

Scenari elettrici ed energetici di lungo periodo: il diavolo sta nei dettagli

L'intervento

Il commento del prof. **Giuseppe Zollino**, professore presso l'Università di Padova dove insegna *Tecnica ed economia dell'energia e Impianti nucleari a fissione e fusione*, a proposito delle "contestazioni" di GB Zorzoli all'articolo di Chicco Testa su Il Foglio del 7 gennaio sulla scommessa elettrica, pubblicate sulla Staffetta del 14 gennaio ([v. Staffetta 14/01](#)).

Non passa giorno che non venga ribadita la necessità di combattere il continuo aumento della concentrazione di anidride carbonica ed altri gas a effetto serra, onde limitare l'aumento di temperatura media terrestre possibilmente entro 1,5 gradi. Pressochè unanime è il consenso sulla necessità di contenere il riscaldamento globale, sebbene molti siano scettici sul tetto di 1,5 gradi, ritenendo già i 2 gradi un obiettivo difficilissimo. È quando si passa agli strumenti da adottare che inizia il dibattito, fortunatamente spesso in buona fede, ovvero alimentato da ipotesi di sviluppo tecnologico, più o meno ottimistiche, e in questo caso la discussione è produttiva. Discussione che degenera tuttavia in gazzarra quando, più raramente, è alimentata da veri e propri idoli, ovvero la contrarietà viscerale e a priori ad alcune tecnologie e la scommessa fideistica su altre e solo su quelle.

Senza alcun dubbio iscrivono alla prima categoria il contributo dell'amico e collega GB Zorzoli, sulla *Staffetta* del 15 gennaio scorso, a proposito dei possibili scenari elettrici di lungo termine, e perciò CO₂-free, in Italia. Ma prima di parlarne facciamo un passo indietro.

Il rapporto dell'Aie, "*Net zero by 2050: a roadmap for the global energy sector*" presenta diversi scenari energetici al 2050, a livello mondiale. Per chi non fosse pratico, uno scenario non è una previsione, ma solo un insieme coerente di parametri e condizioni sotto i quali l'obiettivo sarebbe raggiungibile, a costi che dipendono dalle ipotesi e dalla disponibilità delle diverse fonti. Lo scenario *Net Zero Emission* ha implicazioni assai ragguardevoli. Balza evidente che il principale pilastro è l'elettrificazione degli usi finali di energia, inclusa la produzione di idrogeno. Nel 2050, il 50% degli usi finali dovrebbe essere soddisfatto da energia elettrica (oggi è il 20%), sicché si dovrebbero generare a livello mondiale 71000 TWh, usando tutte le tecnologie CO₂-free disponibili: il 35% sarebbe da fonte eolica, 33% fotovoltaica, 12% idroelettrica, 8,5% da altre rinnovabili (soprattutto bioenergie), 8,5% nucleare. Per questo occorrerebbe aumentare di ben 9 volte la potenza eolica e fotovoltaica installata e raddoppiare quella nucleare, rispetto al 2020. Naturalmente, i risultati di uno scenario globale dipendono dai valori medi mondiali assunti per tutti i parametri in gioco. Per esempio, per gli impianti eolici onshore si assume un capacity factor del 44% (cioè 3850 ore di funzionamento alla potenza nominale equivalente) e per quelli offshore del 48% (4200): in entrambi i casi, valori di gran lunga superiori a quelli conseguibili in Italia (circa 2000 ore onshore, in media su tutti gli impianti necessari ad arrivare ad una capacità installata diciamo di 30-35 GW; circa 3000 ore offshore, sempre in media su 15-20 GW, per di più, in questo caso, con impianti galleggianti, più complessi e costosi di quelli ancorati ai fondali, invece possibili solo quando la profondità sia dell'ordine dei 30-40 metri, e non è il caso italiano).

Perciò è chiaro che, per comprendere con quali tecnologie e quanta capacità installata per ciascuna di esse, con quali costi complessivi, quale impatto sul territorio, ecc. la neutralità carbonica possa essere conseguita in ciascun Paese, occorre considerare le caratteristiche peculiari di quel Paese. Cercando anche di individuare quali tecnologie oggi ancora in fase di sviluppo, una volta disponibili, potrebbero agevolare in modo significativo il raggiungimento dell'obiettivo in quel Paese, mentre magari per un altro, con diverse disponibilità di fonti, potrebbero risultare non determinanti. Come dire: non esistono scenari (ricette se si preferisce) replicabili uguali dappertutto. A tal proposito, la "*Strategia italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra*", pubblicata a gennaio 2021, indica anch'essa una forte tendenza all'elettrificazione. Al 2050 il 55% degli usi finali (oggi poco più del 20%) dovrebbero essere alimentati da energia elettrica prodotta senza emissioni di CO₂, con un fabbisogno tra 600 e 700 TWh, contro i 320 attuali. Un livello così

elevato deriva dai maggiori impieghi in tutti i settori, in modo particolare per la produzione di idrogeno per usi così detti hard to abate (110-170 TWh) e per l'elettrificazione dei trasporti (105-115 TWh).

Ma come si potrebbero produrre nel 2050 in Italia diciamo 650 TWh di energia elettrica senza emissione di anidride carbonica? Con quali tecnologie rinnovabili (scegliendo per ipotesi di usare solo quelle) e con quanta capacità installata? Per calcolarlo occorre considerare le curve orarie di produzione di fotovoltaico ed eolico, su tutto un anno solare, quindi determinare il mix di rinnovabili variabili (fotovoltaico ed eolico, appunto), rinnovabili modulabili (idroelettrico a bacino ed impianti a biogas) e sistemi di accumulo necessari per soddisfare, ora per ora, per tutto l'anno, la prevedibile domanda oraria di potenza elettrica (che sarà diversa da quella attuale, poiché si deve tener conto della natura dei nuovi carichi elettrici, come il riscaldamento, la ricarica dei veicoli, l'alimentazione degli elettrolizzatori, ecc.). Poi ci sarebbe da determinare quali interventi di potenziamento sulle reti di trasmissione e distribuzione sarebbero necessari, dal momento che specialmente il vento e in misura minore l'irraggiamento solare, sono più abbondanti in aree lontane da quelle con maggiore domanda. Infine, di tutto ciò (impianti di generazione di ogni tipo, sistemi di accumulo, nuove reti) vanno calcolati i costi, di investimento ed operativi. Così si definisce uno scenario con analisi oraria. Una modalità di analisi indispensabile quando le fonti sono prevalentemente variabili. Naturalmente, per farlo si adottano codici di simulazione numerica, con l'ausilio di metodi di ottimizzazione che consentono di individuare, tra tutte quelle possibili, la soluzione (cioè il mix delle diverse tecnologie) che costa meno, tenendo conto di possibili vincoli di varia natura. Lo facciamo anche presso il Consorzio Rfx a Padova, dove abbiamo sviluppato il codice numerico Comese, con cui sono ottenuti i risultati citati in questo articolo, per i quali sono stati fondamentali i contributi di Umberto Giuliani e di Chiara Bustreo.

Se invece ci limitassimo a considerare la domanda annuale di energia elettrica di 650 TWh e stimassimo su base annua la capacità necessaria per ciascuna delle tecnologie e fonti rinnovabili disponibili, otterremmo dei risultati lontani dal reale fabbisogno. Che tuttavia servono ad "avviare" il solutore con analisi oraria, cioè costituiscono il punto di partenza del procedimento iterativo di ricerca della soluzione ottimale. Ovvero quella che, tenendo conto dei profili orari, registrati o ricostruiti, dell'irraggiamento solare e della velocità del vento, fornisce il reale valore della capacità da installare per soddisfare ora per ora la domanda di potenza, al minimo costo.

E qui rientra in scena l'amico Zorzoli. Egli contesta che per soddisfare 650 TWh di domanda sia necessario installare in Italia 600 GW di nuova capacità rinnovabile, indicati dall'innominato autore di "un lungo articolo, comparso il 7 gennaio su un quotidiano". E contesta il dato proprio perché fa un calcolo su base annua. "Non occorre essere particolarmente versati in matematica - egli infatti aggiunge - per rendersi conto che una capacità così elevata ipotizza impianti a fonti rinnovabili la cui disponibilità annua attesa sia mediamente uguale a 1080 ore equivalenti a piena potenza". Poi Zorzoli ricorda che "gli impianti fotovoltaici con tracker consentono una disponibilità di 1500-1600 ore equivalenti/anno in Italia centro-meridionale e nelle aree di massima insolazione in Sicilia possono arrivare a 2000" e che nelle aree più idonee "gli impianti eolici onshore possono arrivare a 2300 e quelli offshore galleggianti a 3000". Tutto vero, e ci mancherebbe, visto il livello dell'autore. Che per lo stesso motivo, certamente converrà che quando si ipotizza di installare centinaia di GW fotovoltaici (che siano 300 o 500 poco cambia da questo punto di vista) si debba tener conto della diversa producibilità, a seconda che siano sui tetti o a terra. E pure che quelli a terra non potranno essere tutti in Italia centro-meridionale (dove già saranno localizzati quasi tutti i generatori eolici) e tanto meno prevalentemente in Sicilia, perché altrimenti dovremmo realizzare centinaia di GW di nuove linee di trasmissione, per trasferire a Nord l'energia elettrica generata. La seconda colonna della tabella allegata a questo articolo mostra le capacità che si ricaverebbero da una semplice analisi su base annua. La somma dell'elettricità generata in un anno da ciascuno di quegli impianti fa esattamente 650 TWh e, come si vede, il totale della nuova capacità rinnovabile da installare sembra essere circa 320 GW.

Sembra, appunto. Perché i 300 GW di fotovoltaico più i 52 di eolico, nei mesi da aprile ad agosto generano circa 60 TWh/mese, da soli superiori alla domanda, mentre, ad esempio, a novembre 30 TWh (23 in meno della domanda) e a dicembre appena 23 TWh (ben 31 in meno della domanda). Trasferire tutto il surplus dei mesi di maggior produzione (circa 25 TWh in tutto) a quelli invernali di minor produzione non è la soluzione più conveniente, pur tenendo conto delle migliori previsioni di calo dei costi delle batterie e dei sistemi così detti power to gas. Costa meno - lo "dice" il modello numerico ottimizzato - aumentare la capacità fotovoltaica installata, in modo da aumentare il suo contributo nei mesi invernali, accettando inevitabilmente di aumentare anche l'eccesso di produzione in primavera/estate che già si riscontrava con 300 GW installati. Oltre a questo il modello con l'analisi oraria, è in grado di individuare il modo più efficiente di integrare al meglio le altre fonti rinnovabili disponibili (si veda l'ultima colonna in tabella); di calcolare il fabbisogno di sistemi di accumulo necessari per soddisfare i "buchi" orari di generazione (per 1 o 2 gironi, al massimo), come accade di notte tutto l'anno e molto spesso anche di giorno, soprattutto d'inverno; di definire il fabbisogno di potenza ed energia modulabile (cioè controllabile a piacimento) che funga da backup quando le batterie non sono sufficienti, come accade in alcune giornate soprattutto invernali, oppure serve a caricare i sistemi di accumulo, in ore in cui non c'è bisogno di potenza modulabile, in modo che in seguito essi possano essere pronti a contribuire alla domanda. L'ultima colonna della tabella mostra la

soluzione a minimo costo, quando la variazione oraria della domanda è ipotizzata abbastanza simile a quella attuale, per tutto l'anno, senza lo sbilanciamento verso l'inverno dovuto all'elettificazione del riscaldamento e considerando che la ricarica dei veicoli elettrici non sia concentrata dopo il tramonto, ma in parte significativa avvenga anche durante il giorno (il che richiederebbe straordinari sviluppi delle colonnine di ricarica, i cui costi non sono inclusi nel modello). Come si vede, il totale della nuova capacità rinnovabile da installare è 560 GW, di cui 21 GW di nuovo eolico onshore e 20 di eolico offshore galleggiante e 470 GW di nuovo fotovoltaico. Sono inoltre necessari 88 GW/700 GWh di batterie e 44 GW/39 GWh di turbogas alimentate a biometano (eventualmente sostituibile in tutto o in parte da metano fossile, mantenendo comunque un sistema elettrico decarbonizzato per ~95%). Per lo scenario in questione è stata assunta l'ipotesi "lastra di rame", cioè ogni generatore ed ogni carico sono idealmente collegati allo stesso nodo, quindi le "scelte" dell'ottimizzatore non sono condizionate dai costi delle connessioni che in realtà sono necessarie, per collegare alla rete nazionale per esempio i 20 GW di eolico offshore, localizzati prevalentemente al Sud e presso le Isole maggiori, e per trasportare poi verso Nord l'energia eolica, inclusa quella onshore, anch'essa prodotta prevalentemente al Centro-Sud e sulle isole maggiori. Così se si maggiorasse il costo del kWh eolico per tenere conto di questo, il codice individuerebbe uno scenario con minore capacità eolica, sostituita con capacità fotovoltaica aggiuntiva maggiore di quella eolica mancante, sicché la nuova potenza rinnovabile da installare supererebbe i 600 GW. Infine, utilizzando una curva della domanda più "sbilanciata" verso le ore dopo il tramonto e verso la stagione invernale (per le considerazioni sopra esposte circa il consumo per i veicoli elettrici e per il riscaldamento), il modello restituisce uno scenario con ancora più fotovoltaico, che in tutto richiederebbe l'installazione di 700 GW di nuova capacità rinnovabile e poco più di 1 TWh di batterie.

Possiamo insomma concludere che per conseguire in Italia la neutralità carbonica, il sistema elettrico richiederebbe molta più capacità rinnovabile di quella ipotizzata da Zorzoli e pure un po' più dei 600 GW aggiuntivi indicati da Chicco Testa nell'articolo del 7 gennaio sul *Foglio*.

Insomma, la guerra contro le emissioni di anidride carbonica e gli altri gas climalteranti sarà durissima, molto lunga e piena di sorprese, speriamo la maggior parte positive (nuovi sviluppi tecnologici, per esempio). Per vincerla, occorrerà combatterla con determinazione ma senza passi falsi, attenti a non sbagliare rotta per emulazione, pronti a modificarla quando emergessero nuove opzioni. E proprio per aumentare le possibilità di successo è bene non nascondersi le difficoltà di implementazione, i costi, l'impatto sul territorio. Gli scenari, tutti, più se fanno meglio è, servono proprio ad aver chiaro il quadro, a definire strategie ottimali di dispiegamento delle tecnologie rinnovabili note (oggi eolico, fotovoltaico, sistemi di accumulo) e pure a "misurare" i vantaggi che nuove tecnologie, oggi ancora in fase di sviluppo, porterebbero una volta disponibili, per cui sarebbe imperdonabile rinunciarvi a priori o per errori di calcolo. Ma questo è un altro capitolo di cui parleremo in un'altra occasione.

© Tutti i diritti riservati

E' vietata la diffusione e o riproduzione anche parziale in qualsiasi mezzo e formato.