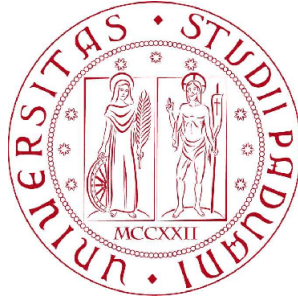


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA



Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica

a.a. 2011/12

Tesi di Laurea
Micro Grid:
Distribuzione dell'energia elettrica
attraverso Reti Intelligenti

Relatore: **Paolo Tenti**
Studente: **Tommaso Bolchi**
Matricola: **575254**

Padova, 24 Febbraio 2012

Sommario

Studio sull'evoluzione della rete di distribuzione dell'energia elettrica grazie all'avvento di tecnologie basate su rete intelligenti, Smart Grids.

Analisi approfondita sulla tecnologia di distribuzione basata su Micro-Reti di distribuzione, Micro Grids. Disamina delle caratteristiche, del sistema di controllo, dei vantaggi, dei problemi legati alla pianificazione e degli scenari futuri di mercato.

Trattazione su alcuni reali esempi di applicazione Micro Grid e analisi della tabella di marcia (RoadMap) delle fasi che porteranno all'integrazione totale delle Micro Grids nella rete elettrica.

Indice

1	Introduzione	1
2	Smart Grids	3
2.1	Caratteristiche delle Smart Grids	4
2.2	La transizione verso le Smart Grids	6
3	Micro Grids	7
3.1	Definizione di Micro Grid	8
3.2	Caratteristiche Fondamentali	9
3.3	Controllo della Micro Grid	11
3.4	Motivazioni per l'uso delle Micro Grids	12
3.5	Alternativa alle Micro Grids: VPP	14
3.6	Strategie di Funzionamento	15
4	Benefici delle Micro Grids	17
4.1	Affidabilità	18
4.2	Ottimizzazione Combinata	19
4.3	Studio su scala europea dei vantaggi delle Micro Grids	21
4.4	Sintesi dei vantaggi	23
5	Modelli di Business	25
5.1	Sistema Gerarchico DSO	26
5.2	Consorzio di Prosumer	27
5.3	Mercato Libero	28
6	Esempi di Applicazione	31
6.1	Micro Grid a livello industriale	31
6.2	Hartley Bay: esempio di un sistema isolato	33
6.3	Micro Grids in città: Fort Bragg	34
7	Il futuro delle Micro Grids	37
7.1	Evoluzione della rete	37
7.2	Sviluppo: Barriere e Ostacoli	39
7.3	Roadmap	40
8	Conclusioni	43

Bibliografia

43

Capitolo 1

Introduzione

L'energia ha rappresentato da sempre un elemento importantissimo per la vita dell'uomo e per la sua evoluzione. Fino a pochi decenni fa si pensava che le risorse di combustibili fossili fossero quasi "infinite". Purtroppo non é così.

Il continuo aumento della domanda di energia elettrica ha evidenziato il limite temporale imposto dai combustibili di origine fossile e ha mosso l'attenzione verso problematiche importanti come il risparmio energetico, l'efficienza e l'inquinamento ambientale. Le fonti di energia rinnovabili rappresentano un grosso punto di sviluppo e un valido sostituto ai combustibili fossili, ma hanno bisogno di una maggior diffusione globale e di un importante lavoro di ottimizzazione.

La priorità assoluta sta dunque nel sostituire la produzione e la gestione tradizionale dell'energia elettrica con nuove tecnologie all'avanguardia che permettano di risolvere, almeno parzialmente, le problematiche di efficienza e razionalizzazione delle risorse.

Questo lavoro ha come scopo quello di analizzare un aspetto importante della possibile e parziale soluzione di queste problematiche: le Micro Reti di distribuzione o **Micro Grid**.

Verrà fatto un breve quadro generale della situazione odierna e si tratterà il tema piú generale di Smart Grid concentrando l'attenzione sull'importanza del valore dell'informazione in ambito di distribuzione di energia. Il concetto di Smart Grid rappresenta un grande passo per l'evoluzione del sistema elettrico e costituisce un punto di partenza per nuove tecnologie alla ricerca di una migliore gestione delle risorse disponibili e di un aumento della qualità del servizio.

Una di queste tecnologie é quella delle Micro Grids ovvero il tema centrale della tesi. Su questa nuova tecnologia verrà fatta un'analisi delle caratteristiche, del sistema di controllo e delle strategie di funzionamento. Le Micro Grids posseggono un potenziale molto ampio e hanno tutte le caratteristiche per ottimizzare l'efficienza della rete, ridurre gli sprechi di energia e minimizzare l'impatto ambientale.

Verrà evidenziato come le Micro Grids siano capaci di superare i conflitti di interessi di differenti Stakeholders e di raggiungere l'ottimizzazione della distribuzione dell'energia in ambito globale socioeconomico. In particolare, le Micro Grids non rappresentano solo una diversa opzione per l'incremento della condivisione di energia dispersa e rinnovabile e dell'affidabilità del rifornimento, ma puntano anche a migliorare gli aspetti economici e ambientali in rapporto alla situazione odierna.

Capitolo 2

Smart Grids

Nell'ultimo decennio l'evoluzione delle reti di distribuzione dell'energia elettrica ha subito una forte accelerazione. Dal XX secolo l'energia é fornita da poche grandi sorgenti (centrali) a un grande numero di utenti, un metodo di distribuzione che risulta troppo poco efficiente e prestante per le continue e crescenti esigenze dell'utenza.

In questo campo si é attuata una grande innovazione con l'introduzione delle Smart Grids o Reti Intelligenti. Una Smart Grid é una rete che attraverso l'uso di sensori, sistemi di misura, di comunicazione e di controllo consente di aumentare la funzionalità e l'efficienza del sistema elettrico. É sostanzialmente l'affiancamento di una rete di informazione alla rete di distribuzione elettrica per gestirla in modo intelligente (Smart), ottimizzando la distribuzione dell'energia ed evitando sprechi.

Il concetto di Smart Grid é nato grazie al nuovo modello di decentralizzazione della produzione energetica basata sulla Generazione Distribuita. Si tratta di distribuire su tutto il territorio piccoli impianti di produzione vicini ai consumatori che possono essere sistemi di micro-generazione basati su fonti rinnovabili (per esempio eolico, solare e geotermico). Sistemi di micro-generazione sono ormai sempre piú diffusi anche a livello residenziale e permettono all'utenza di contribuire al proprio fabbisogno energetico. Questo nuovo modello (figura 2.2) si mette in contrapposizione con il modello centralizzato e si oppone inoltre al fenomeno ormai sempre piú evidente della crescita dei prezzi dei combustibili.

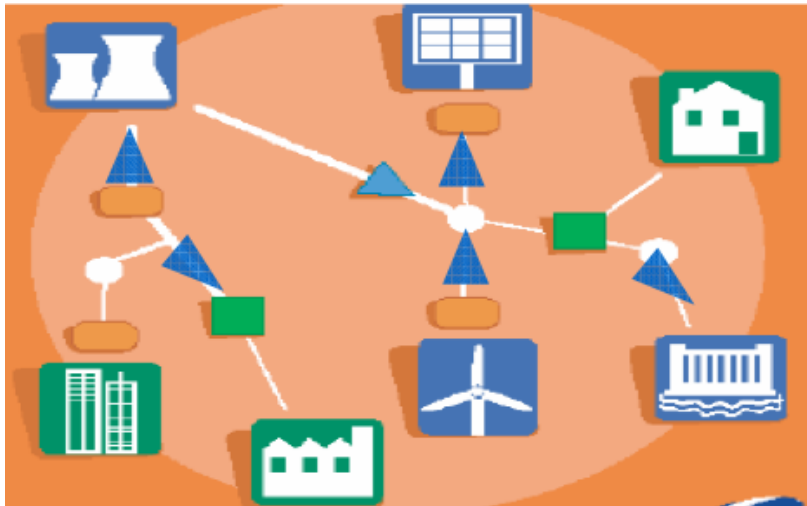


Figura 2.1: Nuova Concezione di Rete Elettrica [12]

Le Smart Grids stanno rivoluzionando completamente la struttura del sistema elettrico globale. Come detto sopra esse si basano sulla fusione della rete di telecomunicazioni con la rete di distribuzione elettrica. Le riduzioni dei consumi e degli sprechi sono gli obiettivi fondamentali, e questo è possibile solo migliorando la comunicazione e il controllo automatico della rete a tutti i livelli, compreso quello dell'utente (sempre considerando le diverse situazioni di lavoro).

Gli sprechi e i consumi non sono le uniche due cause di questo cambiamento totale della visione di una rete: dopo gli accordi di Kyoto l'attenzione verso le esigenze ambientali è sempre più alta e rappresenta una motivazione importante di sviluppo in questo ambito. Il tutto deve essere fatto rispettando le normative quadro emanate dalla Comunità Europea e recepite dagli Stati attraverso regolamentazioni adatte al sistema nazionale di produzione, stoccaggio, trasporto e distribuzione dell'energia. L'innovazione apportata dalle reti elettriche di nuova generazione deve essere consona alle regole di mercato totalmente libero qual è quello degli stati con economia di mercato avanzata.

2.1 Caratteristiche delle Smart Grids

L'innovazione delle Smart Grids sta nel far viaggiare l'energia elettrica da più nodi rendendo la rete pronta a rispondere tempestivamente alle richieste di consumo dell'utente. La rete mette in atto una gestione ottimale delle risorse e si comporta come un vero e proprio "Organismo intelligente". Attualmente la rete è fortemente intrecciata per mantenere in contatto le strutture dei fornitori e dei distributori di energia su tutti i livelli della rete; è in questa situazione che la Smart Grid riesce a migliorare la trasmissione e la distribuzione dell'energia aumentando la

coordinazione e la connettività tra i fornitori e i distributori. Bisogna far presente che molto spesso i produttori di energia non sono anche i distributori della stessa energia ma vengono affiancati da aziende che hanno il compito di gestire l'energia prodotta e di distribuirla in tutta la rete; a volte esistono anche più distributori diversi per i diversi livelli di distribuzione (AT, MT, BT), come per esempio succede in Italia.

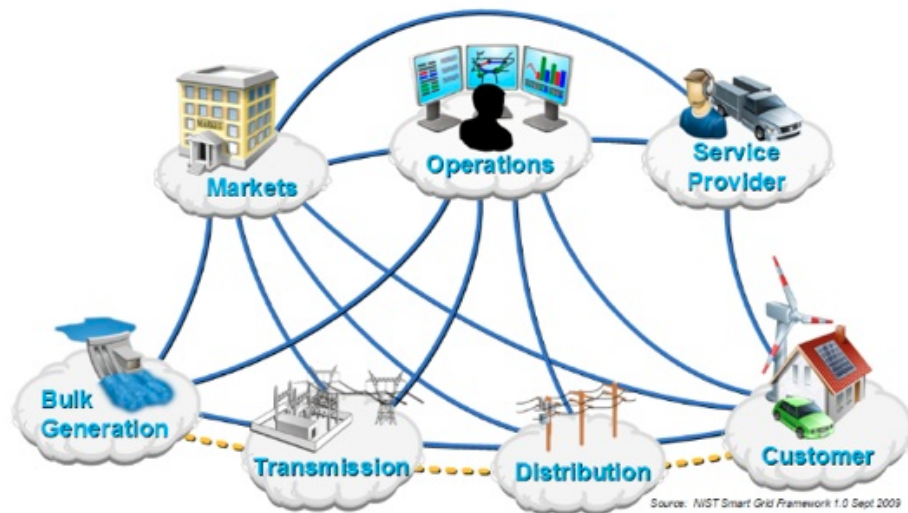


Figura 2.2: Rete di Informazione tra i fornitori, distributori e i consumatori [11]

Le caratteristiche che differenziano una SG da una rete normale sono:

- Self-Healing: la rete rivela, analizza e risolve da sola i problemi
- Capacità di tener conto del comportamento dei carichi nel progetto e nella gestione della rete
- Capacità di fornire un livello di power quality idoneo alle effettive necessità di consumatori ed industrie
- Consentire l'utilizzo di diverse tecnologie di generazione
- Permettere un pieno sfruttamento delle opportunità del mercato elettrico
- Permettere l'ottimizzazione dei capitali minimizzando i costi di gestione e manutenzione mediante l'impiego di opportune tecniche di monitoraggio

2.2 La transizione verso le Smart Grids

Le Smart Grids rappresentano la frontiera per il futuro della distribuzione dell'energia elettrica. A questo scopo si sta lavorando molto anche in campo internazionale con la consapevolezza che non si avranno risultati a breve termine.

Le attuali reti elettriche (in Italia per esempio) risalgono addirittura agli anni '40 e necessitano di un rinnovamento globale, non facile da effettuare visto le dimensioni enormi delle infrastrutture. Questo rinnovamento non potrà di certo essere veloce, ma avrà bisogno di un lavoro graduale e di una progettazione a lungo termine. I vincoli tecnici sono innumerevoli e bisogna comunque mantenere il sistema elettrico sicuro e affidabile durante la fase di cambiamento.

La fase di ricerca e di sperimentazione é ancora molto lunga nonostante numerosi progetti pilota e sperimentazioni siano già stati eseguiti. In Italia, per esempio, Enel ha installato e completato nel 2005 la prima rete Smart Grid funzionante su larga scala e nel processo di rinnovamento ha installato 33 milioni di nuovi Contatori Elettronici "intelligenti" in Italia.

La transizione dalle attuali reti di distribuzione alle Smart Grids verrà effettuata su tre step. Ogni step servirà a dare maggior attenzione al valore dell'informazione piuttosto che al valore dell'energia:

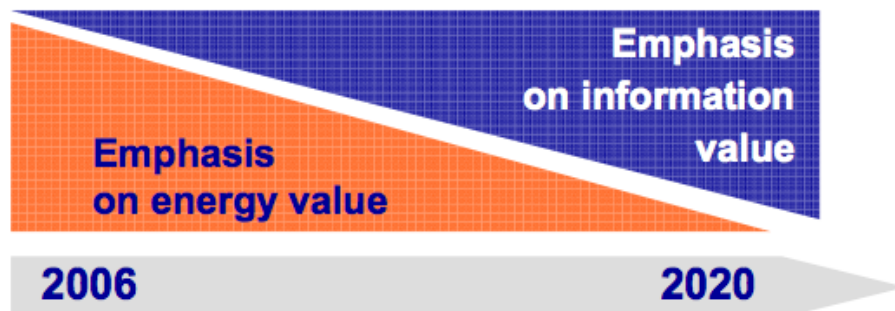


Figura 2.3: Progressiva Crescita del Valore dell'Informazione [12]

1. **Reti attive:** reti che lavorano a MT costituite soprattutto da generazione distribuita che vengono controllate direttamente da DSO
2. **Micro Grid:** di cui parleremo in seguito
3. **Virtual utilities:** reti tipo internet in cui l'energia é localmente generata e negoziata tra vari generatori e carichi in funzione della variazione dei prezzo

Capitolo 3

Micro Grids

Abbiamo in precedenza parlato dell'avvento di Smart Grids, Generazione Distribuita e micro-generazione. Un modo promettente per integrare il nuovo sistema di distribuzione dell'energia non piú unidirezionale, ma basato sulla generazione distribuita, e per sfruttare il potenziale emergente della micro-generazione, é quello di consentire un approccio al sistema che veda la generazione locale e i carichi associati come un sottosistema, ovvero come una Micro Grid (MicroRete).

Una Micro Grid é un insieme di carichi e sorgenti di energia che operano come un singolo sistema controllabile con lo scopo di fornire energia elettrica e calore all'area locale. Le Micro Grids si rendono molto efficaci quando vengono usate nei sistemi di distribuzione dove l'aumento dell'efficienza é una necessitá prioritaria; questa caratteristica fa rientrare le Micro Grids nel concetto di reti intelligenti (Smart Grid). Un aumento dell'efficienza economica e l'ottimizzazione dell'uso delle risorse sono i vantaggi alla base dell'uso delle Micro Grids. Si ha infatti una riduzione dei costi di trasporto dell'energia (il consumo avviene dove si produce) e si migliora il controllo e la gestione dei generatori e dei carichi per una sempre migliore qualitá e continuitá di servizio. Lo sviluppo e la diffusione delle Micro Grids sta prendendo sempre piú piede grazie non solo alla loro capacitá di controllo e alle varie caratteristiche operative (aspetto tecnico), ma anche grazie ai vantaggi che esse portano in ambito economico e ambientale. Oltre al beneficio economico che introducono con l'integrazione in medie e grandi infrastrutture (anche in paesi giá elettrificati), le Micro Grids avranno un impatto importante per l'elettificazione di zone rurali in paesi in via di sviluppo, beneficiando della sempre piú alta penetrazione delle fonti rinnovabili. L'utilizzo delle Micro Grids é solitamente effettuato in piccole aree urbane e piccole zone industriali. I vantaggi sono molteplici: miglioramento della Power Quality, maggior affidabilitá, minor impatto ambientale, e risparmio economico (attraverso l'opportunitá fornita dalla profonda riorganizzazione del mercato elettrico).

3.1 Definizione di Micro Grid

Una Micro Grid é un sistema di distribuzione locale su bassa scala formato da generatori e carichi, che può avere due tipi di funzionamento: autonomo (isolato), cioè totalmente separato dal sistema di distribuzione principale, o non autonomo, cioè non collegato ad esso. Il concetto di Micro Grid si basa sull'integrazione di più sorgenti di energia di diverso tipo, con diversi aspetti relativi all'interfaccia tra sorgenti e rete (compresa l'applicazione dell'elettronica di potenza e sistemi di controllo) e all'affidabilità. Una Micro Grid é gestita da un centro di controllo, che monitorizza la domanda/offerta di energia e ottimizza l'utilizzo dei diversi generatori distribuiti e dei carichi.

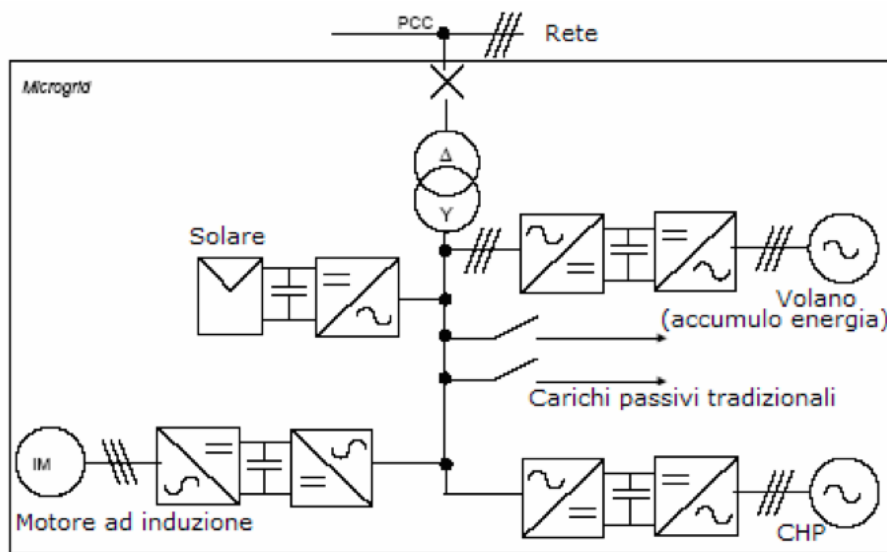


Figura 3.1: Schema elettrico di una Micro Grid

Le componenti fondamentali di una Micro Grid sono quattro:

- la generazione locale (distribuita)
- il controllo dei carichi in potenza
- l'interfaccia verso la rete principale
- il sistema di gestione della Micro Grid.

Il controllo necessario e le strategie operative di una Micro Grid possono essere significativamente diverse da quelle dei sistemi di alimentazione convenzionale a seconda del livello di penetrazione delle sorgenti di energia rinnovabili, dei vincoli imposti dai carichi e dalla power quality, e delle strategie imposte dalla partecipazione al mercato elettrico. Le principali ragioni sono:

- contributo delle sorgenti rinnovabili aleatorio

- sorgenti che obbligano all'uso di convertitori statici
- necessità di gestire l'accumulo di energia
- mantenimento o miglioramento del livello della Power Quality
- controllo delle connessioni/disconnessioni di sorgenti in caso di guasto o basso rendimento

Per l'introduzione delle Micro Grids é richiesto inoltre di rivalutare tutta la struttura e le protezioni dei sistemi di distribuzione, e per aderire la disconnessione / riconnessione della Micro Grid al sistema é necessaria l'introduzione di interruttori intelligenti.

3.2 Caratteristiche Fondamentali

Una Micro Grid é una piattaforma di integrazione per la fornitura (micro-generatori) e per l'utilizzazione controllata di risorse (unità di accumulo e carichi controllabili), situata all'interno di una rete di distribuzione locale.

- Nel concetto di Micro Grids c'è una forte focalizzazione sulla fornitura locale di energia elettrica. La Micro Grid lavora come un accumulatore di energia che immagazzina energia elettrica dispersa della rete in cui é collegata.
- Le Micro Grids tendono a privilegiare la produzione locale a quella della rete principale. Quando però i sistemi di micro-generazione non sono in grado di colmare il fabbisogno energetico la Micro Grid attinge energia dalla fornitura principale.

Una Micro Grid deve essere capace di gestire le operazioni di entrambi i due stati di lavoro: funzionamento normale, ovvero rete connessa, e funzionamento isolato, senza connessione alla rete.

- La maggior parte delle Micro Grid del futuro opereranno per gran parte del tempo in connessione alla rete, ad eccezione per quelle costruite ad isolamento fisico dalla rete principale, in modo tale da massimizzare i vantaggi offerti dalle Micro Grid in stato normale (connessa) cioè quando é capace di "comunicare" con il resto della rete.
- Molto spesso la Micro Grid si può trovare a lavorare in situazioni di isolamento dalla rete. Per lunghe durate di operatività in stato isolato si verificano grandi richieste di dimensioni di accumulo e grande capacità di lavoro delle micro-generazioni.

La differenza tra una Micro Grid e una rete passiva che utilizza micro-generazioni risiede principalmente nel modo di gestire e coordinare le risorse disponibili.

- Una Micro Grid riesce a lavorare come un aggregatore di piccoli generatori, un fornitore di servizi di rete, e un controllore di carichi sempre considerando aspetti di interesse diversi.
- Il principale vantaggio nel concetto di Micro Grid rispetto ad altre soluzioni intelligenti sta nella sua capacità di gestire interessi intrecciati arrivando comunque a una decisione a livello globale e a un'operazione ottimale.

Un esempio di Micro Grid a LV é quello nelle figure 3.2, 3.3, 3.4.

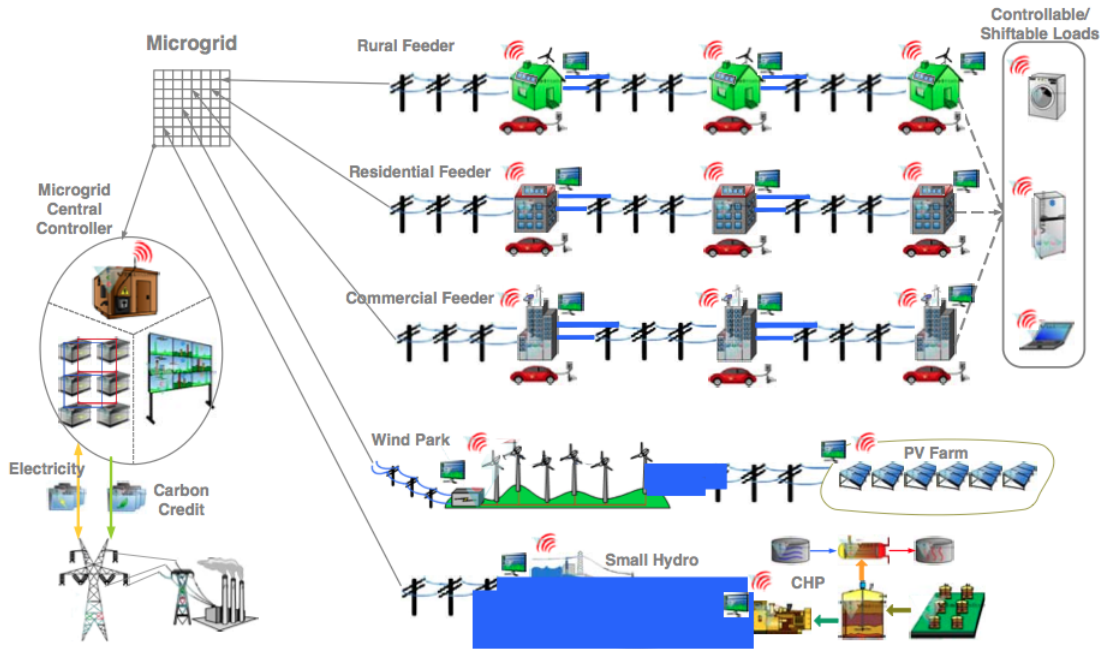


Figura 3.2: Esempio di una Micro Grid vista come una Rete a BT [1]

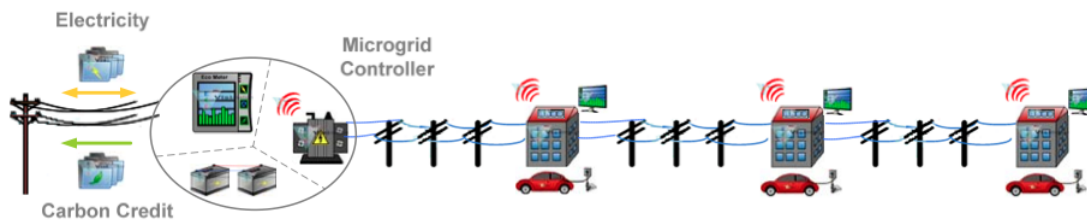


Figura 3.3: Esempio di una Micro Grid vista come un'alimentatore a BT [1]

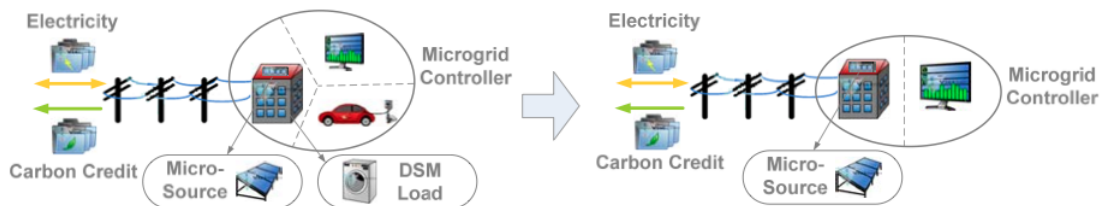


Figura 3.4: Esempio di una Micro Grid di una abitazione [1]

Nella figura 3.2 la Micro Grid é vista come una rete che gestisce e coordina le necessità e le richieste dei consumatori finali con la produzione centrale e di generazione distribuita.

La figura 3.3 mostra come una Micro Grid possa funzionare da collegamento a tutte le produzioni di energia e diventare sostanzialmente un “alimentatore” della rete.

La figura 3.4 rivela l’utilizzo di una Micro Grid come sistema di controllo a livello residenziale che gestisce i flussi di energia e i carichi.

3.3 Controllo della Micro Grid

Una Micro Grid può essere progettata per raggiungere un target specifico economico, tecnico o ambientale attraverso il controllo in tempo reale delle varie unità di micro-generazione.

Dal punto di vista della rete, una Micro Grid può essere considerata come un soggetto controllato, che può essere utilizzato come un unico generatore aggregato al carico e in alcuni casi può fornire il supporto alla rete (il supporto di tensione nei luoghi con alimentazione rurale, o il supporto ai servizi, ecc.). Dal punto di vista del cliente, le Micro Grids non solo forniscono energia termica ed energia elettrica, ma anche migliorano l’affidabilità locale, migliorano la qualità dell’alimentazione, e portano alla riduzione dei costi della fornitura energetica.

É chiaro che, al fine di ottenere questi benefici, é importante fornire una struttura di gestione e di controllo in grado di equilibrare la domanda e l’offerta provenienti sia dalle micro-generazioni e sia dalla distribuzione a media tensione. In particolare, é prevista una architettura di controllo gerarchico che comprende tre diversi livelli di controllo per consentire il funzionamento Micro Grid:

- Controller locale delle micro-generazioni (MC) e controller dei carichi (LC)

- Controller centrale della Micro Grid che opera l’interfacciamento di MT / BT (MGCC)

- Controller centrale autonomo (CAMC)

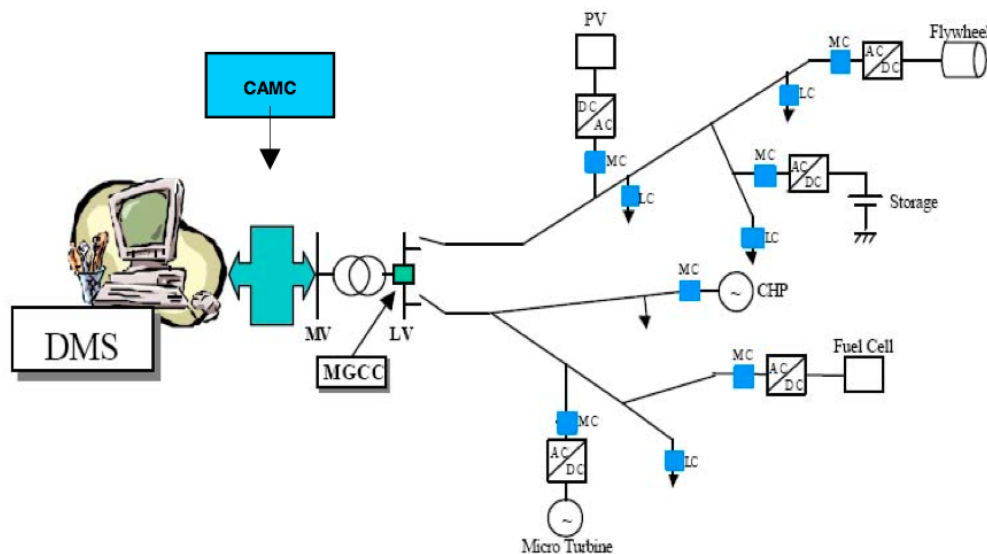


Figura 3.5: Schema di controllo Micro Grid [1]

Il controller MC migliora l'interfacciamento delle unità di micro-generazioni con la Micro Grid. Per esempio, esso utilizza le informazioni locali per il controllo della tensione e della frequenza della Micro Grid in situazione transitoria (da funzionamento normale a isolato), e ottimizza la risposta alla domanda di energia prodotta dalle micro-generazioni.

I controller LC vengono installati nei carichi controllabili permettendo la gestione dei carichi direttamente dalle richieste inviate dal MGCC.

Il controller MGCC ha lo scopo di ottimizzare le operazioni della Micro Grid. Valutando i prezzi di mercato dell'elettricità e dei gas il controller MGCC determina la quantità di energia che la Micro Grid deve richiedere al sistema di distribuzione ottimizzando così la produzione locale. L'ottimizzazione avviene mandando segnali di controllo ai controller MC e LC. A livello di mercato il MGCC rappresenta un fornitore di servizi sull'energia che lavora per gli interessi di una o più Micro Grids; organizza la fornitura di energia valutando i prezzi di mercato, l'apporto delle micro-generazione, i carichi esterni.

Il controller CAMC viene installato a livello di bus a media tensione di una sottostazione AT / MT e serve da interfaccia al sistema di gestione di distribuzione con lo scopo di controllare le diverse Micro Grids attive a bassa tensione.

3.4 Motivazioni per l'uso delle Micro Grids

Una Micro Grid potrebbe essere costituita per molti scopi diversi, ad esempio per l'affidabilità locale, la riduzione dei gas serra, per i potenziali extra-profitti che po-

trebbero essere offerti dai generatori dispersi o altri surplus di potenza non utilizzati. Da Paese in paese, e da situazione in situazione, le differenze possono essere significative e sono necessarie specifiche analisi per affrontare problemi differenti. Più specificamente, le unità DER che operano in una Micro Grid possono appartenere a soggetti differenti che possono essere interessati ad obiettivi diversi. Per esempio, il sistema/rete di operatori avrebbe lo scopo di ottimizzare le prestazioni della rete riducendo così al minimo le perdite, il carico di rete, le variazioni di tensione, e altro ancora. D'altra parte, soggetti privati come ad esempio i fornitori di energia e i proprietari di generazione distribuita, che possono fornire un grande apporto di unità di generazione distribuita in una Micro Grid, desiderano massimizzare i loro profitti vendendo energia indipendentemente. L'obiettivo dei clienti invece è quello di ridurre la loro bolletta elettrica.

Esistono inoltre strategie alternative di controllo che mirano a minimizzare l'impatto ambientale dalla fornitura di energia, come ad esempio è previsto nell'ambito di quadri legislativi e regolamentari, come già detto sopra.

È chiaro dunque che le Micro Grids rappresentano un grande vantaggio per molti aspetti. Nella figura 3.6 sono riassunti i punti di forza dell'avvento delle Micro Grids ma anche gli ostacoli per il loro futuro.

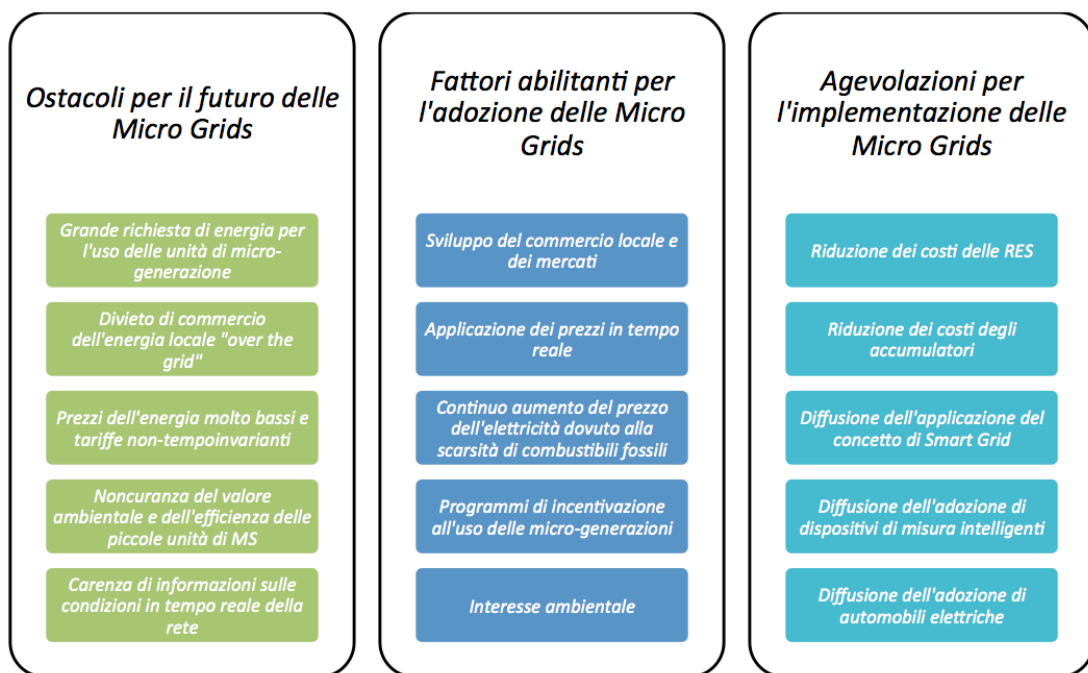


Figura 3.6: Fattori abilitanti(e non) delle MG

Facendo un esempio sul possibile impatto delle MG, secondo il Dipartimento dell'energia degli stati uniti, circa il 40% dell'energia totale prodotta è consumata dagli edifici dei paesi industrializzati, di cui il 60% è energia elettrica. Studi recenti hanno dimostrato che il 20/30% dell'energia consumata dagli edifici può essere risparmiata ottimizzando il funzionamento e la gestione senza cambiare significativamente la struttura dell'edificio o la configurazione del sistema di distribuzione dell'energia.

Dunque, c'è un enorme potenziale per il risparmio di energia attraverso una gestione efficiente. La tecnologia delle Micro Grids fornisce un'infrastruttura opportuna per la gestione efficiente e permette di operare sinergicamente tra le varie fonti di energia gestendo al meglio le perdite di potenza.

Sono inoltre attese drastiche riduzioni dei costi per la diffusione delle micro-generazioni e delle Micro Grids nei prossimi anni fino al 2040, grazie alla diminuzione dei costi di impianti fotovoltaici e delle tecnologie delle pile a combustibile, mentre per le altre opzioni di RES si assumono tempi più lunghi. Micro-generazioni a base di gas naturale (soprattutto microturbine) devono affrontare i costi del carburante in continuo aumento a causa della scarsità di risorse.

Una maggior diffusione di unità di micro-generazione, anche per la riduzione dei costi, agevola l'evoluzione e la velocità di espansione della tecnologia Micro Grid.

3.5 Alternativa alle Micro Grids: VPP

Le Micro Grids non sono l'unica innovazione in progetto per rivoluzionare la distribuzione dell'energia elettrica. E' necessario fare il confronto con un'altra nuova innovazione per valorizzare le MG. Un'altra soluzione promettente nata in questi anni per l'integrazione efficace di DER è il concetto di Virtual Power Plants (VPP). Un Virtual Power Plant è un insieme di unità di generazione distribuita che vengono gestite collettivamente attraverso un sistema di controllo centralizzato. Una VPP crea un unico profilo operativo aggregando DER diversi non necessariamente collegati alla stessa alimentazione a partire dalle loro caratteristiche. Una applicazione significativa è quella del concetto di VPP Commerciale (CVPP).

Un CVPP ha un profilo di ingresso e di uscita che rappresenta le caratteristiche di costo e di funzionamento del portafoglio DER. Servizi e funzioni fornite da una CVPP sono: includere il commercio nel mercato all'ingrosso dell'energia, il bilanciamento dei portafogli di negoziazione e la fornitura di servizi per il gestore del sistema (attraverso la presentazione degli investimenti e delle offerte).

Per superare il problema degli effetti di rete è stato introdotto il concetto di VPP Tecnica (TVPP). Una TVPP ha come scopo quello di includere in tempo reale nei valori di mercato dell'energia la situazione della rete e inoltre fornisce supporto tecnico alla rete stessa. In particolare, i servizi e le funzioni di un TVPP includono la gestione del sistema locale per l'operatore del sistema di distribuzione (DSO), come la fornitura di bilanciamento del sistema e dei servizi ausiliari al gestore del sistema di trasmissione (TSO). Tre principali differenze tra le Micro Grid e le VPP possono essere identificate:

1. Dimensioni: una Micro Grid ha dimensioni limitate mentre le VPP possono avere qualsiasi dimensione.
2. Gestione Locale: una Micro Grid porta a consumare dove si produce mentre le VPP mantengono la gestione tradizionale dell'energia.

3. Interesse della Domanda: Le Micro Grids lavorano per l'interesse del consumatore finale mentre le VPP lavorano solo per aumentare profitti.

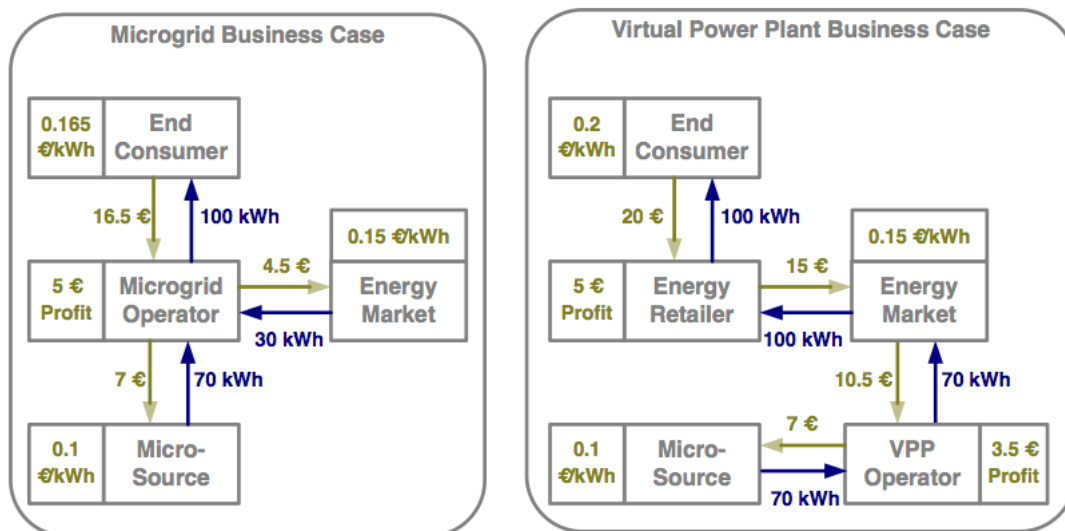


Figura 3.7: Micro Grid vs VPP [2]

Un vantaggio importante delle Micro Grids sulle VPP è la riduzione delle parti intermedie (costo più basso delle transizioni) come si vede in figura 3.7. Le Micro Grids permettono all'utente finale di comunicare direttamente con le fonti di micro-generazione e con il mercato, mentre le VPP costituiscono uno scomodo intermediario.

Le Micro Grids offrono una opportunità 'over-the-grid' di negoziazione in cui i consumatori possono ottenere prezzi inferiori rispetto al generale livello del dettaglio e le micro-generazioni possono vendere all'ingrosso a prezzi più elevati del livello generale del mercato.

3.6 Strategie di Funzionamento

Per poter stimare gli effettivi benefici economici, tecnici e ambientali delle Micro Grids è necessaria un'ampia fase di sperimentazione sul loro funzionamento considerando gli interessi intrecciati, e molto probabilmente in conflitto, di entità diverse. In particolare, bisogna analizzare le possibili strategie di controllo per rendere la Micro Grid adatta a soddisfare contemporaneamente interessi diversi.

Nel caso di obiettivi conflittuali, un modello di ottimizzazione combinato rappresenta la scelta più efficace. Bisogna inoltre considerare che le fonti di energia rinnovabili non hanno una produzione di energia fissa ma stocastica, cioè basata su

agenti esterni, e pertanto l'ottimizzazione del funzionamento delle Micro Grids deve essere gestita in modo appropriato.

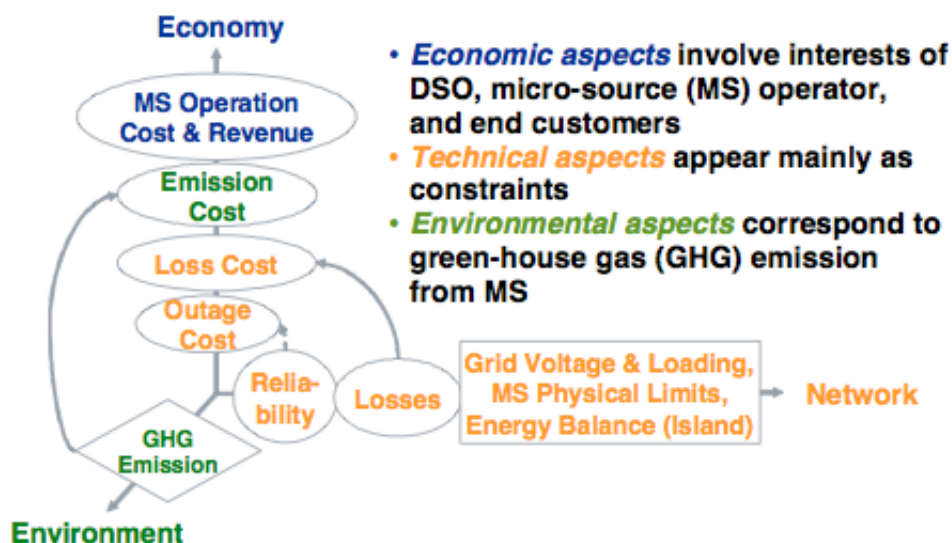


Figura 3.8: Interessi contrastanti [3]

In figura 3.8 é ben evidenziato come i problemi economici, tecnici e ambientali siano intrecciati e abbiano anche interessi contrastanti. La proposta di soluzione al problema di ottimizzazione attraverso **Multi-Obiettivo** porta a impostare la programmazione di tutte le DER nella Micro Grid per mitigare l'impatto delle fonti energetiche rinnovabili intermittenti.

I sistemi di accumulo, l'apporto della Generazione Distribuita, l'amministrazione della domanda, la produzione attraverso micro-generazioni, vengono gestiti in modo tale da considerare tutti i differenti aspetti di interesse mantenendo comunque alta la qualità del servizio a livello economico, ambientale e tecnico. Sull'ottimizzazione combinata si farà un'approfondimento in seguito.

Capitolo 4

Benefici delle Micro Grids

Come si può evincere dalle caratteristiche elencate sopra, le Micro Grids portano considerevoli benefici alla rete elettrica: le MG riescono ad alimentare un insieme di utenti migliorando la qualità e la natura della fornitura in base alle esigenze dei consumatori, abbassando così i costi derivati dall'acquisto di energia dalla rete principale. L'acquisto di energia avviene solo quando la Generazione Distribuita e le micro-generazioni non riescono ad affrontare la domanda. La redistribuzione degli eventuali esuberanti di produzione di energia attraverso le MG è un vantaggio di estrema importanza che punta direttamente ad eliminare gli sprechi della rete.

Le MG hanno un impatto molto efficace nelle zone dove la rete di distribuzione è molto limitata o antieconomica ovvero dove il costo di trasmissione dell'energia è molto alto. Reti composte dall'unione di più MG permettono di creare esempi di realtà autonome dalla rete principale, reti che però necessitano di un altissimo livello di affidabilità.

Un altro vantaggio molto importante è quando si verificano guasti nella rete pubblica: una Micro Grid è in grado di garantire l'alimentazione agli utenti anche se disconnessi dalla rete principale, sempre considerando la capacità delle RES e degli accumulatori. La continuità del servizio aumenta e quindi il servizio migliora notevolmente.

I vantaggi delle Micro Grids non sono solo per l'utenza ma anche per i distributori di energia:

- Nell'ambito dell MG si aprono nuovi mercati di Progettazione, Sviluppo e Gestione
- Le Micro Grids aiutano a rendere più efficace la regolazione della tensione limitando possibili anomalie nella distribuzione.
- Con la decentralizzazione della produzione di energia si apre un mercato di vendita dei combustibili alle generazioni distribuite.

4.1 Affidabilità

Uno dei principali vantaggi che possono portare le Micro Grids é legato al miglioramento dell'affidabilità. Una rete é tanto piú affidabile quanto il suo servizio é continuo e di buona qualità. In isolate situazioni i grandi fornitori di energia sono costretti a interrompere il servizio (disconnessione dalla rete) a causa di guasti o opere di manutenzione. Ed é proprio in queste situazioni che il lavoro delle Micro Grids diventa di vitale importanza: mantenere l'alimentazione del sistema.

In particolare, con la progettazione adeguata di micro-generazione e capacità di accumulo, una Micro Grids puó essere gestita in modalit  isolata, mantenendo sia l'intero insieme di DER e i carichi collegati (quindi senza perdita di carico) o solo una parte dei carichi e dei generatori. Il caso di isolamento totale fornisce ovviamente un livello di affidabilit  estremamente elevato per tutti i clienti all'interno della Micro Grid, mentre l'isolamento parziale puó fornire un significativo miglioramento dell'affidabilit  per grossi carichi.

A differenza di altri benefici tecnici, ambientali e commerciali, come discusso in precedenza, che variano a causa di diverse strategie di funzionamento di diversi attori del mercato dell'energia, un miglioramento in termini di affidabilit  é ottenuto principalmente durante la fase di pianificazione delle Micro Grids. In particolare, si ottengono diversi benefici a seconda dei costi di disconnessione e del livello di affidabilit  della rete di base (senza micro-generazioni).

Per evidenziare l'effettivo impatto delle Micro Grids attive su scala europea é stata effettuata un'ampia raccolta dati, dati ricavati nell'ambito del progetto europeo "More MicroGrids". In particolare, sono stati identificati nelle reti urbane e rurali a bassa tensione e media tensione i livelli di prezzo, la struttura e profili di carico, le perdite di potenza, la struttura delle tariffe al dettaglio e altre importanti specifiche tecniche misurabili.

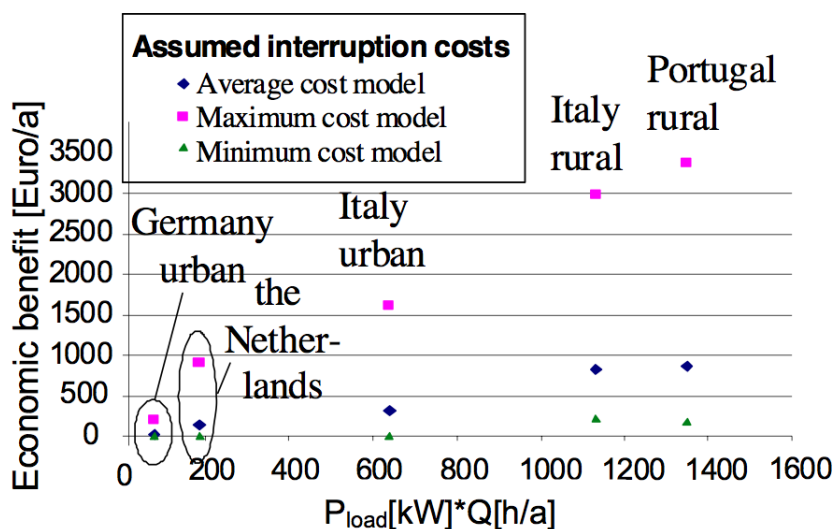


Figura 4.1: Benefici Economici a livello Europeo per Situazioni diverse [2]

I paesi come Italia e Portogallo, dove il livello di affidabilità é piú basso rispetto ad altri paesi, si possono ottenere maggiori miglioramenti in termini di affidabilità rispetto ai paesi come Germania e Olanda dove il livello é già alto, come si vede nella figure 4.1.

Per esempio in Portogallo l'indisponibilità di energia si riduce da piú di 10 h/a ad un valore inferiore a 1 h/a. In Germania e Olanda, che hanno alta affidabilità del sistema, i vantaggi sono piuttosto marginali.

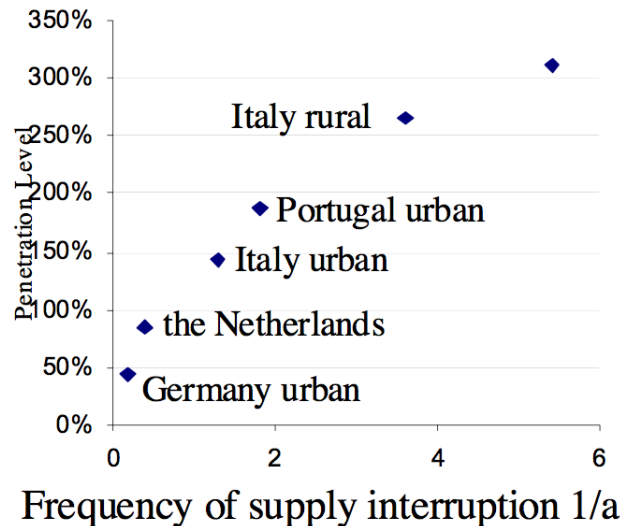


Figura 4.2: Diffusione della DG per minimizzare le frequenze di disconnessione [2]

La figura 4.2 confronta i massimi benefici economici che si possono ottenere con le Micro Grids in funzione dell'abbassamento dei costi di disconnessione per stati Europei diversi.

Con costi di disconnessione superiori, l'affidabilità del sistema può essere ulteriormente migliorata attraverso le Micro Grids. É quindi possibile concludere che i costi di disconnessione elevati giustificano elevati investimenti nelle micro-generazioni per una affidabilità sempre piú alta, in modo che l'uso delle Micro Grids sia piú vantaggioso in paesi con una qualità di potenza inferiore o in segmenti di clientela con costi relativamente elevati di interruzione. Mentre l'affidabilità della rete migliora con l'aumentare del livello di diffusione delle micro-generazioni, anche se i costi aumentano.

4.2 Ottimizzazione Combinata

Per raggiungere una serie piú equilibrata di vantaggi, durante la fase di pianificazione delle Micro Grids, é necessario effettuare una ottimizzazione combinata che

considera gli aspetti tecnici, ambientali e economici.

Questo può essere spiegato dal fatto che l'ottimizzazione da un solo punto di vista può compromettere gli obiettivi degli aspetti non presi in considerazione e molto probabilmente peggiorarli.

Esiste la possibilità che una mentalità economica finalizzata esclusivamente a massimizzare i profitti dalle micro-generazioni, una mentalità tecnica finalizzata unicamente a minimizzare la perdita di energia della rete e una mentalità ambientale finalizzata esclusivamente a minimizzare le emissioni di gas serra possano entrare in conflitto e creare la necessità di un'ottimizzazione combinata.

La Micro Grid lavora in modo tale da rendere equilibrata la gestione intorno alle tre diverse esigenze, combinando in modo ottimale le sue operazioni senza mai peggiorare le questioni di interesse.

Per agevolare i grafici, gli indici primari per le opzioni economiche, tecniche e ambientali sono rispettivamente definiti come benefici economici (il massimo profitto per ogni kWh di energia venduta), il tasso di perdita di energia della rete (kWh all'anno), e le emissioni di gas serra evitate (CO2 equivalente per kWh).

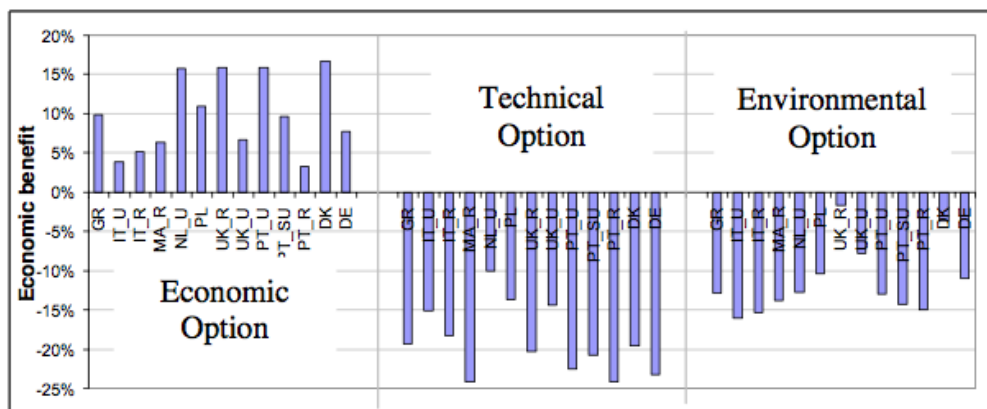


Figura 4.3: Benefici Economici in Ottimizzazione Combinata [3]

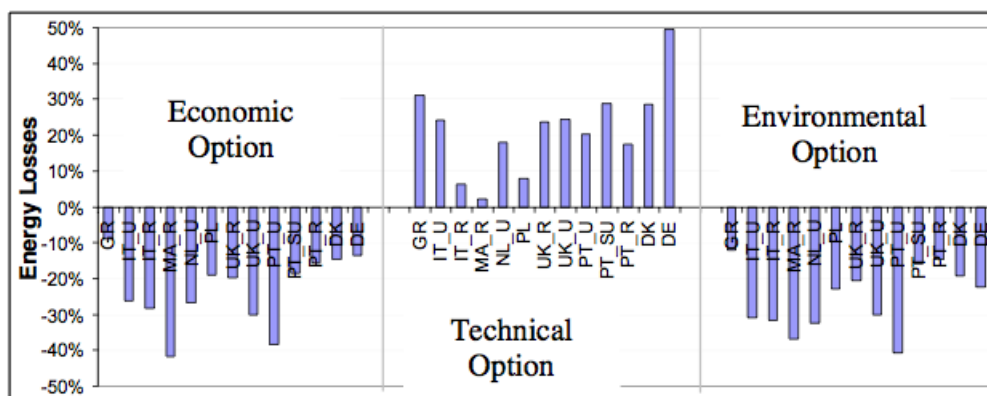


Figura 4.4: Benefici Tecnici in Ottimizzazione Combinata [3]

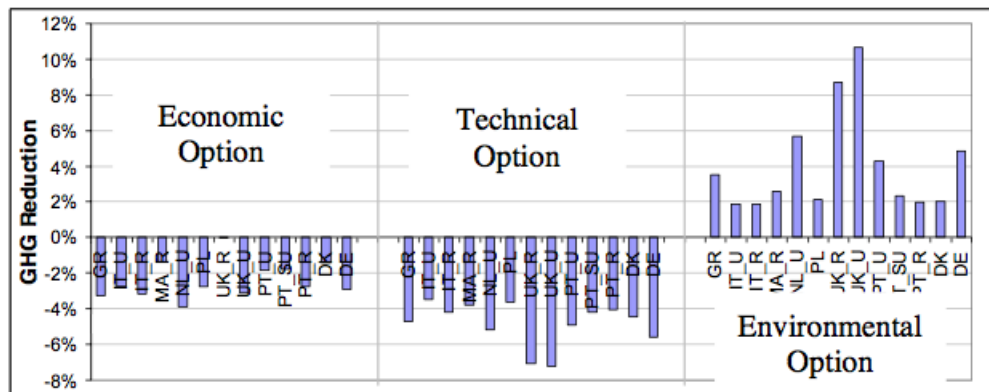


Figura 4.5: Benefici Ambientali in Ottimizzazione Combinata [3]

Le figure 4.3, 4.4, 4.5 rappresentano il confronto di ogni indice, misurato in diverse regioni e paesi europei, tra i valori reali e quelli ottenuti con l'applicazione dell'ottimizzazione combinata. Dai grafici si nota che l'ottimizzazione combinata può essere il modo ottimale per arrivare a migliorare le performance delle Micro Grids per gli obiettivi economici, tecnici e ambientali.

4.3 Studio su scala europea dei vantaggi delle Micro Grids

Durante uno studio su scala europea effettuato durante il progetto “More Micro-Grids” , l'ottimizzazione combinata è stata applicata a tutti i casi di studio per rivelare diversi aspetti dei vantaggi delle Micro Grids (cioè vantaggi quantificabili) rispetto alle situazioni senza Micro Grids.

Utilizzando gli stessi tre principali indici usati nel paragrafo precedente, benefici economici, tecnici e ambientali delle Micro Grids, nel contesto europeo si possono evidenziare i vantaggi in scenari futuri dove l'aumento della diffusione delle micro-generazioni porterà a situazioni di autoalimentazione.

La figura 4.6 mostra una sintesi del massimo vantaggio sul lato economico dei consumatori (riduzione del prezzo dell'elettricità nella vendita al dettaglio). Si possono verificare vantaggi nell'ordine di 35 ± 25 euro/MWh. Tuttavia, questo indice si basa sul presupposto che tutti i benefici economici si ottengano con il consumatore finale, mentre in realtà micro-generazioni, DSO, e i vari intermediari delle parti sono molto propensi a condividere questo vantaggio economico totale, con conseguenti minori vantaggi economici per ogni stakeholders.

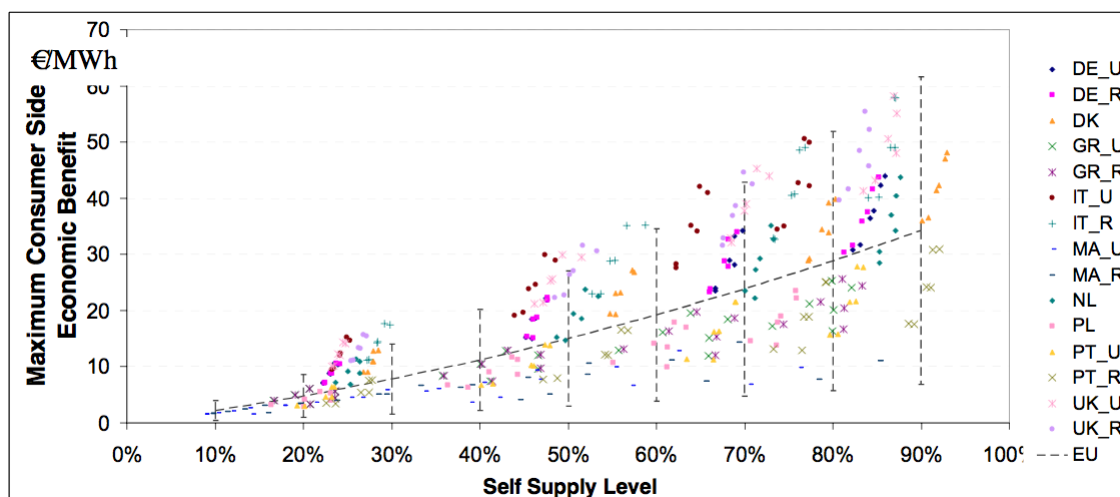


Figura 4.6: Benefici Economici [3]

La figura 4.7 indica la riduzione delle perdite di circa il $75\% \pm 15\%$ (rispetto alla rete stessa, senza applicazione Micro Grid). Tali potenzialità, tuttavia, possono essere pienamente esaminate solo se si effettua un ottimo dimensionamento delle micro-generazioni.

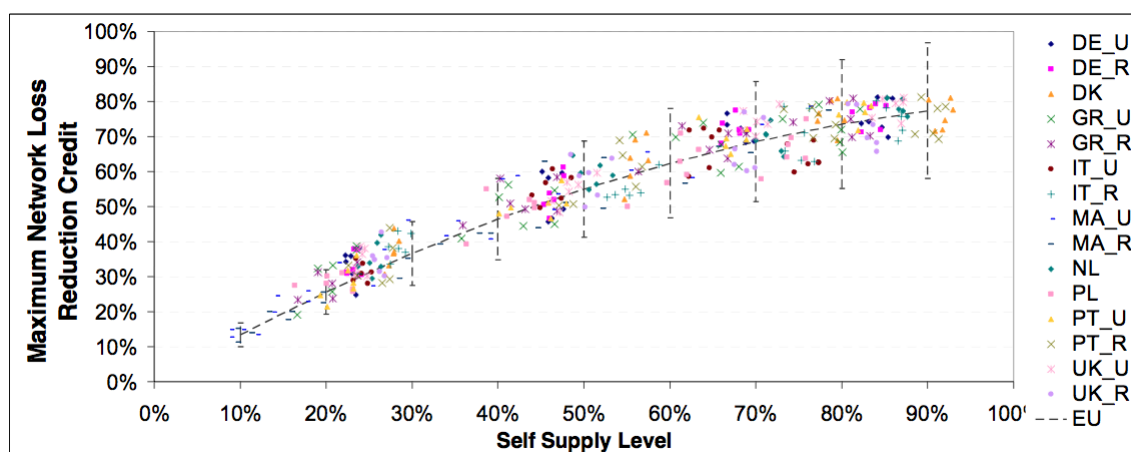


Figura 4.7: Benefici Tecnici [3]

In ambito ambientale i vantaggi sono dell'ordine del $55\% \pm 25\%$ di riduzione dei gas serra (rispetto al kWh per ogni livello nazionale di emissioni dei gas serra) (Figura 4.8). Tali prestazioni si basano sul presupposto che le Micro Grids siano costituite principalmente da fonti rinnovabili che presentano livelli di emissioni inferiori rispetto alle medie nazionali.

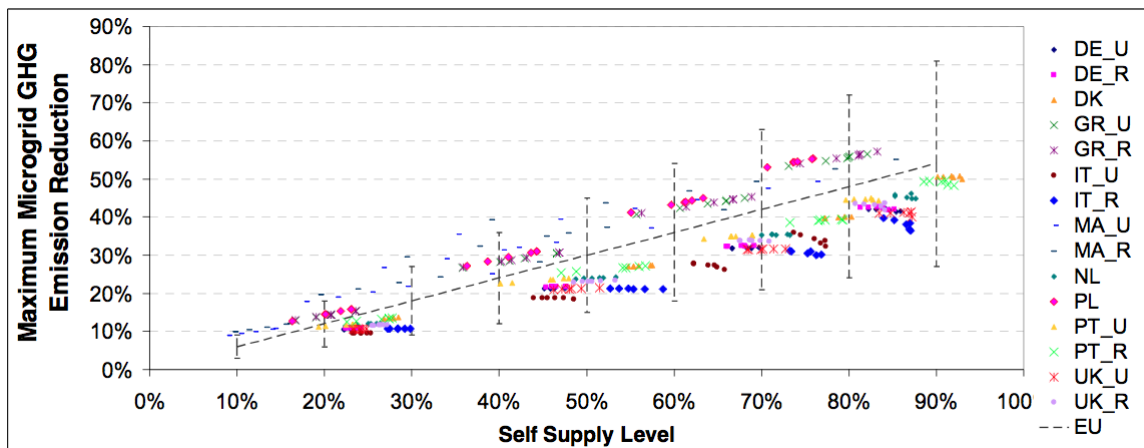


Figura 4.8: Benefici Ambientali [3]

4.4 Sintesi dei vantaggi

È possibile effettuare una sintesi dei più importanti benefici derivanti dall'uso di MG. Fino ad ora lo studio delle Micro Grids ha portato alle seguenti riflessioni.

- Le Micro Grids sono vantaggiose anche con le condizioni attuali del mercato europeo. Al fine di incrementare questi vantaggi, le opportunità di mercato locale per il trading di energia 'over-the-grid' tra micro-generazioni e consumatori finali deve essere facilitato.
- Le Micro Grids possono massimizzare l'efficienza totale del sistema, in quanto il loro funzionamento può essere ottimizzato in modo da servire gli interessi di operatori/proprietari di micro-generazioni, consumatori finali, e la rete locale a BT. In particolare, le Micro Grids possono essere ottimizzate per obiettivi diversi di fornitura in tempo reale, con la possibilità di raggiungere gli obiettivi economici, tecnici e ambientali allo stesso momento.
- Le Micro Grids possono essere utilizzate in situazioni diverse e in ambiti diversi, cosa che altre nuove concezioni emergenti non riescono a fare.
- Le Micro Grids possono accelerare la commercializzazione e l'integrazione delle unità di fonti rinnovabili come per esempio il fotovoltaico.

In termini di benefici economici, una Micro Grid può potenzialmente offrire i seguenti vantaggi:

- Riduzione dei costi/tariffe per i consumatori finali
- Incremento del fatturato per le micro-generazioni
- Riduzione delle spese per i DSO

In termini di vantaggi tecnici, una Micro Grid può assicurare le seguenti prestazioni:

- Riduzione delle perdite di energia
- Riduzione delle variazioni di tensione
- Riduzione dei picchi di potenza sui carichi
- Miglioramento dell'affidabilità

In termini di benefici ambientali e sociali, i vantaggi sono principalmente:

- Tendenza verso l'uso carburanti rinnovabili a basso contenuto di emissione utilizzati da micro-generazioni interne alla Micro Grid,
- Adozione di tecnologie energetiche piú efficienti come la cogenerazione
- Sensibilizzazione dei cittadini a promuovere e incentivare il risparmio energetico e quindi la riduzione delle emissioni
- Creazione di nuove ricerche e opportunità di lavoro
- Fornire un paradigma adatto per l'elettrificazione delle zone rurali o sottosviluppate.

Per sfruttare in pieno le potenzialità delle prestazioni delle Micro Grids negli aspetti elencati é necessario un ambiente di mercato acceso e regolamentato . Inoltre, una Micro Grid ha anche bisogno di una corretta pianificazione per massimizzare l'efficienza del sistema, ed é essenziale una corretta e trasparente allocazione sulla piattaforma d'interesse per il trasferimento di benefici economici, tecnici e ambientali di tutto il sistema ai stakeholders. Infine, l'ottimizzazione in tempo reale del funzionamento di una Micro Grid deve essere eseguita con una visione a "multi-obiettivo".

Capitolo 5

Modelli di Business

Fino ad ora abbiamo analizzato solo gli aspetti tecnici che riguardano le Micro Grids. In realtà le Micro Grids per raggiungere i benefici economici sopra elencati introducono nella rete numerose componenti commerciali. In particolare intorno alle Micro Grids esistono interessi di soggetti diversi come per esempio i DSO, fornitori di energia che posseggono generatori e unità di accumulo, o anche i “prosumer” (produttori e consumatori di energia a BT) con pannelli fotovoltaici sul tetto o altre sorgenti (micro-eolico, ecc).

Ovviamente durante la pianificazione tecnica delle MG bisogna considerare anche la funzione economica che esse svolgono, per esempio se dobbiamo raggiungere un certo stato nella rete considerando aspetti di mercato, le transazioni commerciali devono essere eseguite molto rapidamente.

Inoltre gli investimenti nelle Micro Grids possono essere effettuati da entità diverse come DSO, Fornitori di energia, consumatori finali, IPP (produttori di energia individuale) e altri.

La gestione economica delle Micro Grids può generare Modelli di Business diversi, in base alla proprietà delle micro-generazioni, che hanno lo scopo di:

- Applicare una strategia valida per raggiungere profitto
- Fornire un’organizzazione per valorizzare le risorse
- Individuare i rapporti di interazione tra fornitori e clienti (mercato)

I possibili modelli di Business sono tre:

- DSOs (Sistema Gerarchico DSO)
- Consumatori finali (Consorzio di Prosumer)
- IPP (Mercato Libero)

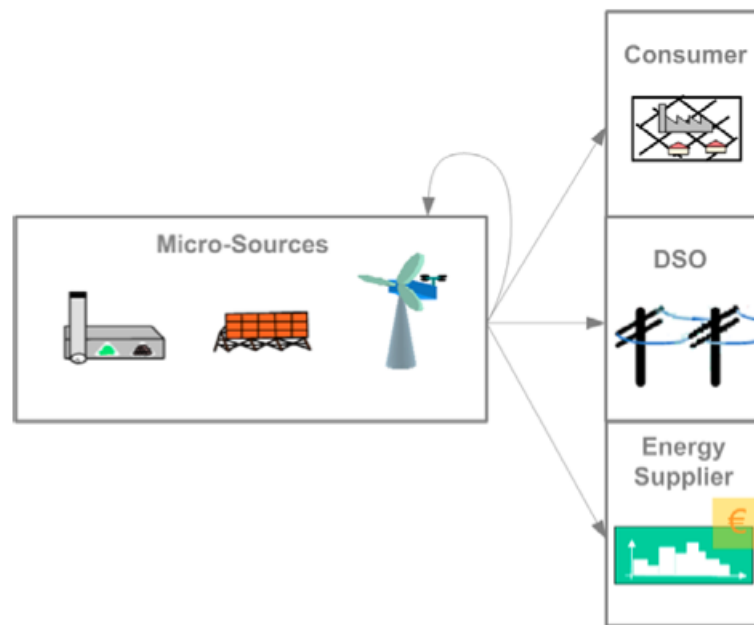


Figura 5.1: Diversi proprietari di micro-generazioni

Direttamente collegato con il modello di business da adottare é il modello di pianificazione.

I punti di partenza possono essere infatti estremamente diversi per Micro Grids diverse. Per esempio, una Micro Grid può essere concepita come una rete completamente nuova per una città già ben strutturata o una regione non elettrificata. Oppure, il concetto di Micro Grid potrebbe essere introdotto in una rete di distribuzione dove i carichi sono sempre crescenti e le infrastrutture sono “vecchie”.

Infine, il concetto di Micro Grid potrebbe essere applicato ad una rete a bassa tensione con massiccia diffusione di energia rinnovabile e seri problemi di qualità della fornitura. Successivamente verrà effettuata un’analisi dei tre modelli di business citati sopra.

5.1 Sistema Gerarchico DSO

La tipologia di Micro Grid basata sul Sistema Gerarchico DSO si può verificare in un ambiente dove la produzione di energia non é liberalizzata. I DSO non solo producono e distribuiscono l’energia nella rete ma anche posseggono le funzioni di vendita al consumatore finale. In questo contesto basato su singole entità, l’integrazione e le operazioni delle unità DER sono intraprese solamente dai DSO che pertanto sono gli unici enti che riescono a sfruttare i benefici portati dalle Micro Grids. In questo modo il DSO assume il ruolo di indiscusso operatore monopolistico come si vede

in figura 5.2. Tutti i flussi economici di ingresso e di uscita partono e escono dalla proprietà dei DSO.

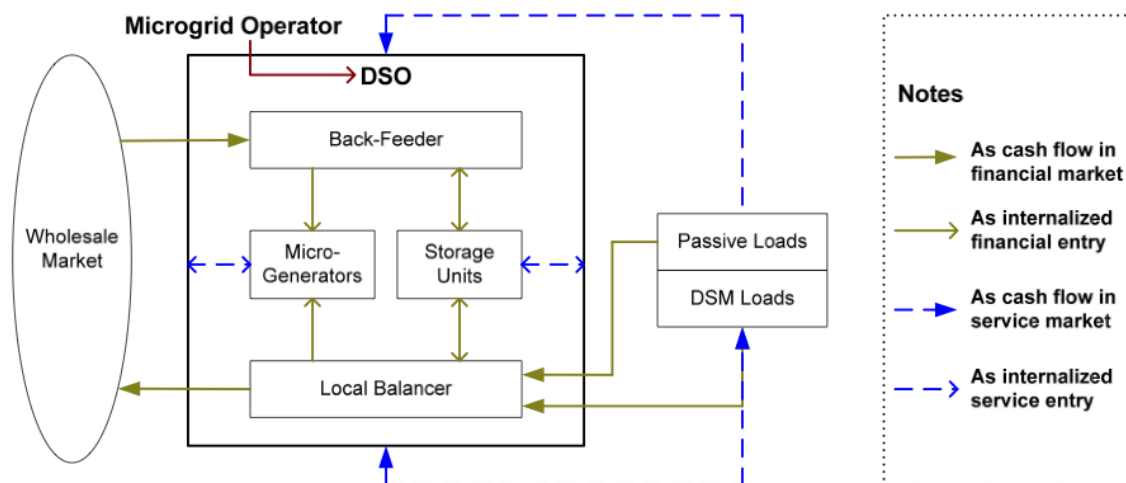


Figura 5.2: Sistema Gerarchico DSO [2]

In una Micro Grid progettata su un ambiente con Sistema Gerarchico DSO, le unità di generazione distribuita tenderanno ad essere più grandi e le unità di accumulo saranno posizionate in sottostazioni.

Con questo modello di Business, un grande distributore di energia assume il ruolo di intermediario sia fisico che finanziario tra la rete e il consumatore finale. Visto che il controllo delle risorse è sostanzialmente in mano ai DSO, non ci sarà spazio per il mercato locale di energia limitando così una grande potenzialità delle Micro Grids.

Il Sistema Gerarchico DSO si può verificare in una situazione in cui la rete di distribuzione è molto vecchia, o richiede molta manutenzione o ha problemi di qualità di fornitura; in questa situazione i DSO decidono di investire in unità di micro-generazione come alternativa alle soluzioni dei problemi della rete. La vendita dell'energia prodotta dalle micro-generazioni gioverà solo ai DSO tagliando fuori dal mercato i consumatori finali.

5.2 Consorzio di Prosumer

In situazioni dove la vendita al dettaglio dell'elettricità è molto alta o i finanziamenti alle micro-generazioni sono molto elevati (situazioni che spesso si verificano insieme) si può instaurare un modello di Business a "Consorzio di Prosumer". In questo caso i consumatori acquisteranno e opereranno con le unità di micro-generazione per

minimizzare le spese sull'energia elettrica e massimizzare la rivendita dell'energia esportata prodotta dalle micro-generazioni.

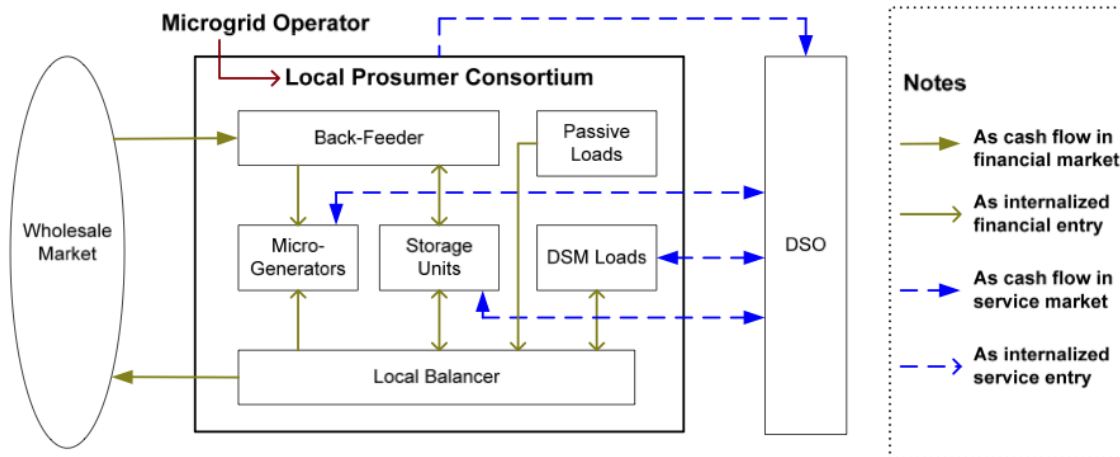


Figura 5.3: Consorzio di Prosumer [2]

In figura 5.3 é evidenziato come il Consorzio di Prosumer comunichi con i DSO solo per scopi economici dovuti ai servizi di mercato.

Questo tipo di Micro Grid può incontrare ostacoli posti dai DSO visto che il consorzio tende a minimizzare l'uso della rete principale e trascura i vincoli imposti dalla rete durante la progettazione delle Micro Grids. I DSO possono influenzare solo passivamente le operazioni del Consorzio di Prosumer con l'imposizione di obblighi e spese sui proprietari delle micro-generazioni, ma vengono tagliati fuori dal mercato locale. Nelle Micro Grids a Consorzio di Prosumer le unità di generazione distribuita tendono ad essere più piccole e gli accumulatori sono piccoli e distribuiti in tutta la rete.

5.3 Mercato Libero

Il modello a mercato libero può essere spinto da diverse motivazioni (economiche, tecniche, ambientali) e da stakeholders diversi (DSO, consumatori ecc.). Nel mercato libero tutte le operazioni dipenderanno dalla negoziazione in tempo reale di tutte le parti coinvolte nel mercato come si vede in figura 5.4.

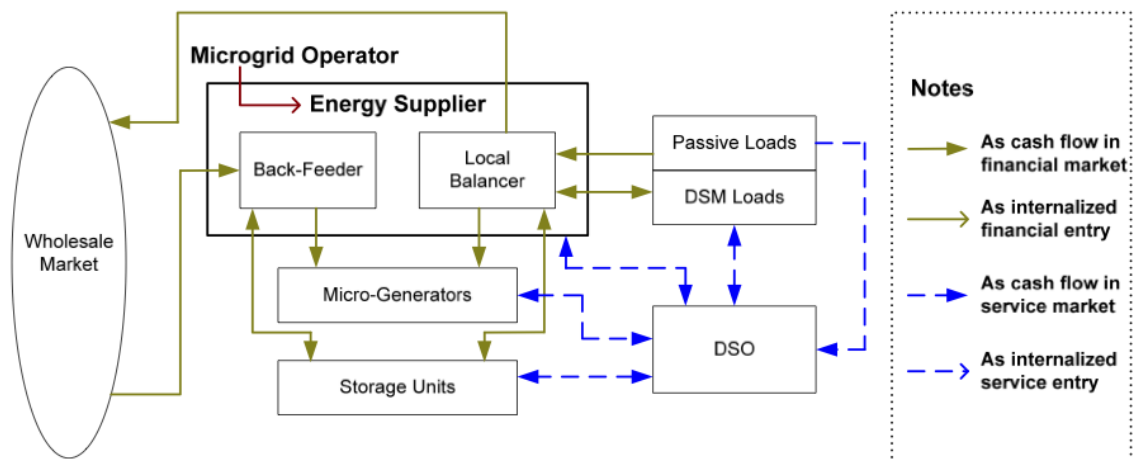


Figura 5.4: Mercato Libero [2]

In questo caso il controller centrale (MGCC) della Micro Grid opererà come un rivenditore di energia che è responsabile dell'equilibrio locale di importazione e esportazione, della manutenzione tecnica del rendimento, e del controllo del livello delle emissioni. Tutte le parti coinvolte gioveranno dei vantaggi delle Micro Grids. Nelle Micro Grids a Mercato Libero, le unità di generazione distribuita e di accumulo possono variare in forma, dimensione e allocazione.

Capitolo 6

Esempi di Applicazione

Dopo l'analisi tecnica ed economica delle Micro Grids é opportuno esaminare alcuni esempi di applicazione. Anche se un'applicazione estesa delle Micro Grids é ancora lontana esistono numerose realtà nella quale si é deciso di investire per migliorare la distribuzione dell'energia elettrica.

É importante ricordare che si tratta di applicazioni sperimentali dimostrative anche se rappresentano situazioni quasi ottimali e definitive a livello tecnologico.

Illustreremo tre applicazioni:

- Micro Grid applicata a livello industriale
- Micro Grid applicata in un ambiente isolato rurale
- Micro Grid applicata in una realtà cittadina

6.1 Micro Grid a livello industriale

Nella zona industriale di Rocaforte de Sangüesa, nella provincia di Navarra in Spagna, é stata installata una Micro Grid dal CENER (National Renewable Energy Centre).

Si tratta di una Micro Grid per applicazione industriale progettata per fornire energia elettrica a impianti specifici ma anche per dare luce alla zona pubblica industriale. La struttura dispone di generatori a gasolio, turbine eoliche e pannelli fotovoltaici.



Figura 6.1: RES nella Zona Industriale di Rocaforte de Sangüesa [16]

Tutti gli elementi in gioco (generatori, carichi, accumulatori, ecc) sono collegati allo stesso bus per uno scambio reciproco di energia. Questo bus é collegato alla rete elettrica principale permettendo l'interazione tra le due parti.

Gli obiettivi principali sono:

- In qualsiasi momento gestire la potenza generata per garantire ai carichi l'energia richiesta
- Favorire l'uso delle fonti rinnovabili disponibili piuttosto che della rete principale
- Protezione degli impianti da problemi derivanti dalla rete principale.
- Ridistribuire i surplus di potenza rendendo la Micro Grid un elemento attivo nella rete.

Questo progetto ha inoltre come scopo quello di sviluppare le tecnologie e la struttura della Micro Grid per renderla scalabile e quindi utilizzabile in altre situazioni. Esso include i seguenti aspetti:

- dimensionare e definire le strutture richieste
- progettare i sistemi ausiliari
- sviluppare il sistema di controllo
- sviluppare i protocolli di comunicazione

6.2 Hartley Bay: esempio di un sistema isolato

Hartley Bay é una comunità di 160 persone, isolate dalla rete principale, che si trova nella costa settentrionale della British Columbia, Canada. L'azienda Pulse Energy ha lavorato con la comunità su programmi di gestione dell'energia dal 2007 aiutando le persone di Hartley Bay a diminuire significativamente le loro spese sulla produzione di energia elettrica.

Il villaggio di Hartley Bay e l'azienda Pulse Energy hanno installato la prima Micro Grid (Smart) completa del nord america. Questa Micro Smart Grid é capace di rispondere in tempo reale alla domanda, di ridurre i picchi di tensione e corrente sui carichi e di evitare che sistemi di produzione diversi (motori a gasolio) operino allo stesso momento senza necessità. In futuro il sistema di produzione si baserà principalmente su un impianto idroelettrico diminuendo l'esigenza di motori a gasolio e migliorando così l'impatto ambientale.



Figura 6.2: Hartley Bay

Questo progetto ha portato una delle più avanzate tecnologie di gestione dell'energia a disposizione di una realtà isolata e remota. Bisogna considerare che lavorare su ambienti rurali é molto più costoso che lavorare su zone urbane, pertanto é necessaria la massima efficienza per minimizzare le perdite.

Hartley Bay rappresenta la prima applicazione di Micro Grid intelligenti per un ambiente completamente isolato. Attraverso i software forniti da Pulse la Micro Smart Grid riesce ad essere più efficiente sia nella gestione della domanda sia nell'invio di informazioni importanti per l'analisi della rete. Il sistema di informazione gestito dai Software Pulse ha portato ai seguenti vantaggi:

- Tutti gli abitanti di Hartley Bay possono controllare in tempo reale l'indice di redditività della rete, controllare le emissioni di gas serra e misurare le perdite.
- I gestori possono monitorare lo stato della rete, controllare le anomalie e avviare processi di ottimizzazione.
- I cittadini possono controllare il programma di gestione dell'energia della rete e vedere i consumi di energia della propria abitazione.

Con l'introduzione della gestione in tempo reale le prestazioni energetiche possono essere migliorate di giorno in giorno.

Dopo un paio di anni di sperimentazione, l'analisi sul progetto ha portato ad evidenziare tre grandi obiettivi raggiunti:

- Il sistema di gestione della domanda permette di gestire carichi lontani e temporanei in modo da diminuire i picchi di potenza fino al 15%. In tal modo si agevola il sistema di generazione, si risparmia carburante e si aumenta l'affidabilità.
- Il sistema di manutenzione risulta rapido ed efficace: il personale incaricato alla manutenzione riesce, attraverso il sistema di comunicazione della rete a localizzare il guasto e rispondere tempestivamente.
- I cittadini di Hartley Bay sono stati sensibilizzati alle problematiche di consumo di energia e ciò ha portato a significanti risparmi.

Questo progetto dimostra come sia possibile che attraverso l'applicazione di una Micro (Smart) Grid migliaia di comunità rurali possano utilizzare efficacemente l'energia rinnovabile, migliorare l'affidabilità del sistema e ridurre la loro dipendenza dai carburanti.

6.3 Micro Grids in città: Fort Bragg

La città di Fort Bragg in North Carolina ha creato una delle più grandi Micro Grids del mondo integrando diverse unità di generazione distribuita che ora lavorano nella stessa infrastruttura. Fort Bragg si estende su 100 chilometri quadrati e possiede una propria rete di distribuzione elettrica, una rete che nonostante le sue dimensioni riesce a integrare perfettamente tutte le sorgenti di energia con i sistemi di distribuzione, informazione e comunicazione. Attraverso un centro di controllo tutti i generatori sono monitorati e gestiti per essere sempre pronti all'erogazione in base alla domanda. I generatori integrati nella Micro Grid sono generatori di emergenza che precedentemente venivano utilizzati per fare fronte a situazioni di interruzione dalla rete principale: 15 generatori a gasolio, una pila al combustibile da 5 kW e una turbina a gas da 5 MW.

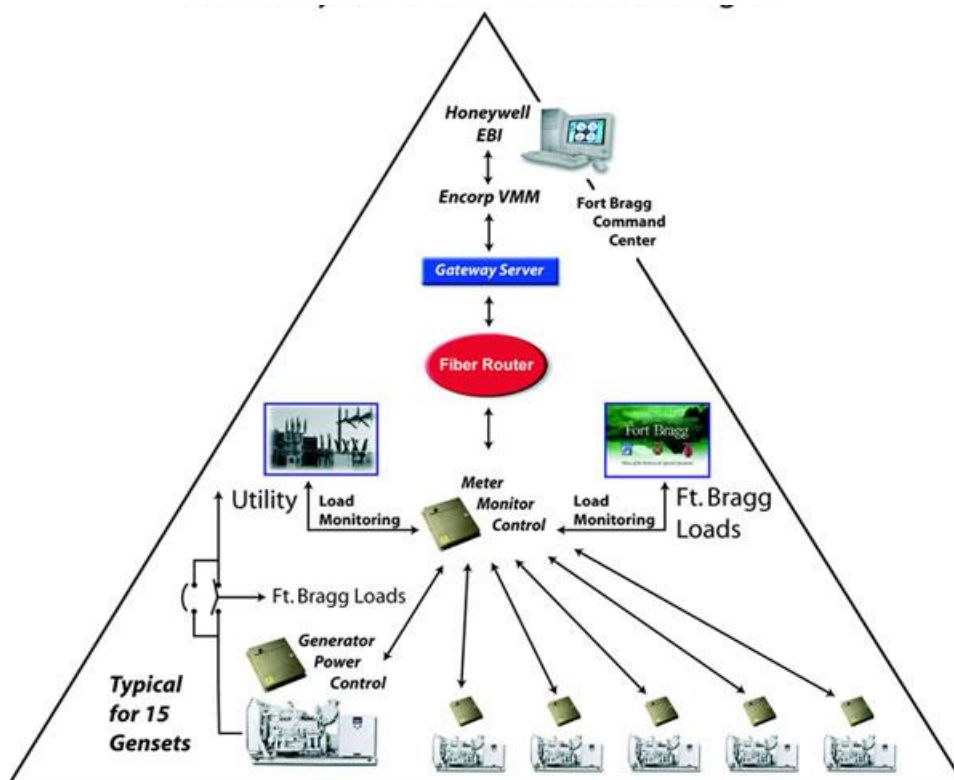


Figura 6.3: Il sistema di gestione e comunicazione di Fort Bragg [13]

Tutti i generatori sono collegati a un sistema di controllo centrale attraverso una rete in fibra ottica. Tutte le operazioni di manutenzione e le altre operazioni vengono automatizzate da un sistema che gestisce tutte le informazioni interne, come i flussi di energia, ma anche informazioni esterne, come i prezzi di mercato. Oltre a ridurre i picchi di domanda di consumo, Fort Bragg utilizza un sistema tariffario dove ogni giorno alle 4 p.m. vengono esposti i prezzi dell'elettricità per le 24 ore successive. In questo modo quando i prezzi di mercato sono troppo alti si decide di usare la generazione distribuita per ridurre i costi.

L'affidabilità del sistema energetico è migliorata in quanto i generatori di emergenza sono pienamente integrati alla rete principale e possono lavorare in parallelo quando c'è la necessità. Quando il servizio principale cade inaspettatamente, i generatori distribuiti vengono attivati dal centro di controllo per far fronte alla mancanza di energia.

Capitolo 7

Il futuro delle Micro Grids

In questo capitolo viene illustrato il ruolo delle Micro Grids nell'evoluzione dell'energia e piú in generale l'impatto nei sistemi di distribuzione.

Prima di tutto bisogna discutere sull'integrazione delle Micro Grids nella rete "tradizionale" nel futuro prossimo, evidenziando la caratteristica chiave di controllo delle Micro Grids che rendono il sistema flessibile.

É poi importante considerare il ruolo che gioca l'EU in ambito di ricerca e investimenti nelle Micro Grids.

Infine si analizzerà la possibile RoadMap (Tabella di Marcia) dell'evoluzione delle Micro Grids esaminando gli aspetti e i fattori abilitanti che giocano in questo ambito.

7.1 Evoluzione della rete

Esistono svariate e intrecciate questioni che possono determinare l'evoluzione delle Micro Grids. In particolare vanno evidenziati i grandi vantaggi che portano ad evolvere il sistema di fornitura odierno (Figura 7.1) che non permette flussi di energia opposti al flusso unidirezionale da generazione a utenza.

La possibile interazione delle Micro Grids con il sistema di alimentazione é rappresentata in figura 7.2.

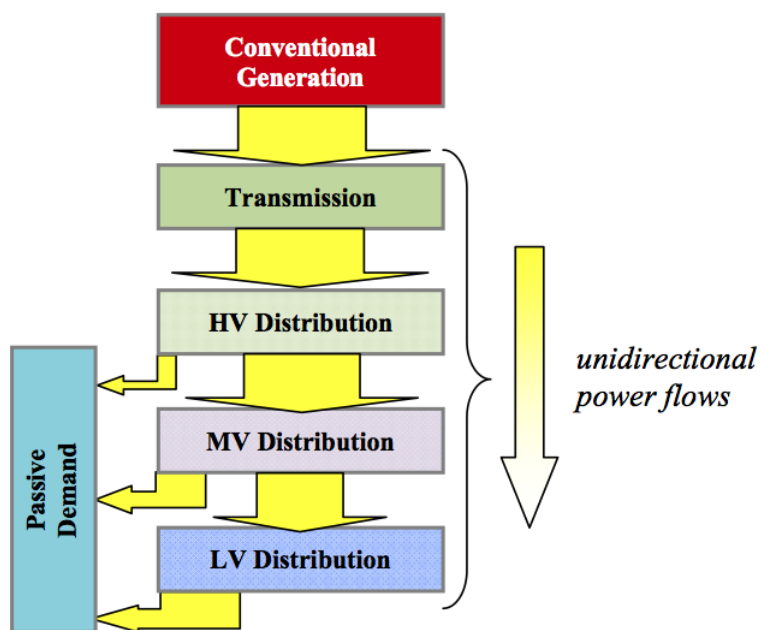


Figura 7.1: Sistema Tradizionale di distribuzione [2]

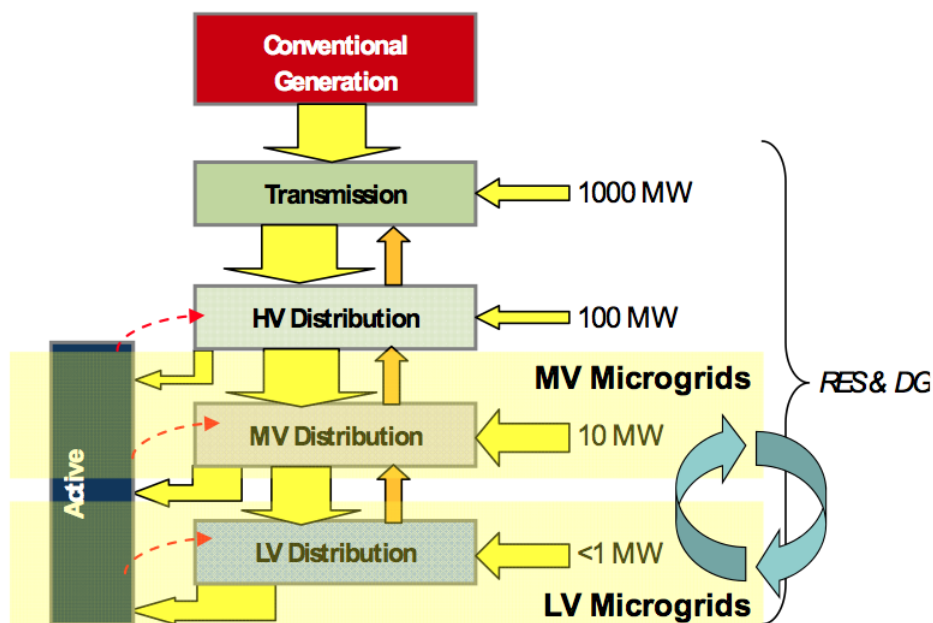


Figura 7.2: Sistema di distribuzione con MG [2]

Dal confronto tra le figure 7.1 e 7.2 si può notare una configurazione del flusso di energia completamente diverso. In particolare è evidenziato un aumento notevole del flusso di energia generato a livello MT e BT con l'integrazione delle Micro Grids, mentre la Generazione Distribuita lavora ai livelli di trasmissione e sottostanti. A

differenza del sistema tradizionale unidirezionale, possono essere presenti flussi in direzione apposta (prodotti dalle DG) al flusso principale. In questo modo si crea la possibilità di uno scambio di energia reciproco tra i vari livelli di distribuzione agevolando il mercato dell'energia. In sostanza il sistema globale diventa più flessibile alle esigenze dei vari livelli.

Purtroppo un sistema con flussi bidirezionali presenta non pochi problemi. Si rende necessario un grande lavoro sui sistemi di protezione e un grande sviluppo in tecnologie adatte a questa nuova situazione.

7.2 Sviluppo: Barriere e Ostacoli

Fino ad ora, le barriere dei costi, la politica gestionale, e la tecnologia hanno in gran parte trattenuto le Micro Grid all'interno dei laboratori producendo poco appeal commerciale e basso interesse sociale. Tuttavia, queste tre barriere sono destinate a crollare in futuro e questo sta a significare che molto probabilmente col passare del tempo le Micro Grids diventeranno strumenti chiave e verranno adottate in tutto il mondo.

In primo luogo, nel più immediato futuro il fattore di costo dovrebbe dimostrare di essere la forza motrice più efficace per le Micro Grids. Questo include non solo la riduzione dei costi delle micro-generazioni e delle Micro Grids, ma anche le variazioni relative ai costi esterni occasionali per cause economiche (fluttuazioni del mercato), tecniche (invecchiamento della rete) e ambientali (emissioni). Ovviamente, la redditività è il requisito base per portare le Micro Grids dal laboratorio alla realtà, perché è normale che in una situazione come questa (crisi economica globale) l'aspetto economico abbia il sopravvento su altri aspetti.

Una volta che la diminuzione dei costi porterà ad una notevole diffusione delle micro-generazioni nelle reti a bassa tensione, i rivenditori al dettaglio dell'elettricità inizieranno a visualizzare i piccoli produttori di energia come nuovi concorrenti sul mercato. A differenza dell'approccio VPP, gli stakeHolders delle Micro Grids identificano una nuova caratteristica sul aggregazione dell'unità di micro-generazione: le unità di micro-generazione sono potenzialmente in grado di vendere direttamente al consumatore finale attraverso la rete aprendo lo scenario di un mercato autonomo tra utenti.

Per rendere questo reale c'è la necessità di cambiare drasticamente le impostazioni della politica di gestione e della regolamentazione in modo tale da consentire l'apertura di un mercato locale nelle Micro Grids.

7.3 Roadmap

Nel progetto EU “More Micro Grids” é stata presentata una tabella di marcia (Road-Map) che presenta i possibili scenari futuri da oggi al 2040.

Secondo questo progetto l’evoluzione della distribuzione dell’energia elettrica con l’integrazione totale delle Micro Grids avverrà in 3 fasi.

• Fase 0: situazione odierna, stato di partenza

Le unità di micro-generazione sono in piccolo numero nella rete.

La maggior parte dei consumatori non é interessata ai sistemi di micro-generazione. I DSO adottano una filosofia sull’uso delle micro-generazioni molto superficiale.

Le Micro Grids sono ancora a livello di laboratorio.

Fattori Abilitanti per la fase Successiva: **Costi**

- Riduzione dei costi per le fonti rinnovabili
- Fluttuazione dei prezzi dell’elettricità
- Invecchiamento delle infrastrutture
- Penalizzazione delle emissioni di gas nel settore energetico

• Fase 1: Boom delle micro-generazioni (oggi- 2020)

Aumento della distribuzione di micro-generazione per motivi di sicurezza e di emissioni.

I consumatori incominciano a riconoscere le micro-generazioni come una alternativa valida.

I DSO devono affrontare i benefici e i problemi delle micro-generazioni.

Le Micro Grids si comportano in modo simile a un CVPP.

Fattori Abilitanti per la fase Successiva: **Politica Gestionale**

- Liberalizzazione del Mercato al dettaglio
- Accettazione del valore delle micro-generazioni
- Aumento della domanda
- Innovazioni nell’ambito delle micro-generazioni

• **Fase 2: Creazione di Mercati Locali (2020 - 2030)**

La diffusione delle micro-generazioni continua ad aumentare.

I consumatori hanno la possibilità di comprare direttamente dalle micro-generazioni vicine.

I DSO cooperano con le micro-generazioni per migliorare il servizio di rete.

Le Micro Grids hanno ora sia funzionalità di alimentazione e di controllo della domanda.

Fattori Abilitanti per la fase Successiva: **Tecnologia**

- Contatori intelligenti installati in tutta l'utenza
- Diminuzione dei costi di accumulo
- Aumento delle automobili a energia elettrica
- Riduzione dei costi di comunicazione e di controllo

• **Fase 3: Controllo intelligente (2030-2040)**

Le unità di micro-generazione sono in grado di coprire l'intero fabbisogno energetico attraverso le Micro Grids.

I consumatori diventano partecipanti attivi alla catena di fornitura.

I DSO commerciano con le micro-generazioni e i consumatori nel mercato dei servizi.

Le Micro Grids operano per raggiungere uno stato ottimale del sistema.

Capitolo 8

Conclusioni

Il continuo aumento della diffusione di sistemi di micro-generazione autonomi e di generazione distribuita porterà senza alcun dubbio ad una vasta rivisitazione dei sistemi di distribuzione e di controllo dell'energia elettrica. La profonda penetrazione dei sistemi con fonti di energie rinnovabili ha generato molto interesse nello sviluppo di nuove tecnologie che permettano una maggior efficienza e affidabilità del servizio. L'avvento delle Smart Grid ha portato a un visione completamente diversa della rete sciogliendola dai concetti tradizionali e portandola a un livello superiore. La visione della rete come un sistema a più nodi interagenti richiede tecnologie in grado di gestire flussi di potenza diversi simultaneamente secondo opportune tecniche di ottimizzazione.

Le Micro Grids sono una tecnologia adatta e molto praticabile per le esigenze espresse e permettono di:

- Affrontare i problemi tecnici riducendo le perdite di energia, le variazioni di tensione, gli stress sui carichi e migliorando l'affidabilità del sistema.
- Diminuire costi per i consumatori finali, incrementare il fatturato delle micro-generazioni e aprire nuovi mercati dell'energia.
- Sensibilizzare i cittadini al risparmio energetico e all'uso di energie rinnovabili non inquinanti.
- Fornire energia elettrica a zone sottosviluppate.

Alla luce di questi vantaggi le Micro Grids rappresentano senza dubbio la strada da percorrere per il futuro in ambito di distribuzione dell'energia Mondiale.

Bibliografia

- [1] Christine Schwaegerl (2009), *Evaluation of the system performance on power system operation*
- [2] Goran Strbac (2009), *Microgrid evolution roadmap in EU*
- [3] Christine Schwaegerl (2009), *European Roadmap for Microgrids*
- [4] Xiaohong Guan (2010), *Energy Efficient Buildings Facilitated by Micro Grid*
- [5] Hassan Farhangi (2010), *The Path of the Smart Grid*
- [6] John Skinner (2010), *IEEE Emerging Technologies Forum Enabling Electronics for Smart Grid Technologies and Beyond*
- [7] Ali Ipakchi and Farrokh Albuyeh (2009), *Grid of the Future*
- [8] Vincenzo Giordano, Flavia Gangale, Gianluca Fulli (2011), *Smart Grid projects in Europe: lessons learned and current developments*
- [9] Lee. P.K. Ringo (2009), *Smart Metering in Micro-Grid Applications*
- [10] Chunhua Liu (2010), *A New DC Micro-grid System Using Renewable Energy and Electric Vehicles for Smart Energy Delivery*
- [11] <http://technorati.com/technology/article/smart-grid-technology-major-topic-at/>
- [12] Livio Gallo (2006), *Smart Grids Reti elettriche intelligenti; Convegno: Energia per l'Europa*
- [13] <http://www.power-eng.com/articles/print/volume-107/issue-5/dg-update/a-microgrid-worth-bragging-about.html>
- [14] <http://www.pulseenergy.com/case-studies/hartley-bay-and-pulse-micro-smart-grid/>
- [15] <http://www.cener.com/en/renewable-energy-grid-integration/microgrid.asp>
- [16] Monica Aguado (2012), *Microgrid – A building block for smart grids*