde anche quando non producono e generalmente operano in condizioni non ottimali in quanto devono seguire le fluttuazioni della ventosità e quindi presentano *elevati consumi ed emissioni*. Secondo *Der Spiegel* malgrado il grande numero di turbine eoliche installate in Germania (più di 20.000 già nel 2008) le emissioni di CO₂ non sono state ridotte. Questo problema sarebbe facilmente risolvibile se fossero disponibili efficienti ed economici sistemi di accumulo dell'energia ma al momento non è stata ancora individuata una soluzione veramente convincente.

L'EE, soprattutto in paesi come l'Italia dove i siti più ventosi sono quelli elevati quali i crinali montani, pongono notevoli *problemi paesaggistici* non solo dovuti alla presenza delle turbine, ma anche all'insieme di infrastrutture connesse quali fabbricati, strade e gli elettrodotti che partono dal campo eolico.

Un ulteriore fattore di rischio è dovuto al fatto che le zone più ventose, dove sono installate le turbine, spesso coincidono con quelle di *passaggio dell'avifauna* che quindi può essere colpita dalle pale in movimento; i volatili più a rischio pare siano i rapaci, in particolare quelli notturni, e i pipistrelli. Secondo alcune fonti quali il Centre of Sustainable Energy (UK) il numero di decessi di volatili dovuti alla presenza di turbine resta comunque trascurabile rispetto ad altre cause di origine antropica quali le strutture edilizie, le linee di trasmissione dell'energia e gli animali domestici.

Un ulteriore problema riguarda i disturbi provocati dal *rumore e dalle vibrazioni a bassa frequenza*; è dimo-

strato che il rumore a bassa frequenza provoca disturbi del sonno, sensazioni di panico e quindi una prolungata esposizione a questi fattori di rischio può danneggiare la salute della popolazione. In Danimarca e in Canada, nella regione dell'Ontario, varie persone, abitanti in prossimità di parchi eolici, hanno già intentato cause per danni ai produttori. Anche la fauna pare possa essere danneggiata dall'installazione di impianti eolici; alcuni studi condotti da biologi europei indicano che nelle aree ove si trovano le turbine eoliche vi sono perturbazioni nell'habitat e abbandoni e che le funzioni fondamentali di sopravvivenza quali il cacciare, l'istinto di conservazione e la riproduzione sono almeno in parte inibite dall'esposizione al rumore a bassa frequenza. A questo proposito vi è però da rilevare che nelle turbine di ultima generazione il rumore è stato molto ridotto e risulta limitata anche la trasmissione di vibrazioni da parte delle fondazioni.

I problemi connessi al paesaggio e alla salute umana e animale possono essere eliminati o molto mitigati solo ponendo attenzione alla collocazione di un parco eolico evitando aree troppo vicine a insediamenti umani, alle rotte migratorie principali o a siti importanti per l'alimentazione e la nidificazione di specie a rischio. Ovviamente questi vincoli, soprattutto in un territorio come l'Italia, possono fortemente limitare la potenza eolica installabile con un basso fattore di rischio. Una soluzione alternativa, per limitare l'impatto paesaggistico e faunistico è il ricorso all'installazione di impianti eolici in mare aperto, dove inoltre la ventosità è maggiore e spesso più regolare. Anche questa soluzione pone comunque alcuni problemi connessi a costi più elevati, alla sicurezza della navigazione e forse a potenziali impatti ambientali per il momento non ancora messi a fuoco.

Conclusioni

In merito al FV i rischi sono estremamente limitati e solo l'adozione di pratiche dissennate potrebbe causare seri problemi. Nel complesso si tratta di una fonte a bassissimo impatto. I problemi per il FV rimangono i costi e i disturbi che la sua aleatorietà può causare alla rete elettrica peraltro superabili con l'utilizzo di sistemi di accumulo che però, oltre al costo, potrebbero a loro volta presentare dei rischi ambientali.

Per quanto concerne l'EE è certamente possibile realizzare impianti con impatto ambientale trascurabile ma in questo caso le potenzialità produttive della tecnologia potrebbero ridursi drasticamente. Se la presenza di energia eolica fosse modesta o venissero utilizzati sistemi di accumulo anche i problemi di connessione con la rete elettrica sarebbero facilmente risolvibili.



BATTERIE

Gennaro De Michele

C'è una rivoluzione silenziosa che riguarda tutti e che cambierà, a dir poco, il nostro modo di rapportarci con l'energia elettrica. È la rivoluzione delle batterie, da quelle pesanti delle nostre automobili a quelle più piccole usa e getta, per arrivare alle ricaricabili dei telefonini, sempre più efficienti e leggere. Un catalogo che si sta arricchendo anche grazie all'avvento delle nanotecnologie.

È ormai acclarato che le tecnologie di accumulo di energia elettrica giocano un ruolo fondamentale, apportando numerosi benefici, sia economici sia tecnici e ambientali, all'operatività dei sistemi elettrici attuali e del prossimo futuro. I sistemi di accumulo di energia elettrica possono essere impiegati in molteplici applicazioni, alcune delle quali richiedono "prestazioni in potenza", quindi sistemi in grado di scambiare elevate potenze per tempi brevi (da frazioni di secondo a qualche decina di secondi), mentre altre richiedono "prestazioni in energia", quindi sistemi in grado di scambiare continuamente energia per diverse ore. In molte applicazioni, di energia o di potenza, i sistemi di accumulo devono essere anche in grado di portarsi al valore corretto di potenza di carica/scarica, o di commutare tra le fasi di carica e quelle di scarica in tempi molto rapidi. Sebbene in termini assoluti ricoprano una quota molto piccola dei sistemi di accumulo oggi in funzione, dominati per il 98% dagli impianti di pompaggio, gli accumulatori elettrochimici sono attualmente oggetto di intensa attività di ricerca e sviluppo e se ne prevede una crescente penetrazione, sia sulla rete di trasmissione sia per applicazioni distribuite in prossimità dell'utenza e nelle smart grids, di piccola e media taglia (tra 1 MW e qualche decina di MW). Le tecnologie più promettenti appaiono essere, accanto alle batterie ad alta temperatura (Na/S e Na/NiCl), quelle basate su ioni di litio e quelle redox/vanadio e in una visione di più lungo termine, quelle metallo/aria. Per tutte, con maggiore o minore preoccupazione vanno valutati rischi e benefici con particolare riferimento alla durata, all'impiego di materiali ed elementi speciali e spesso rari e a tutte le problematiche di riciclo e smaltimento a fine vita, un argomento questo talvolta trascurato da scienziati e tecnologi ma fondamentale per valutare la possibilità di successo di una quasi nuova tecnologia.

APPLICAZIONE	Na/S	Na/NiCl	Li/ion	Ni/Cd	Ni/MH	Pb/acido	Redox
Time-shift	●	●	●	●	●	●	●
Integrazione rinnovabili (Profilo prevedibile)	●	●	●	●	●	●	●
Differimento investimenti rete	●	●	●	●	●	●	●
Regolazione primaria	●	●	●	●	●	●	●
Regolazione secondaria	●	●	●	●	●	●	●
Regolazione terziaria (Riserva pronta)	●	●	●	●	●	●	●
Riaccensione sistema elettrico	●	●	●	●	●	●	●
Supporto di tensione	●	●	●	●	●	●	●
Qualità del servizio (power quality)	●	●	●	●	●	●	●

● Sistema adatto all'applicazione
 ● Sistema meno adatto degli altri all'applicazione
 ● Sistema non adatto all'applicazione

Campo di impiego delle diverse tipologie di batterie.