

# Sviluppo di sistemi intelligenti per la de-carbonizzazione dell'energia

La attuale revisione delle direttive della UE su efficienza energetica, prestazione energetica degli edifici e fonti di energia rinnovabile è basata su concetti quali le comunità dell'energia e il ruolo dei *prosumers* e indicano gli obiettivi degli Stati membri sul medio e lungo periodo (produzione di energia da fonte rinnovabile pari al 50% del totale per il 2030 e al 100% per il 2050). La transizione da un modello energetico centralizzato basato prevalentemente sulle fonti fossili (carbone, petrolio, gas naturale) ad uno basato sulla generazione distribuita e alimentato da fonti rinnovabili non sarà né semplice né breve. Passaggio ineludibile per accelerare la transizione sarà la realizzazione di sistemi intelligenti per l'energia (SES) basato su tre smart grid, una elettrica, una termica ed una del gas: queste reti, opportunamente interconnesse e coordinate, dotate di sistemi di accumulo elettrico e termico, avranno la flessibilità necessaria per soddisfare la domanda di energia con quella flessibilità e programmabilità che è attualmente un punto critico delle fonti rinnovabili

DOI 10.12910/EAI2017-007

di **Livio de Santoli**, Delegato per l'energia, Sapienza Università di Roma

Il modello energetico attuale si basa su un uso ancora preponderante delle fonti fossili (carbone, petrolio, gas naturale) e sulle infrastrutture capaci di trasportare tali fonti a grandi distanze, sulla generazione di energia elettrica in grandi centrali, assegnando l'affidabilità e la flessibilità dell'intero sistema alle caratteristiche favorevoli del petrolio in termini di densità energetica

(circa 10 kWh/kg). La flessibilità, in particolare, si riferisce alla disponibilità della fonte fossile a far fronte alla domanda esattamente nel momento e nel luogo in cui viene formulata.

## Lo sviluppo di sistemi intelligenti per l'energia

È possibile creare un modello ugualmente flessibile basato sull'energia

rinnovabile, che è in parte non programmabile e che assume generalmente bassi valori di densità energetica?

Molti studi sono stati fatti di recente sulle caratteristiche che deve avere un sistema completamente rinnovabile<sup>1</sup> e sulle modalità operative di una sua penetrazione coerente con la modificazione progressiva delle reti<sup>2</sup>. Tutte le formulazioni di propo-

ste operative devono prevedere una integrazione, necessaria per i sistemi *smart grid*, tra: ICT, *smart metering*, teleriscaldamento e teleraffreddamento in applicazioni *stand-alone* o connessi alla rete, accumuli elettrici e termici, micro-cogenerazione, applicazioni *power-to-gas*<sup>3</sup>.

Anche quando vengono collegati gli ambiti delle *smart grid* ai concetti di *smart city*, questo avviene quasi esclusivamente per la rete elettrica e per edifici singoli, mentre invece dovrebbe essere considerata una riprogettazione completa dell'intero modello energetico con la presenza contestuale di tutte le richieste di energia elettrica, di

energia termica e di quelle necessarie per i trasporti.

Mentre il settore termico e quello elettrico possono essere interconnessi utilizzando tecnologie come pompe di calore su larga scala (per fornire energia termica su reti di teleriscaldamento o teleraffreddamento) o sistemi di accumulo termico, le riflessioni da fare per il settore dei trasporti non possono basarsi sulle soluzioni attuali (anche utilizzando biocombustibili o biomasse) ma necessitano di un approccio inter-settoriale complesso. Il sistema che rende operativa una eventuale larga disponibilità delle fonti rinnovabili elettriche e ter-

miche e il relativo sistema degli accumuli, viene definito come *Smart Energy System*<sup>4</sup>.

### Descrizione della transizione

Per descrivere il passaggio dal modello esistente a quello completamente de-carbonizzato, si farà riferimento a modelli teorici caratterizzati da una quota convenzionale dei tre macro-usi finali (energia elettrica 30%, energia termica 40%, trasporti 30%).

Il modello energetico senza fonti rinnovabili è sinteticamente riportato in Figura 1, in cui sono rappresentati le quantità annue



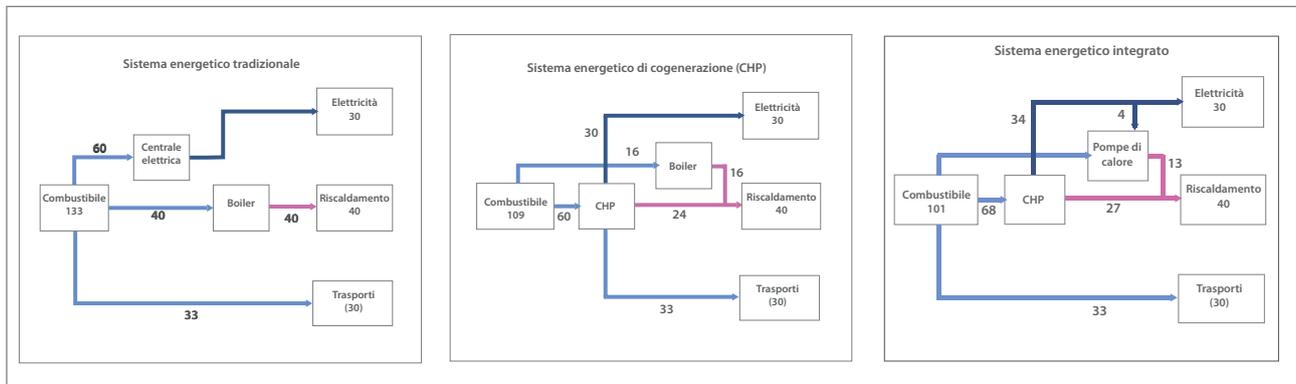


Fig. 1 Modelli senza fonti rinnovabili e con gradi di efficienza crescenti

di energia in tre diversi scenari schematizzati concettualmente seguendo modifiche incrementali del grado di efficienza energetica:

- il sistema base tradizionale, in cui le richieste di energia vengono soddisfatte dalle fonti fossili tramite centrali termoelettriche (per l'energia elettrica), tramite caldaie (per il riscaldamento) o motori a combustione interna (per i trasporti);
- il sistema che utilizza sistemi di cogenerazione, nell'ipotesi in cui questi forniscono tutta l'energia elettrica necessaria e parte del riscaldamento;
- il sistema che utilizza completamente i sistemi di cogenerazione, nell'ipotesi in cui non solo l'energia elettrica ma anche il riscaldamento (per esempio attraverso l'uso delle pompe di calore elettriche) viene fornito ai centri di macro-consumo.

In questa configurazione il sistema dei trasporti è separato ed utilizza unicamente prodotti raffinati del petrolio.

I diagrammi di Figura 1 rappresentano modelli ideali e danno comun-

que una idea dei miglioramenti in termini di efficienza complessiva, con riduzioni progressive fino a circa il 25% in termini di consumo di fonte fossile.

In questo modello è possibile integrare fino al 25% di energia da fonte rinnovabile affinché non ci siano influenze negative sulla rete elettrica dovute alle fluttuazioni tipiche di sorgenti non programmabili come l'eolico e il solare.

Nella Figura 2 sono riportati, nell'ipotesi di considerare anche un contributo da rinnovabile elettrica pari al 25%, i corrispondenti schemi della Figura 1, opportunamente modificati.

Dall'esame dei tre schemi, si nota una riduzione più marcata in termini di consumo di fonte fossile, ad esempio si veda il miglioramento nel passaggio dalla configurazione 2 alla configurazione 3: da 109 ad 87 unità arbitrarie di energia da fonte fossile con riduzioni superiori a quanto ottenuto con il modello tradizionale, quello caratterizzato rispettivamente da 109 e 101 unità arbitrarie. Inoltre, l'introduzione delle pompe di calore a larga scala permettono una penetrazione anche più significativa delle fonti rinnovabili elettriche (43%) senza penalizzare l'efficienza com-

plessiva del sistema. Anche in questo caso il sistema dei trasporti è separato ed utilizza unicamente prodotti raffinati del petrolio.

Quote superiori di energia da fonti rinnovabili comportano modifiche sostanziali del modello energetico e devono poter permettere anche l'inserimento di quote di rinnovabili termiche coerenti con le richieste di energia complessive. Se la penetrazione di energia rinnovabile deve poter raggiungere la quota del 100%, devono essere accuratamente scelte forme appropriate di accumulo di energia capaci di creare nuove forme di flessibilità anche su larga scala.

Nella generazione distribuita dell'energia si sostituisce la grande centrale termoelettrica con una serie di mini-centrali localizzate sul territorio; i sistemi di accumulo dell'energia elettrica devono essere in grado di supportare l'inserimento delle rinnovabili e devono, in una fase di transizione, essere progettati e realizzati anche su grande scala a servizio delle reti elettriche principali.

La tecnologia degli accumuli, soprattutto su media e piccola scala, è oggetto di approfonditi studi per aumentarne l'efficienza e diminuir-



ne i costi: batterie elettrochimiche, volani, accumuli termici, idrogeno prodotto da fonte rinnovabile.

Sul lato del settore dei trasporti, studi specifici sono stati condotti per individuare nella mobilità elettrica forme di accumulo elettrico costituito direttamente dalle vetture, la cosiddetta modalità *vehicle-to-grid* (V2G), oppure in cui l'idrogeno viene proposto in miscela con il metano (idrometano, H2NG) come alimentazione dei veicoli ma anche della micro-cogenerazione. L'uso dell'idrogeno diventerà sempre più importante all'aumentare della quota di fonti rinnovabili del sistema, anche perché attraverso gli elettrolizzatori è possibile far fronte, oltre al fabbisogno termico attraverso sistemi

raffreddamento) è quello di considerare pompe di calore (anche su larga scala) e impianti di cogenerazione utilizzati in reti di teleriscaldamento in cui siano compresi appropriati sistemi di accumulo termico.

Le fonti di energia utilizzabili in una fase di transizione verso il nuovo modello distribuito faranno uso ovviamente di biomasse e biogas per usi termici quali cogenerazione e teleriscaldamento, ma anche usi per l'industria e le aziende agricole, in un ambito di utilizzo locale per la valorizzazione di risorse territoriali. In questa strategia rientrano ovviamente i sistemi di riscaldamento e raffreddamento locali che devono prevedere immediatamente una elettrificazione

miglioramento termofisico dell'involucro edilizio, la quota di energia da fonte rinnovabile assegnata, l'efficienza energetica dei sistemi impiantistici e la interconnessione con edifici adiacenti per gestire in modo intelligente i surplus/deficit di energia autoprodotta, anche in riferimento ai *net zero energy buildings*<sup>5 6 7</sup>.

Nel settore dei trasporti deve essere gestita una fase di elettrificazione la più ampia possibile, non solo per una penetrazione di quote crescenti di rinnovabili elettriche, ma anche per il miglioramento in termini di rendimento dei veicoli elettrici tali da garantire una riduzione significativa del corrispondente utilizzo di combustibile fossile. In una prima

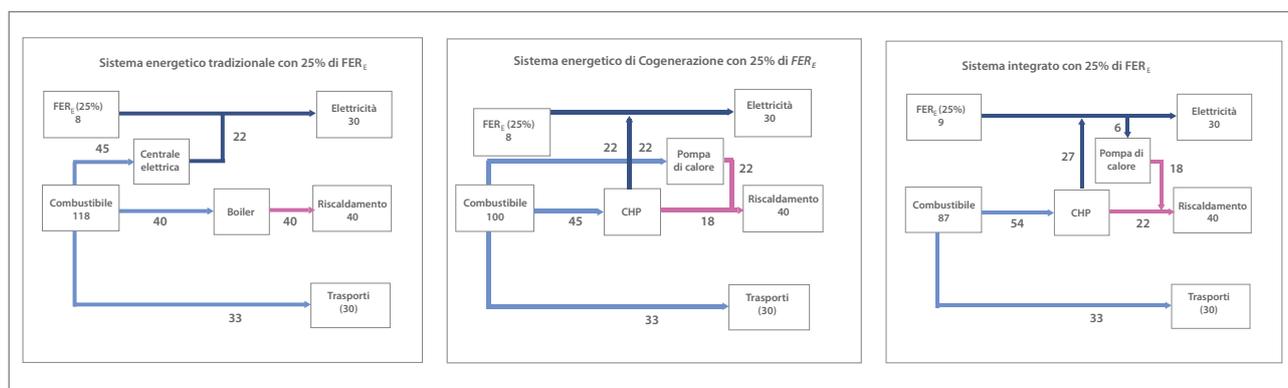


Fig. 2 Modelli con penetrazione delle fonti rinnovabili del 25%

di produzione combinata, anche a quello del settore trasporti con combustibili derivati da biomasse.

Il discorso non deve ovviamente essere limitato al solo aspetto, seppur rilevante, dell'energia elettrica, ma occorre considerare anche il settore termico, combinando i macro-settori di consumo dell'energia termica e di quella elettrica e comprendendo ovviamente anche quello dei trasporti. Una prima opzione per combinare energia elettrica e calore (o

crescente dell'utenza sia civile sia industriale, agevolata da una idonea tariffazione e dagli obblighi comunitari degli nZEB (*nearly zero energy buildings*). In particolare, i programmi devono includere le grandi potenzialità connesse con una riqualificazione dell'edilizia esistente su scala urbana e suburbana, anche spinta, e occorre considerare in maniera contestuale le disposizioni riguardanti la riduzione dei consumi conseguenti al

fase occorre puntare sulla sostituzione graduale delle vetture private con auto elettriche fino alla soglia del 25-30% a regime. La restante parte verrà assicurata sempre per via elettrica da biometano, biometanolo e gas di sintesi.

Il biometano è un gas derivato dal biogas che ha subito un processo di *upgrading*, cioè di raffinazione e purificazione, portando la concentrazione di metano a superare il 98%. Al pari del gas naturale, il biometano

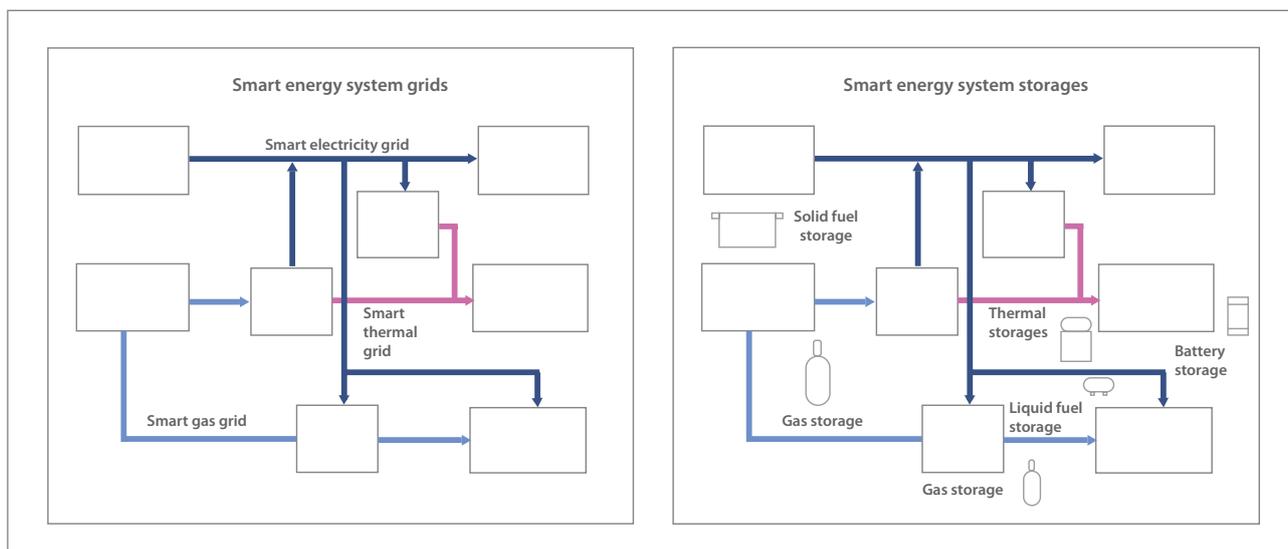


Fig. 3 Smart Energy System: grids e accumuli

può essere utilizzato come biocombustibile per veicoli a motore, essere immesso nella rete di distribuzione nazionale e trasportato e stoccato per la successiva produzione di energia anche in luoghi molto distanti dal sito produttivo. L'uso del biometano costituisce la frontiera dei produttori di biogas, con un alto grado di efficienza, poiché sarebbe possibile arrivare a coprire nel medio termine almeno il 10% del consumo nazionale di gas, attraverso la produzione di 7-8 miliardi di metri cubi all'anno di biometano agricolo. Considerato che l'Italia importa 70 miliardi di metri cubi di gas naturale l'anno, il biometano è fondamentale per ridurre la dipendenza energetica italiana già nel breve-medio periodo. Fino agli anni settanta del secolo scorso, il metanolo in commercio era ricavato da sintesi, a partire da monossido di carbonio e idrogeno, o da gas naturale. Con la crisi energetica e l'esigenza di svincolarsi dalle fonti energetiche tradizionali, si è diffusa la produzione di biometanolo a partire dalla biomassa sottoposta a

trattamenti di gassificazione oppure a seguito di complesse reazioni che avvengono mediante il trattamento delle sostanze di rifiuti per via biologica. Il gas di sintesi oggi può essere ricavato da idrogeno prodotto da elettrolisi utilizzando energia elettrica di tipo rinnovabile in ingresso. Il modello energetico che ne consegue è fondato sulla gestione intelligente delle reti e degli accumuli che possono ottimizzare il sistema energetico rendendo influente la perdita di flessibilità derivante dall'uso delle rinnovabili elettriche. Allora è possibile implementare nella *smart grid* tutte e tre le componenti, con una *smart grid* elettrica, una termica e una relativa al gas: biogas, biometano, idrogeno. Dalla loro combinazione con le tecnologie disponibili per gli accumuli termici ed elettrici è possibile prevedere uno scenario con il 100% di energia rinnovabile (Figura 3)<sup>8</sup> con:

- una *smart grid* elettrica, capace di connettere le fonti rinnovabili elettriche (soprattutto eolico e fo-

tovoltaico), alle pompe di calore e ai veicoli elettrici con l'uso degli accumuli elettrici;

- una *smart grid* termica, teleriscaldamento e teleraffreddamento, per interconnettere il settore del riscaldamento con quello elettrico. Questa rete, cui faranno capo i sistemi di cogenerazione e micro-cogenerazione, deve prevedere sistemi di accumulo termico; essa può includere una serie di componenti di produzione di energia locale per gli edifici, sempre in uno schema che prevede l'interconnessione tra edifici;
- una *smart grid* del gas per connettere il settore del riscaldamento, il settore elettrico e quello dei trasporti, capace di integrare in modo intelligente le utenze con le produzioni, facendo uso di idonei sistemi di accumulo.

Basandosi su queste fondamentali infrastrutture, solo facendo riferimento ad un coordinamento delle diverse reti intelligenti e dei

rispettivi sistemi di accumulo, sarà possibile assegnare alla generazione distribuita dell'energia e all'uso delle fonti rinnovabili un ruolo definitivo in un modello innovativo e diverso.

Nella Figura 3 non sono assegnate quote di energia ai settori di consumo, dal momento che queste dipendono dalla strategia energetica impostata, che dovrà prevedere

un diverso loro bilanciamento. L'adozione di un modello che fa riferimento alle *smart grid* è oggi possibile utilizzando sistemi già presenti nel quadro normativo esistente, ma che hanno bisogno di misure di sostegno e di inquadramento regolatorio coerente con gli obiettivi della pianificazione energetica così come descritta precedentemente.

Tra questi, il ruolo dell'aggrega-

tore dell'energia, strumento per la gestione attiva della domanda, la diffusione di impianti di microgenerazione (< 50 kW) e piccola cogenerazione (50 kW - 1 MW), e dei sistemi di contabilizzazione e ripartizione individuale dell'energia, in grado di permettere una reale consapevolezza di quanto si consuma e una concreta capacità di intervento diretto.

<sup>1</sup> Connolly D., Mathiesen B.V., A technical and economic analysis of one potential pathway to a 100% renewable system, *Int. Journ. of Sustainable Energy Planning and Management*, 1, 7-28

<sup>2</sup> Lund H. et al., From electricity Smart Grid to Smart Energy Systems, *Energy*, 42, 96-102

<sup>3</sup> Power-to-gas (P2G) è quella tecnologia che converte elettricità in combustibili gassosi, ad esempio quando viene utilizzato il surplus energetico da generazione eolica o solare. I metodi attualmente usano elettricità da rinnovabile per produrre, mediante elettrolisi, idrogeno

<sup>4</sup> Mathiesen B.V. et al., Smart Energy System for a coherent 100% renewable energy and transport solutions, *Applied Energy*, 145, 139-154

<sup>5</sup> ASHRAE vision 2020: Producing Net Zero Energy Buildings

<sup>6</sup> <https://www.wbdg.org/resources/net-zero-energy-buildings>

<sup>7</sup> Task 40 'Net Zero Energy Buildings' joint project SHC Task 40 /ECBCS Annex 52

<sup>8</sup> Livio de Santoli et al., *Smart Grid: Strategie per le Comunità dell'Energia su Scala Urbana*, Editoriale Delfino, 2016