



L'impatto dei cambiamenti climatici sul sistema energetico italiano: verso una strategia nazionale di adattamento

Oltre alle politiche e misure di mitigazione dei cambiamenti climatici, occorre anche studiare ed attuare strategie di adattamento che minimizzino gli impatti delle variazioni climatiche. In questo articolo vengono descritte le possibili conseguenze del cambiamento climatico sul sistema energetico e suggerite le misure necessarie a ridurre le vulnerabilità

■ *Domenico Gaudioso*

Il settore energetico rappresenta un esempio di settore economico particolarmente vulnerabile ai cambiamenti climatici: da un lato, la produzione e il consumo di energia sono particolarmente sensibili rispetto all'andamento delle temperature e ai fenomeni estremi e, dall'altro, i servizi energetici devono rispondere a criteri molto severi, in termini quantitativi e qualitativi, soprattutto per quanto riguarda la loro continuità. In particolare, con l'aumento della temperatura media globale, aumenteranno i consumi energetici per il riscaldamento degli ambienti e si ridurranno quelli per il loro raffrescamento; l'entità di questi cambiamenti potrà variare per le diverse regioni e stagioni. L'effetto complessivo sulla domanda di energia dipenderà dagli andamenti dei parametri meteorologici a livello locale e stagionale, come anche dalla struttura dell'approvvigionamento energetico (i sistemi di condizionamento estivo dell'aria sono infatti alimentati da energia elettrica, mentre il riscaldamento fa anche uso diretto di combustibili fossili e rinnovabili). Le variazioni stagionali eserciteranno un'influenza diretta sul picco della domanda elettrica.

La produzione e l'offerta di energia saranno inoltre influenzate dai cambiamenti climatici: a) nel caso in cui gli eventi meteorologici estremi diventino più intensi, b) nel caso in cui si debba fare fronte a riduzioni nella disponibilità delle risorse idriche per la produzione idroelettrica o per il raffreddamento delle centrali termo-elettriche c) laddove il cambiamento delle condizioni climatiche influenzi le decisioni sulla localizzazione degli impianti e d) laddove il cambiamento delle condizioni climatiche influenzi (positivamente o negativamente) la produzione di energia eolica, solare e da biomassa.

Nonostante la sua elevata vulnerabilità, raramente il settore energetico è stato oggetto di una trattazione specifica nell'ambito dei documenti di base sugli impatti dei cambiamenti climatici: ad esempio, il contributo del Gruppo di Lavoro II al Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC fa riferimento all'energia all'interno del capitolo 7 "Industria, insediamenti e società" (Alcamo et al., 2007), mentre la piattaforma europea sull'adattamento "Climate-Adapt" ne parla all'interno della sezione relativa alle infrastrutture (<http://climate-adapt.eea.europa.eu/>). Le tematiche relative all'energia sono oggetto di maggiore attenzione nelle strategie di adattamento sviluppate da molti Stati membri dell'Unione Europea (in particolare, in quelle della Finlandia, della Francia, della Germania, del Por-

■ *Domenico Gaudioso*
 ISPRA, Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale
 - Servizio Monitoraggio e Prevenzione degli Impatti sull'Atmosfera

togallo, della Scozia e della Spagna) e da alcuni Paesi extraeuropei, come il Canada.

Caratterizzazione degli impatti nella regione mediterranea e in Italia

Nel settore residenziale e nel terziario, con l'aumento della temperatura media globale, meno energia sarà richiesta per il riscaldamento degli ambienti e più energia sarà invece richiesta per il loro raffrescamento; l'entità di questi cambiamenti potrà variare per le diverse regioni e stagioni. Nei Paesi dell'Europa meridionale, a causa dell'aumento delle temperature massime, maggiore di quello delle minime, e della minore efficienza dei sistemi di raffrescamento rispetto a quelli di riscaldamento, la domanda di energia per il raffrescamento aumenterà più di quanto si ridurrà la domanda di energia per il riscaldamento, e anche l'incremento dei costi per il raffrescamento supererà di gran lunga i risparmi relativi al riscaldamento (Mima et al., 2011).

I cambiamenti climatici previsti per l'area del Mediterraneo avranno l'effetto di incrementare molto i consumi elettrici nella stagione estiva, anche per il crescente utilizzo di sistemi di condizionamento (Apadula et al., 2008; Gaudio et al., 2009). Questo trend sarà influenzato dall'aumento della frequenza e dell'intensità delle ondate di calore (Apadula et al., 2012). È pertanto facilmente prevedibile, date le proiezioni climatiche attese per il XXI secolo, che la richiesta estiva sarà in sostanziale continuo aumento con probabili rischi di blackout dovuti al carico di punta estivo. A compensare, sia pur parzialmente, tale aumento della richiesta elettrica nel periodo estivo vi sarà di certo la minore richiesta nel periodo invernale a causa dell'utilizzo meno intensivo dei sistemi di riscaldamento di tipo elettrico.

La capacità produttiva degli impianti termoelettrici potrebbe essere influenzata negativamente da alcuni fenomeni legati ai cambiamenti climatici, come inondazioni, riduzioni nella disponibilità di acqua di raffreddamento e aumento della sua temperatura e, infine, le temperature estreme. La frequenza di questi eventi tenderà ad aumentare, con l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi di temperatura e

di precipitazione e, di conseguenza, di quelli alluvionali. Nelle zone costiere i fenomeni di inondazione saranno inoltre influenzati dall'aumento del livello del mare.

Le variazioni meteo-climatiche hanno portato e porteranno nel tempo ad una riduzione delle disponibilità idriche per la produzione idroelettrica e ad una maggiore difficoltà nella loro gestione. Mentre sinora l'andamento delle precipitazioni, in particolare sul Nord Italia, non presenta un trend significativo, per il futuro ci si attende una sensibile riduzione delle precipitazioni, in particolare, nella stagione estiva.

Per l'energia eolica, le indicazioni provenienti dal *downscaling* di modelli AOGCM suggeriscono che, entro la fine del secolo, la densità di energia del vento nel periodo invernale potrebbe ridursi nell'Europa meridionale; le variazioni sarebbero comunque trascurabili rispetto alla variabilità naturale (Pryor e Barthelmie, 2010). L'unico impatto di entità rilevante sul funzionamento delle turbine eoliche dovrebbe essere quello legato all'intensificazione degli eventi con velocità del vento particolarmente elevate.

Per quanto riguarda l'utilizzo energetico delle biomasse, l'Italia è fortemente dipendente dalle importazioni di legna da ardere, di cippato e di scarti di legno. La vulnerabilità del settore dal punto di vista dell'approvvigionamento delle materie prime è quindi collegata ai trend climatici nei Paesi esportatori, ma anche alle loro politiche forestali. Gli impatti dei cambiamenti climatici sulle tecnologie di conversione sono invece analoghi a quelli già visti per i sistemi di produzione termoelettrici.

I pochi studi che analizzano gli impatti dei cambiamenti climatici sul funzionamento dei sistemi fotovoltaici nel bacino mediterraneo indicano che, a fronte di un aumento medio della temperatura di 2 C, l'efficienza delle celle solari potrebbe ridursi dell'1% (Pašičko, 2010). Questo effetto sarebbe largamente compensato da un aumento della radiazione solare – e quindi della resa delle celle – che può essere assunto pari al 7%. In ogni caso, per tutte le fonti rinnovabili diverse dall'idroelettrico (eolico, biomasse, fotovoltaico), si prevedono impatti di entità minore, che si manifesteranno peraltro con tempi più lunghi della vita media degli impianti (Rademaekers et al., 2011).

Nell'area del Mediterraneo, gli impatti potenziali più si-



gnificativi dei cambiamenti climatici sul funzionamento delle reti elettriche saranno quelli dovuti all'aumento delle temperature e ai fenomeni di siccità. L'aumento della temperatura determina infatti un aumento della resistenza dei cavi, e quindi delle perdite di trasmissione, e rende più difficile la dissipazione del calore prodotto.

Opzioni di adattamento specifiche

Nel settore residenziale e nel terziario, i criteri di costruzione applicati nella nuova edilizia hanno raggiunto buoni valori di efficienza nel risparmio energetico per ciò che concerne l'uso del riscaldamento, mentre i medesimi criteri conducono a deboli svantaggi nell'utilizzo dei sistemi di raffrescamento (Madonna, 2012). È auspicabile quindi che si realizzino interventi di adattamento, sistematici e generalizzati, del comparto edilizio nazionale atti alla riduzione dei fabbisogni di climatizzazione per la stagione invernale e, soprattutto, per quella estiva.

Al fine di ridurre le conseguenze delle crisi idriche sulla produzione termoelettrica, è opportuno mettere in atto una serie di provvedimenti di razionalizzazione, programmazione e riduzione dei consumi, che non riguardano esclusivamente l'ambito della produzione di energia elettrica. Nei casi più gravi, è possibile che si debba ridurre la produzione degli impianti o addirittura sospenderne il funzionamento. Al fine di ridurre la vulnerabilità degli impianti termoelettrici all'aumento delle temperature e alla riduzione delle portate dei corpi fluviali, sarebbe opportuno sostituire i sistemi di raffreddamento a ciclo aperto con sistemi a ciclo chiuso, e dotarli di raffreddatori ad aria o di pompe addizionali, oppure di torri di raffreddamento.

Per l'energia idroelettrica, a lungo termine la riduzione delle risorse idriche disponibili comporterà un calo della produzione idroelettrica e renderà necessaria una crescente attenzione nei confronti della variabilità dell'apporto d'acqua lungo l'arco dell'anno al fine di tutelare le condizioni ecologiche del corso d'acqua e evitare i conflitti legati agli altri usi della risorsa, in particolare quelli agricoli. Nella gestione ordinaria, la crescente variabilità delle precipitazioni e, di conseguenza, delle disponibilità idriche richiederà un aumento dei volumi dei serbatoi di stoccaggio.

Gli impatti attesi per gli impianti eolici, quelli alimen-

tati a biomassa e quelli fotovoltaici sono valutati di entità talmente ridotta, da poter essere trascurati nelle strategie a lungo termine e nella gestione ordinaria per questi impianti. Per un impianto a biomassa che produce elettricità per il carico di base, un'elevata frequenza di ondate di calore può comportare riduzioni significative della produzione; in questi casi è necessario valutare, in fase di progettazione, l'opportunità di investire in sistemi di raffreddamento più efficaci.

Per la trasmissione e distribuzione di energia elettrica, esistono diverse misure di tipo win-win, che possono essere prese in considerazione già oggi per i loro effetti positivi, anche senza tener conto dell'aumento della resilienza ai cambiamenti climatici: ad esempio, l'interramento di parte della rete, che riduce gli impatti visivi e ambientali, l'utilizzo di sistemi di trasmissione flessibili in corrente alternata, che rende i sistemi più controllabili, e l'installazione di sistemi di monitoraggio, che facilita l'integrazione di fonti intermittenti (Rademaekers et al., 2011).

Priorità di intervento per il settore

Nel 2012, il Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare ha dato l'avvio alla preparazione della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Nell'ambito delle attività previste, un ruolo cruciale è stato attribuito al coinvolgimento degli *stakeholder*, con il duplice fine di garantire la coerenza delle azioni che saranno intraprese a tutti i livelli e di avviare un processo di *capacity-building* di tutti i soggetti coinvolti (Castellari, 2012).

Per le tematiche energetiche, in particolare, è necessario tener conto del fatto che gran parte delle decisioni di sviluppo del settore sono di competenza di soggetti privati, come le società di produzione e di distribuzione di energia elettrica. È quindi necessario che la strategia si ponga l'obiettivo di coinvolgere questi interlocutori nella definizione del quadro nazionale di riferimento e nelle attività di ricerca, come è stato fatto ad esempio nel Regno Unito, anche al fine di evitare casi di *maladaptation*. Per quanto riguarda le scelte relative alla localizzazione e alla progettazione degli impianti energetici, è necessario che, soprattutto nel caso di infrastrutture a lunga vita media che comportano elevati investimenti,

si tenga conto dei cambiamenti climatici a partire dalle fasi iniziali del progetto, attraverso l'utilizzo di opportuni criteri di progettazione e l'adozione di misure tecnologiche specifiche. Questo vale, in particolare, per le opere soggette a VIA (Valutazione di Impatto Ambientale), per le quali gli studi di impatto ambientale dovrebbero prendere obbligatoriamente in considerazione i mutamenti nelle condizioni climatiche di riferimento che potranno verificarsi per un periodo corrispondente alla vita media dell'opera.

A questo fine, non sarà sufficiente fare riferimento ai più autorevoli scenari climatici su scala globale o continentale, ma sarà anche necessario sviluppare scenari climatici su base regionale, che permettano di seguire l'evoluzione delle principali variabili climatiche tenendo conto dell'orografia, dell'uso dei suoli e delle isole di calore urbane. L'utilizzo di questi modelli risulterà essenziale, ad esempio, nel caso della produzione idroelettrica, al fine di evitare che si accentuino i conflitti tra l'utilizzo dell'acqua per la produzione di elettricità e gli altri utilizzi (agricolo, industriale, usi civili, navigazione fluviale).

Ai fini della gestione dei rischi legati alla gestione degli impianti energetici, in particolare di quelli termoelettrici, un ruolo importante potrebbe essere svolto dai sistemi assicurativi. Al momento, però, questa opzione di adattamento potrebbe risultare problematica, dal momento che le società di assicurazione sono spesso in difficoltà nel valutare i rischi del cambiamento climatico, e potrebbero essere indotte, dall'elevata incertezza, a rifiutarsi di assicurare una specifica infrastruttura, a meno che il gestore non offra garanzie addizionali. In questi casi, i Governi possono intervenire prevedendo l'introduzione di un'assicurazione obbligatoria, fornendo sovvenzioni per i costi di assicurazione per i beneficiari, intervenendo come riassicuratori di ultima istanza o compensando i danneggiati attraverso aiuti diretti su base ex post (Paklina, 2003).

Infine, è molto probabile che, anche in futuro, le società elettriche continueranno a dare priorità alla mitigazione – ovvero alla riduzione delle emissioni di gas-serra – e alla riduzione della vulnerabilità rispetto all'approvvigionamento delle materie prime, invece che all'adattamento alle conseguenze dei cambiamenti climatici. È però il caso di notare che molte

delle misure fin qui adottate in relazione ai primi due obiettivi (diversificazione delle fonti primarie, promozione delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica, *demand side management*, utilizzo di sistemi di stoccaggio dell'energia, integrazione e sviluppo delle reti, utilizzo di contratti che prevedano l'interrompibilità del servizio) sembrano avere un effetto positivo ai fini dell'aumento della resilienza del sistema nei confronti dei cambiamenti climatici. È quindi necessario tener conto di tutte le possibili sinergie nella definizione delle strategie aziendali, e garantire che nella valutazione delle singole iniziative si includa l'obiettivo della riduzione dei rischi e della vulnerabilità rispetto alle conseguenze dei cambiamenti climatici. ●

bibliografia

- [1] Alcamo J., Moreno J.M., Nováky B., Bindi, M., Corobov R., Devoy R.J.N., Giannakopoulos C., Martin E., Olesen, J.E., Shvidenko, A. (2007) Europe. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. In Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*; Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E., Eds; Cambridge University: Cambridge, UK; pp. 541-580.
- [2] Apadula, F., Bassini, A., Elli, A., Scapin, S., 2012: *Relationships between meteorological variables and monthly electricity demand*, Applied Energy 98 (2012) 346-358.
- [3] Apadula, F., Negri, A., 2008: *Cambiamenti climatici: dubbi, certezze e probabili impatti sul sistema elettrico*, AEIT n.11, novembre 2008.
- [4] Castellari, S., 2012: *Verso una strategia nazionale di adattamento, presentazione alla riunione svoltasi presso la Direzione Generale per lo Sviluppo Sostenibile, il Clima e l'Energia del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare il 27 febbraio 2012*, http://www.minambiente.it/export/sites/default/archivio/allegati/varii/incontro_27_02_2012_dgsec_castellari.pdf.
- [5] Gaudioso, D., Masullo, A. 2009: *Impatti dei cambiamenti climatici sul settore energetico*, in *"I cambiamenti climatici in Italia: evidenze, vulnerabilità e impatti"*, a cura di S. Castellari e V. Artale, Bononia University Press.
- [6] Madonna, F., 2012: *Indicatori di consumo per la climatizzazione degli edifici*, Rapporto RSE per la Ricerca di Sistema, Marzo 2012.
- [7] Mima, S., Criqui, P., Watkiss, P., 2011: *Technical Policy Briefing Note 4: Energy, The Impacts and Economic Costs of Climate Change and Energy in the European Union: Summary of Sector Results from the ClimateCost project*, funded by the European Community's Seventh Framework Programme.
- [8] Paklina, N., 2003: *Flood Insurance*, OECD, 2003.
- [9] Pašičko, R., 2010: *Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources in Croatia. Joint ICTP-IAEA Workshop on Vulnerability of Electricity Systems to Climate Change and Extreme Events*, UNDP Croatia, April 2010.
- [10] Pryor, S.C., Barthelmie, R.J., 2010: *Climate change impacts on wind energy: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 430-437
- [11] Rademaekers, K., van der Laan, J., Boeve, S., Lise, W., Kirchsteiger, C., 2011: *Investment needs for future adaptation measures in EU nuclear power plants and other electricity generation technologies due to effects of climate change – Final report*, European Commission – Directorate General for Energy, Contract No. TREN/09/NUCL/SI2.547222, EUR 24769, March 2011.