



Medium voltage products

# Quaderno di Applicazioni Tecniche No. 17

## Le smart grid

### 1. Introduzione



# Indice

2	<b>1.</b>	<b>Introduzione</b>
8	<b>2</b>	<b>Le diverse componenti e funzionalità di una smart grid</b>
8	2.1	Integrazione delle sorgenti di energia da fonti rinnovabili distribuite
9	2.2	L'automazione della distribuzione
10	2.3	Sistema avanzato di telemisura
11	2.4	Immagazzinamento dell'energia
11	2.5	Le Microreti
12	2.6	Impianti di generazione virtuali e sistemi di dispacciamento delle fonti di energia distribuite
13	2.7	Gestione della domanda e dell'offerta di energia elettrica
14	2.8	Mobilità elettrica

# 1. Introduzione

La forma di energia più versatile ed utilizzata in assoluto è l'energia elettrica che è accessibile a più di cinque miliardi di persone in tutto il mondo. Per questo motivo il settore elettrico sta guidando la trasformazione del sistema energetico globale e l'elettricità è la forma finale di energia che mostra la crescita più sostenuta, non solo, ma è il settore che contribuisce più di ogni altro alla

riduzione della quota delle fonti fossili sul mix energetico mondiale.

Complessivamente, entro il 2040 dovranno essere costruiti nuovi impianti per circa 7.200 gigawatt (GW) di capacità al fine di soddisfare la crescente domanda di elettricità e, nello stesso tempo, sostituire gli impianti esistenti che verranno dismessi (circa il 40% del parco attuale).



Da ABB Review 4-2014

Le energie rinnovabili, elemento di cruciale importanza nel panorama energetico mondiale, stanno rapidamente guadagnando terreno spinte dalla crescente sensibilità dell'opinione pubblica e dei Governi verso i cambiamenti climatici. (Fonte IEA World Energy Outlook 2014). Consideriamo ad esempio la strategia che la Comunità Europea ha definito per il 2020 e per il 2030. La lotta ai cambiamenti climatici è uno dei cinque temi principali della strategia globale Europa 2020 per una crescita intelligente e sostenibile. In particolare, la strategia punta a garantire che, entro il 2020, le emissioni di gas serra dell'UE siano ridotte del 20%, il 20% dell'energia provenga da fonti rinnovabili e vi sia un aumento dell'efficienza energetica del 20%.



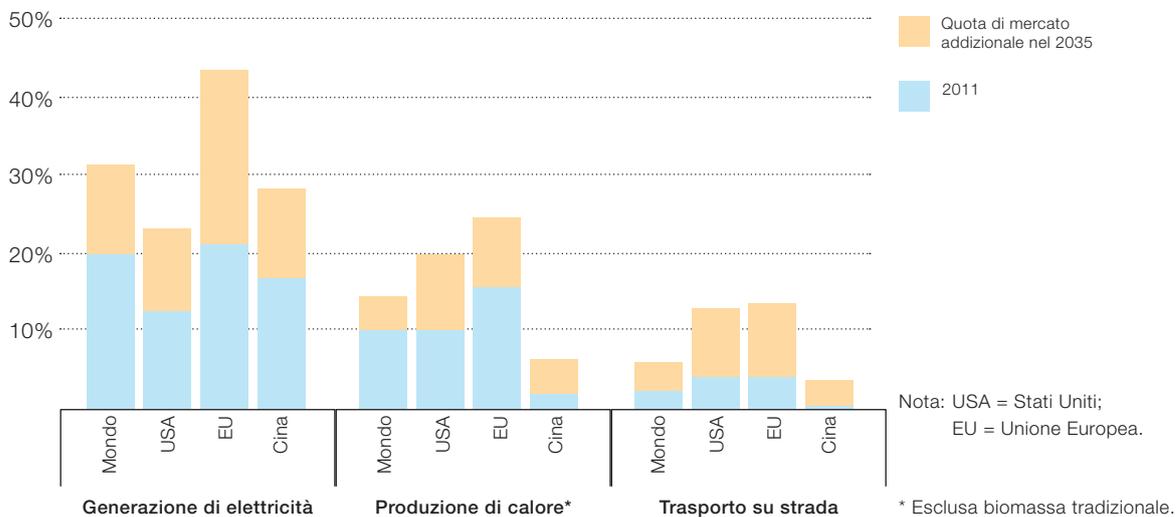
Ulteriormente, per il periodo 2020-2030, l'UE si è posta come obiettivo vincolante di ridurre, entro il 2030, le emissioni interne di gas serra di almeno il 40% rispetto ai livelli del 1990. Essendo le energie rinnovabili essenziali per la transizione verso un sistema energetico sostenibile, sicuro e competitivo, i leader dell'UE hanno concordato l'obiettivo di portare la quota di energie rinnovabili ad almeno il 27% del

consumo energetico ed infine, dato che l'efficienza energetica è una componente chiave del quadro, è stato approvato un obiettivo indicativo di risparmio energetico del 27% sempre per il 2030. (Fonte: documento della Comunità Europea: Le politiche dell'Unione Europea, Azione per il clima ISBN 978-92-79-41350-6).

# 1. Introduzione

Grazie a queste spinte, portate avanti non solo dall'UE ma da tutti i paesi, secondo l'IEA (International Energy Agency) la quota delle fonti rinnovabili sul mix mondiale di generazione raggiungerà circa il 33% nel 2040.

Infatti, tali fonti contribuiranno per più di 7000 terawatt/ora (TWh) tra il 2011 e il 2035, che equivale a circa un terzo della produzione mondiale di energia elettrica. Le fonti rinnovabili sono già oggi la seconda fonte di energia elettrica nel mondo

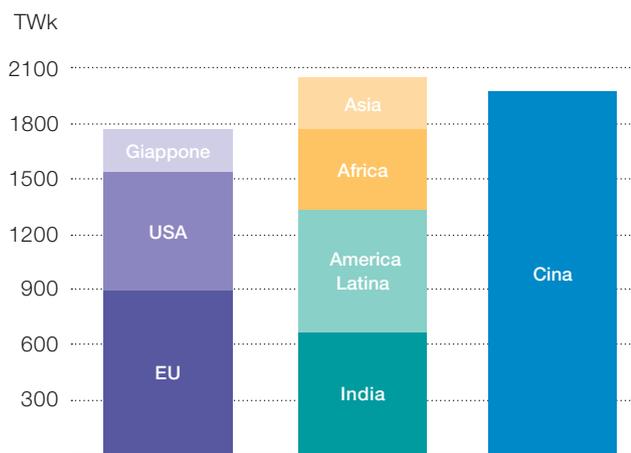


Quota di energia rinnovabile nella domanda totale di energia primaria per categoria e regione nel 2011 e 2035 in caso di spinta della Politica verso le rinnovabili (fonte IEA, World Energy Outlook 2013)

e si avvicineranno al primo posto assieme al carbone entro la fine del periodo grazie soprattutto alla rapida espansione dell'eolico e del fotovoltaico.

In termini di crescita ciò equivale a quasi la metà della crescita della generazione elettrica mondiale al 2040 stimata in 7.200 gigawatts (GW) di capacità aggiuntiva necessaria per soddisfare la crescente domanda di elettricità e al contempo sostituire gli impianti obsoleti.

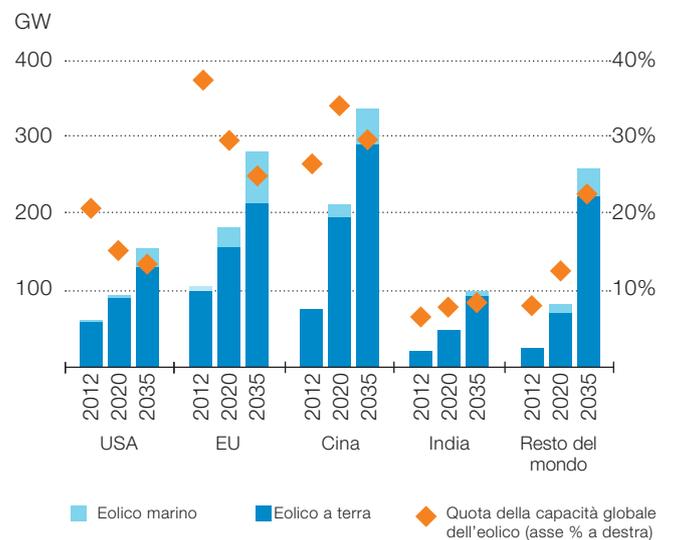
Ovviamente non in tutti i paesi la situazione è la stessa: la quota di rinnovabili nella generazione elettrica aumenterà nella maggioranza dei paesi OCSE dove raggiungerà il 37% e assorbirà l'intero incremento netto della produzione elettrica dell'area. Tuttavia, la generazione di elettricità da fonti rinnovabili aumenterà più del doppio nei paesi non-OCSE, soprattutto in Cina, India, America Latina e Africa.



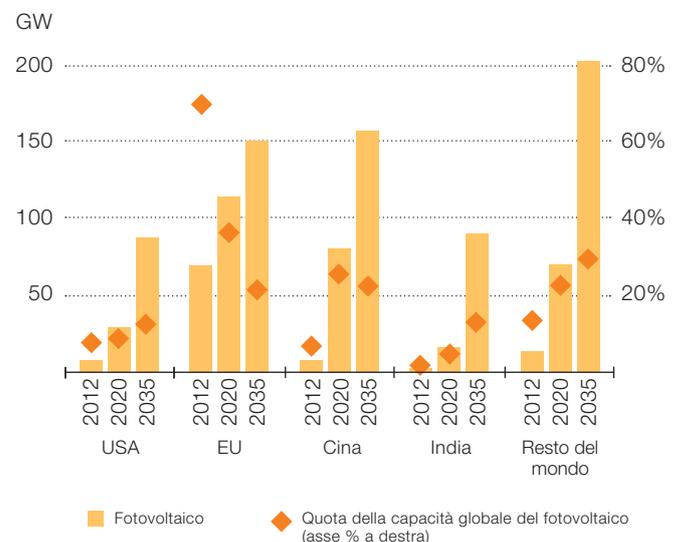
Incremento nella generazione da rinnovabili per le regioni selezionate

**Incremento della generazione di elettricità da fonti rinnovabili nelle varie regioni, 2011-2035 (fonte IEA, World Energy Outlook 2013)**

A livello mondiale, l'eolico fornirà un contributo preponderante alla crescita della generazione da fonti rinnovabili (34%), seguito dall'idroelettrico (30%) e dalle tecnologie solari (18%). Poiché le quote dell'eolico e del solare fotovoltaico sul mix energetico mondiale quadruplicheranno, la loro integrazione sia in termini tecnici che di mercato diventerà sempre più sfidante. Due esempi possono dare un'idea dell'entità del fenomeno: in prospettiva, l'eolico raggiungerà il 20% della generazione elettrica totale nell'Unione Europea e il solare fotovoltaico soddisferà il 37% della domanda di picco estiva in Giappone.



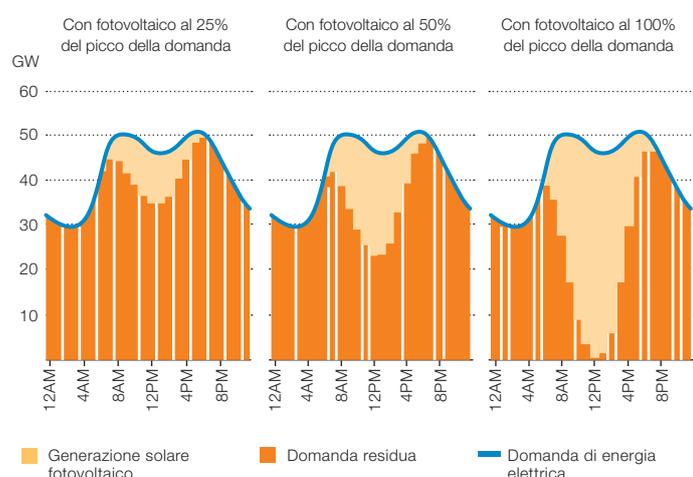
**Capacità installata da generazione eolica in caso di spinta della Politica verso le fonti rinnovabili (fonte IEA, World Energy Outlook 2013)**



**Capacità installata da generazione fotovoltaica in caso di spinta della Politica verso le fonti rinnovabili (fonte IEA, World Energy Outlook 2013)**

# 1. Introduzione

Ora, se chiamiamo domanda di energia elettrica residua l'energia non fornita da fonti rinnovabili ma necessaria per soddisfare la richiesta di energia, maggiore è la variabilità della domanda residua, maggiore è la flessibilità richiesta alle centrali di produzione disponibili che devono non solo contribuire a soddisfare la domanda ma anche supplire alla eventuale repentina indisponibilità tipica di alcune fonti rinnovabili.



Esempio di diagramma di carico giornaliero e di domanda di elettricità residua in caso di espansione di generazione fotovoltaica PV (Fonte: IEA, World Energy Outlook 2013)

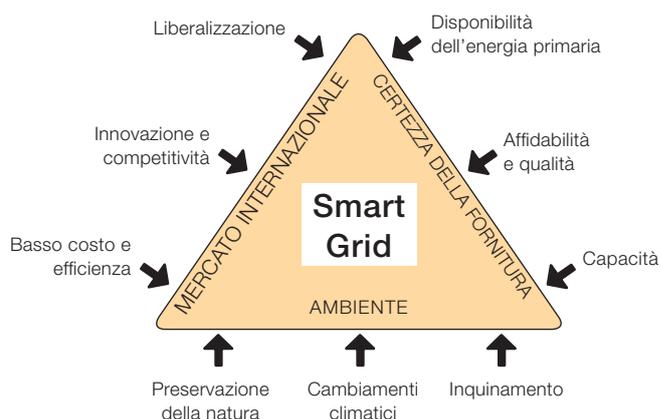
La disponibilità di sistemi di immagazzinamento, la flessibilità di alcuni tipi di centrali tradizionali e la quantità di risorse rinnovabili a disposizione possono mitigare tale variabilità riducendo i costi aggiuntivi e le difficoltà tecniche di gestione, ciò non di meno la sfida è considerevole.

In tale scenario, molte centrali di produzione tradizionali saranno ancora necessarie ma saranno sempre meno utilizzate soprattutto nei paesi dove l'incremento delle fonti rinnovabili sarà più elevato. Tale necessità deriva dalla variabilità e dall'incertezza della fornitura da fonti rinnovabili come l'eolico ed il fotovoltaico per cui la capacità produttiva su cui fare affidamento è molto inferiore alla capacità installata.

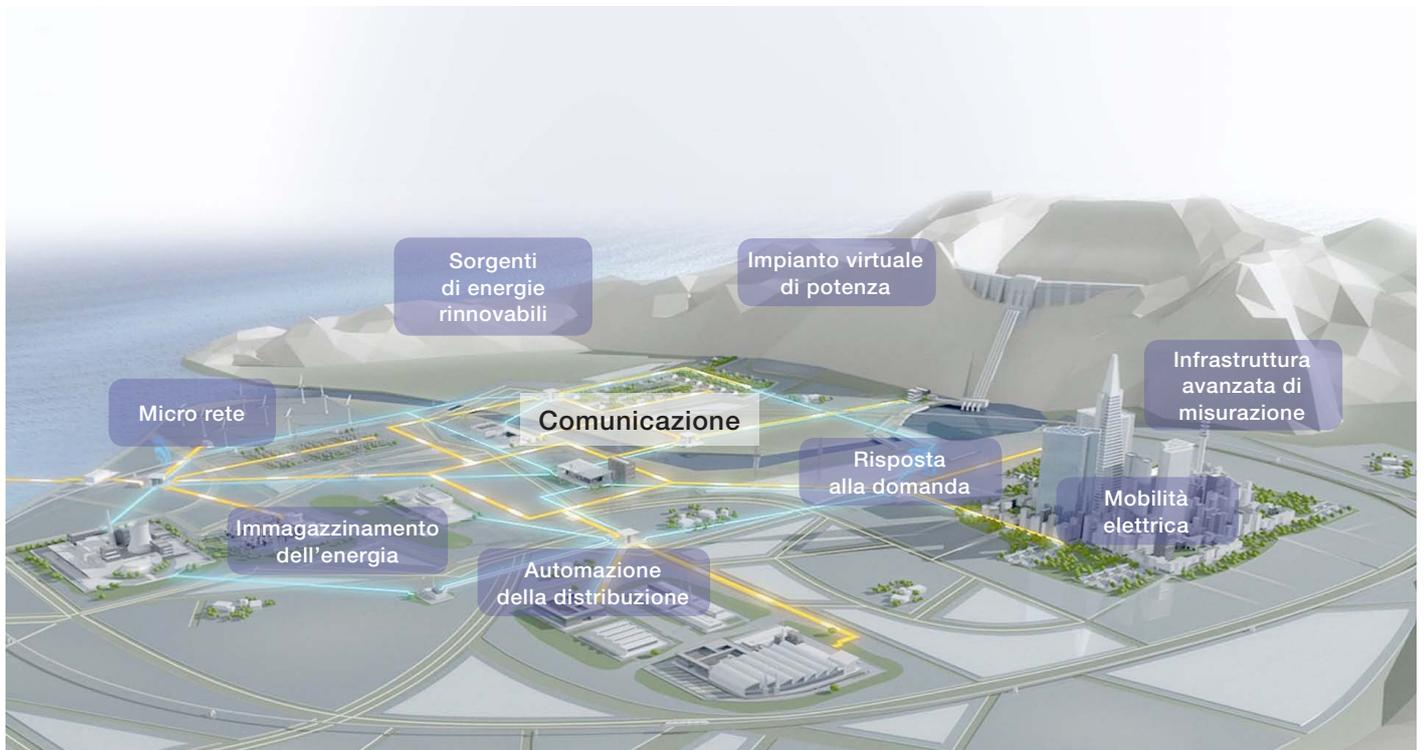
Se, quindi, il consumo di elettricità e il livello di decentralizzazione della generazione, dovuto principalmente all'utilizzo delle fonti rinnovabili, è destinato ad aumentare notevolmente, tecnicamente il problema della gestione può essere risolto in due modi: aumentando la capacità della rete esistente (principalmente la rete di distribuzione quindi cavi e trasformatori in media e bassa tensione) o utilizzando la capacità della rete esistente in modo più efficiente, più intelligente, più "Smart" ovvero sviluppando una Smart Grid. (Fonte: IEA World Energy Outlook 2014).

In accordo con la visione e le strategie promosse dalla Comunità Europea le Smart Grid sono, più che un prodotto, un progetto di ricerca e sviluppo che dimostri la fattibilità di una futura rete elettrica europea che dovrà essere:

- flessibile per soddisfare le necessità dei clienti e allo stesso tempo rispondere ai cambiamenti e alle nuove sfide
- accessibile garantendo la connessione a tutti gli utenti in particolare per la generazione da fonti rinnovabili e/o ad alta efficienza in modo da ridurre l'emissione di gas serra
- affidabile assicurando la sicurezza e la qualità della fornitura coerentemente con lo sviluppo delle nuove tecnologie digitali e informatiche
- economica grazie all'innovazione, ad una gestione efficiente dell'energia e favorendo la concorrenza e la relativa regolamentazione.



Fattori guida Europei per le Smart Grid (Fonte: European Commission and European Technology Platform Smart Grids, "Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future," Brussels, Belgium, 2006)



Le linee guida per le smart grid in termini più operativi sono quindi:

- aumentare l'utilizzo dell'energia elettrica
- gestire l'aumento dell'energia prodotta da fonti rinnovabili e con generazione distribuita sul territorio
- gestire l'introduzione dei veicoli elettrici
- integrare i sistemi per l'immagazzinamento dell'energia
- aumentare l'efficienza
- migliorare il mercato dell'energia e la gestione della domanda
- aumentare l'affidabilità e la qualità della fornitura
- ottimizzare i costi operativi e gli investimenti.

Tecnicamente le smart grid devono far uso dei concetti più avanzati in termini di design delle reti e dei componenti per migliorare l'efficienza, la sicurezza e le prestazioni. Le tecnologie per l'immagazzinamento dell'energia potranno dare un notevole contributo per integrare le sorgenti da fonti rinnovabili nella rete. Anche una gestione più flessibile della

distribuzione e della trasmissione dell'energia elettrica è necessaria al fine di ridurre le fluttuazioni della generazione e incrementare l'efficienza. Sistemi di controllo e monitoraggio possono contribuire ad evitare disfunzioni e fuori servizio. L'utilizzo di tutte queste tecnologie intelligenti e la loro interconnessione tramite un sistema di comunicazione opportuno costituisce di fatto la smart grid nel suo concetto più avanzato.

In senso più ampio, la smart grid non è una singola rete ma un insieme di reti, con l'obiettivo di mettere in contatto le strutture di diversi produttori di energia su vari livelli e con un coordinamento automatico aumentando la connettività, l'automazione e la coordinazione tra fornitori, consumatori e rete, per ottimizzare la trasmissione e distribuzione dell'energia.

Nei capitoli successivi entreremo più nel dettaglio delle funzionalità e delle soluzioni per le diverse componenti di una smart grid.

## 2. Le diverse componenti e funzionalità di una smart grid

### 2.1 Integrazione delle sorgenti di energia da fonti rinnovabili distribuite

Come abbiamo visto, la sfida più impegnativa per le reti elettriche del futuro sarà l'integrazione di un'elevata componente di elettricità prodotta da fonti rinnovabili mantenendo al tempo stesso un'elevata qualità ed affidabilità della fornitura.

Il livello di distribuzione della generazione di energia elettrica tenderà sempre più ad aumentare portando conseguentemente ad un aumento della complessità della rete di distribuzione in termini di flussi di potenza bidirezionali, affidabilità, stabilità, gestione della rete, capacità della rete stessa, ecc.

Un primo problema riguarda la stabilità della tensione messa a rischio dai flussi di potenza dovuti alla generazione distribuita sia in bassa che in media tensione; la conseguenza è che la tensione potrebbe eccedere i limiti massimi e minimi definiti. Inoltre i valori nominali dei componenti della rete non sono tali da sopportare questi flussi e ciò si traduce nel sovraccarico di componenti fondamentali quali cavi, linee aeree e trasformatori. Al di là dell'oggettiva difficoltà tecnica, tuttavia la soluzione al problema deve essere trovata. Possibili soluzioni al problema sono:

- il progressivo passaggio da reti radiali a reti magliate in grado di distribuire i flussi di potenza; a tal fine potrebbe essere necessario aumentare il numero delle cabine secondarie di distribuzione



- introdurre o migliorare il sistema di gestione dell'energia distribuita, Distribution Energy Management Systems (DEMS), introduzione di sistemi distribuiti di immagazzinamento dell'energia, installazione pianificata e bilanciata di carichi quali sistemi di ricarica per veicoli elettrici, al fine di controllare e ridurre i flussi di potenza
- controllare direttamente la potenza immessa in rete dalle fonti rinnovabili
- sostituire alcuni componenti passivi con altrettanti attivi, ad esempio trasformatori di distribuzione con regolatori di tensione automatici.

L'introduzione dell'informatica e dei moderni sistemi di comunicazione possono dare un sostanziale contributo alla soluzione del problema decentralizzando l'intelligenza e implementando algoritmi opportuni.

## 2.2 L'automazione della distribuzione

L'automazione dei sistemi di distribuzione dell'energia elettrica o Distribution Automation (DA) sta diventando sempre più importante man mano che aumentano le sorgenti di energia distribuite con l'obiettivo di migliorare la qualità e l'affidabilità della rete di media e bassa tensione.

Il focus è principalmente sulle cabine di distribuzione primaria e secondaria della rete elettrica, di proprietà e gestite dall'ente distributore, con requisiti crescenti in termini di automazione, controllo e protezione.

L'obiettivo principale a livello di automazione è il monitoraggio dello stato della rete e la trasmissione delle grandezze misurate al fine di aumentare la conoscenza e la governabilità della rete tramite il telecontrollo degli IED (Intelligent Electronic Device) dislocati nella rete stessa. In questo modo è possibile rilevare ed eliminare automaticamente i guasti ed eventualmente intervenire automaticamente o manualmente per ripristinare la fornitura in particolari situazioni critiche.



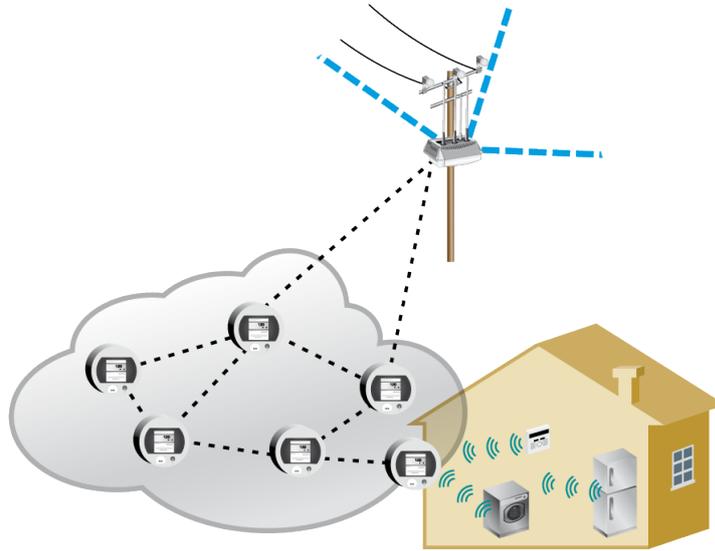
Sono parte dell'automazione della distribuzione le seguenti attività:

- monitoraggio real-time dei dispositivi dislocati nella rete e di tutti quei sensori che possono migliorare il controllo della rete
- introduzione e controllo di componenti attivi ovvero che possono automaticamente gestire determinate situazioni, ad esempio trasformatori con regolatore di tensione automatico
- comunicazione bidirezionale tra gli IED e la sala controllo
- integrazione dei dispositivi nel sistema informativo dell'ente elettrico al fine di gestire ad esempio la manutenzione o il pronto intervento in caso di guasto o per una migliore gestione dei clienti, ecc.
- gestione delle risorse distribuite, generatori e carichi.



## 2. Le diverse componenti e funzionalità di una smart grid

### 2.3 Sistema avanzato di telemisura



Le società elettriche stanno puntando molto sui sistemi avanzati di telemisura o AMI (Advanced Metering Infrastructure) al fine di sviluppare un sistema di gestione della domanda di energia elettrica, soprattutto per gli utenti residenziali sia passivi che attivi, questi ultimi in rapida crescita grazie all'utilizzo del fotovoltaico. Il fine ultimo della telelettura è quello di poter gestire in modo dinamico i contratti con gli utenti, di adottare tariffe multi orarie più complesse ma più vantaggiose, il tutto grazie allo scambio di informazioni tra il sistema informativo dell'azienda elettrica e il contatore intelligente presso l'utenza. La combinazione della lettura e del controllo può aprire nuove prospettive di gestione del business per le aziende elettriche proponendo nuovi servizi e controllando al meglio i carichi sulla rete di distribuzione, rendendole quindi più competitive nel mercato libero della distribuzione dell'energia.

In particolare le possibilità offerte dall'utilizzo dei contatori intelligenti e del relativo sistema di comunicazione sono:

- acquisizione dei consumi dell'energia elettrica ai fini della tariffazione e per la gestione di contratti personalizzati per utenti particolari; è possibile ad esempio modificare il limite di potenza fornita in caso di nuovo contratto o applicare tariffe multiorarie più complesse o registrare il diagramma di carico di importanti clienti al fine di proporre contratti più vantaggiosi
- possibilità di staccare da remoto alcuni utenti dalla rete in caso di sovraccarico della rete stessa (se previsto contrattualmente) o in caso di morosità
- possibilità di offrire ed integrare servizi diversi (luce, acqua, gas, teleriscaldamento, ecc.)
- maggior controllo per evitare prelievi abusivi e frodi
- intervenire automaticamente in caso di guasto al contatore
- minimizzare i disservizi acquisendo informazioni aggiuntive
- integrare facilmente nuovi utenti attivi nella rete di distribuzione effettuando la lettura remota dell'energia fornita.

## 2.4 Immagazzinamento dell'energia



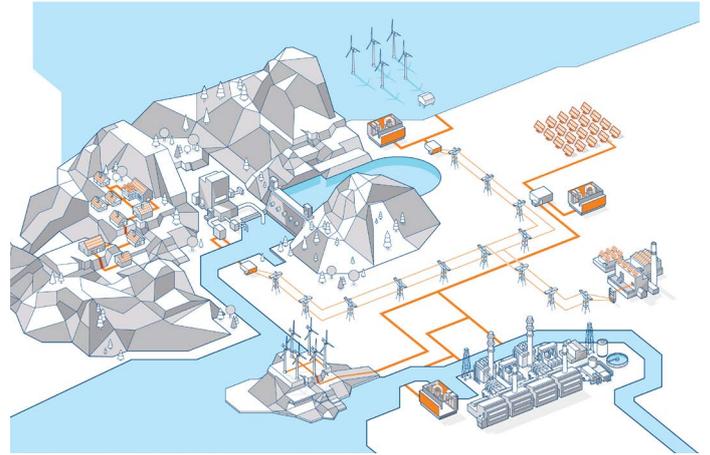
Sui sistemi per l'immagazzinamento dell'energia elettrica (Energy Storage) sono oggi concentrati grandi investimenti di ricerca e sviluppo per cui è prevedibile un loro futuro massiccio utilizzo abbinati ad impianti di produzione eolici e fotovoltaici.

Infatti, la grande variabilità dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili e il conseguente sbilanciamento tra la produzione e il consumo di energia che può in modo imprevedibile presentarsi nella rete, ha spinto i distributori a cercare soluzioni per bilanciare i picchi positivi e negativi di potenza in modo da ridurre i costi di gestione e ottimizzare le perdite.

Questi sistemi possono avere numerosi benefici e effetti sul sistema di distribuzione, in particolare:

- contribuire, agendo come generatori, alla stabilità della tensione e della frequenza di rete
- influire sui flussi di potenza minimizzandoli e conseguentemente riducendo gli investimenti necessari per rinforzare la rete
- consentire la gestione in isola di alcune aree temporaneamente isolate dalla rete
- livellare i picchi di consumo
- migliorare l'affidabilità della fornitura in generale ed essere una riserva di energia per industrie, edifici e infrastrutture.

## 2.5 Le Microreti



Con il termine micro reti o microgrid si intende una rete che può operare in isola, in parallelo alla rete principale dell'ente elettrico, nella quale vi sia un contributo sostanziale di energia prodotta da fonti rinnovabili, principalmente eolico e fotovoltaico. La rete in oggetto, essendo contenuta in un'area limitata, è in media e bassa tensione, può includere anche generatori sincroni alimentati da motori diesel con potenze fino a qualche megawatt. La microgrid è in genere completata da sistemi di immagazzinamento dell'energia per stabilizzare il sistema e migliorarne l'affidabilità, data l'elevata generazione da fonti rinnovabili, ed è infine completata da un proprio sistema di controllo e di comunicazione. Le microgrid trovano applicazione per elettrificare isole e aree rurali particolarmente lontane dalla rete principale.

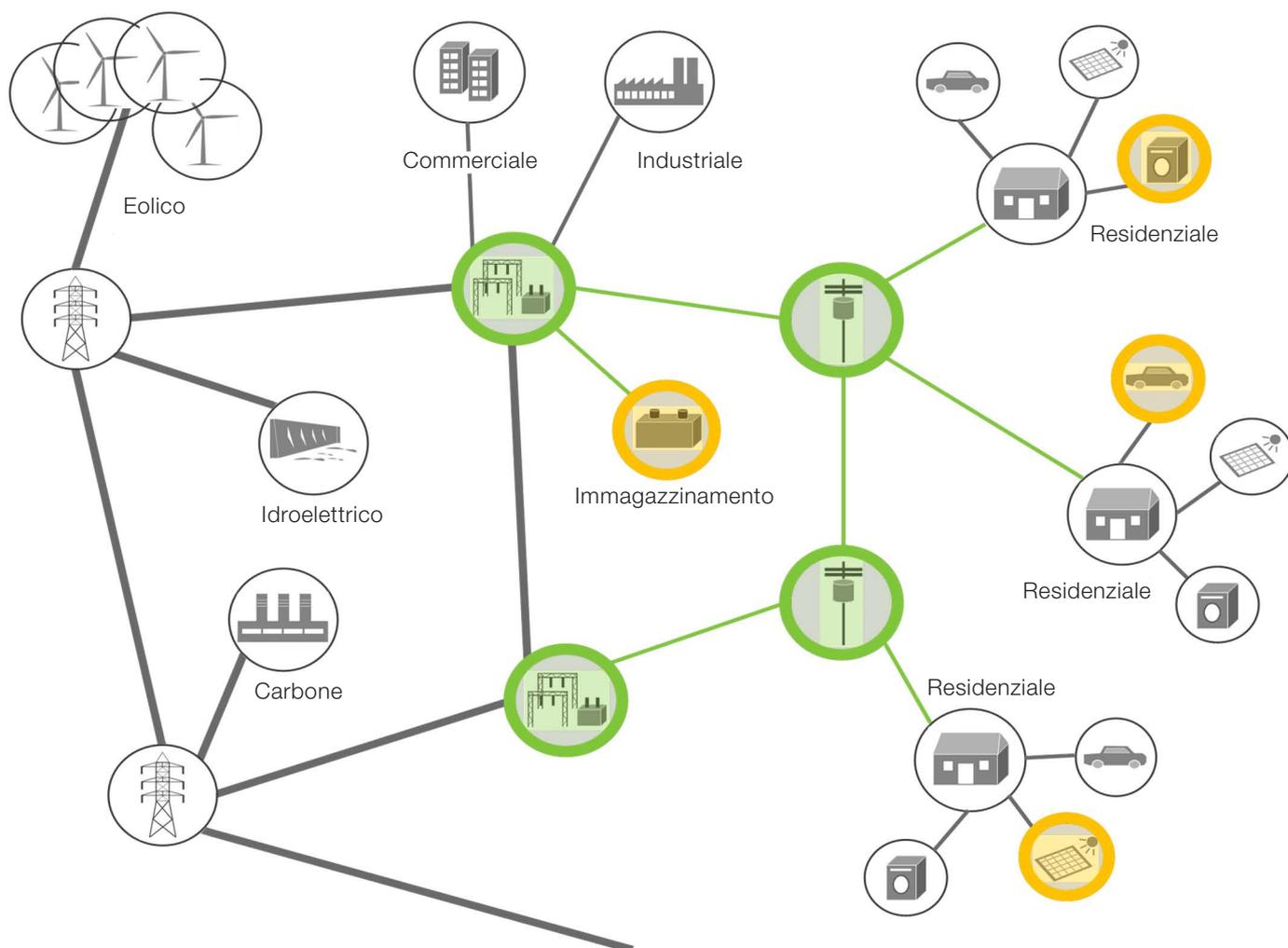
I principali vantaggi derivanti dalla realizzazione di una microgrid sono:

- l'indipendenza dalla rete principale dell'ente elettrico con possibilità di garantire la fornitura di energia elettrica in caso di black-out del sistema principale
- la riduzione dei costi dell'energia specialmente in aree isolate e dall'approvvigionamento di combustibili fossili
- la riduzione dell'emissione di CO<sub>2</sub>.

Per contro i rischi derivano da una maggiore instabilità della rete e quindi da un più difficile coordinamento delle protezioni.

## 2. Le diverse componenti e funzionalità di una smart grid

### 2.6 Impianti di generazione virtuali e sistemi di dispacciamento delle fonti di energia distribuite



Mentre è chiaro che la decentralizzazione della generazione di energia elettrica in parallelo con la liberalizzazione del mercato offre vantaggi economici ed ecologici ai consumatori tuttavia la loro gestione integrata non è priva di difficoltà. La soluzione consiste nel rappresentare le risorse distribuite come impianti di generazione virtuali (VPPs o Virtual Power Plants) in modo da creare un'interfaccia in grado di evidenziare le sinergie tecniche ed economiche del complesso sistema di generazione.

Tramite questa interfaccia l'ente elettrico può raggiungere i seguenti benefici:

- generare previsioni di carico più accurate
- risolvere in modo selettivo eventuali problemi della rete
- vendere energia in anticipo e al prezzo più conveniente
- bilanciare i flussi di potenza.

Il concetto di VPP consente di aumentare la visibilità ed il controllo delle varie fonti di energia grazie ad un sistema di gestione in grado di raccogliere i dati di tutte le sorgenti e di elaborare previsioni, programmare attività e controllarle. Più in generale questi sistemi integrano anche unità di immagazzinamento dell'energia e taluni consumatori in modo da migliorare l'efficienza complessiva.

Per realizzare un impianto di generazione virtuale è necessario disporre di un sistema di dispacciamento computerizzato delle fonti di energia distribuite (noto anche come DEMS, Decentralized Energy Management System) per ottimizzare e pianificare le attività delle unità distribuite, di un sistema previsionale dei carichi e soprattutto dei generatori da fonti rinnovabili in relazione anche alle previsioni atmosferiche e di un sistema di comunicazione opportuno.

## 2.7 Gestione della domanda e dell'offerta di energia elettrica



Con gestione della domanda e dell'offerta di energia elettrica o Demand Response (DR) si intende il sistema di incentivi o regole finalizzati a indurre un cliente finale a cambiare il proprio consumo di energia elettrica; elementi determinanti possono essere il prezzo, la disponibilità, l'impatto ambientale, ecc.

In tal modo è possibile per le aziende elettriche:

- modificare i picchi di consumo, in valore e nel tempo.
- ridurre la richiesta totale di energia.
- bilanciare generazione e consumi
- evitare situazioni rischiose di sovraccarico e garantire l'affidabilità della fornitura
- ridurre i costi dell'energia e essere più competitivi sul mercato dell'energia.

Mentre gli utilizzatori possono:

- risparmiare sulla bolletta diminuendo i consumi
- ottenere tariffe migliori.

La riduzione dei picchi di potenza richiesti o una loro diversa distribuzione nel tempo consente alle aziende elettriche di limitare gli investimenti nella rete e negli impianti e al tempo stesso migliorare la qualità della fornitura e l'efficienza del sistema.

Oltre ad un sistema di dispacciamento distribuito evoluto (DEMS) e al Virtual Power Plant (VPP) è necessario avere un sistema di telelettura (AMI) in modo da integrare il cliente finale comunicando e applicando in tempo reale le tariffe aggiornate in modo da consentirgli, sulla base di quanto definito nel contratto, di modificare conseguentemente i propri consumi.

## 2. Le diverse componenti e funzionalità di una smart grid

### 2.8 Mobilità elettrica



Con l'aumento del numero di veicoli elettrici e ibridi dotati di batterie ricaricabili tramite la rete elettrica al cui insieme si fa riferimento con il termine mobilità elettrica o Electro Mobility (EM), il consumo di potenza dovuto ai sistemi di ricarica aumenterà in modo considerevole.

Ciò avrà un impatto importante sulla rete elettrica che oggi non è idonea per un tale incremento di carichi distribuiti. Obiettivo delle smart grid è quello di supportare tali carichi evitando sovraccarichi, instabilità nei parametri della rete e peggioramento della qualità della fornitura. Le strategie smart che possono essere adottate sono la riduzione della potenza di carica in casi di sovraccarico e tipicamente nei periodi di punta, l'utilizzo di tariffe differenziate per spingere gli utenti a scegliere fasce orarie differenziate, modificare la potenza di carica in funzione della disponibilità della generazione da fonti rinnovabili. Poter comunicare con i veicoli elettrici potrebbe consentire di anticipare o posticipare la ricarica a seconda delle tariffe e quindi pilotare anche i carichi costituiti dai veicoli elettrici in movimento. I sistemi di immagazzinamento dell'energia possono giocare un ruolo importante nel livellamento di questi carichi. Il sistema di comunicazione fisso con i punti di ricarica e mobile con i veicoli elettrici è fondamentale per lo sviluppo di questa strategia.



Data la sua vocazione verso uno sviluppo sostenibile, ABB vuole giocare un ruolo di primo piano nell'evoluzione delle smart grid.

ABB dispone di un portafoglio completo che spazia dai sistemi di dispacciamento più evoluti a tutti i componenti e tecnologie più avanzate per la produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica al fine di sviluppare un

sistema elettrico affidabile, efficiente e sostenibile.

Queste tecnologie e prodotti sono stati installati in una struttura sperimentale, lo Smart Lab ABB di Dalmine, unica nel suo genere, dedicata alla ricerca e alla dimostrazione delle tecnologie più innovative nel campo della trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica.





# Contatti

**ABB S.p.A.**  
**ABB SACE Division**  
**Medium Voltage Products**  
Via Friuli, 4  
I-24044 Dalmine  
Tel.: +39 035 6952 111  
Fax: +39 035 6952 874  
e-mail: [info.mv@it.abb.com](mailto:info.mv@it.abb.com)

[www.abb.com](http://www.abb.com)

Dati e immagini non sono impegnativi. In funzione dello sviluppo tecnico e dei prodotti, ci riserviamo il diritto di modificare il contenuto di questo documento senza alcuna notifica.

© Copyright 2017 ABB. All rights reserved.