

Collaborazione ENEA – DIEET (Università di Palermo)

Tema : “Infrastrutture: accumulo dell’energia elettrica”

Progetto 1.2.2: “Sistemi avanzati di accumulo”

**Analisi e definizione di strategie di gestione e controllo
di sistemi di accumulo elettrico per applicazioni
in reti di distribuzione attive automatizzate**

Responsabile scientifico per il DIEET
Mariano G. IPPOLITO

- Svolta in collaborazione con il personale tecnico **ENEA** (del **Centro Ricerche di Casaccia e di Portici**);
- Coordinata, per alcuni aspetti, con l'attività svolta dal gruppo di ricerca dell'**Università di Pisa**;
- Articolata in **2 FASI**:

1. Inquadramento dei diversi tipi di accumulo di energia elettrica, del loro **ruolo** e delle **problematiche di integrazione** nei sistemi elettrici di potenza;

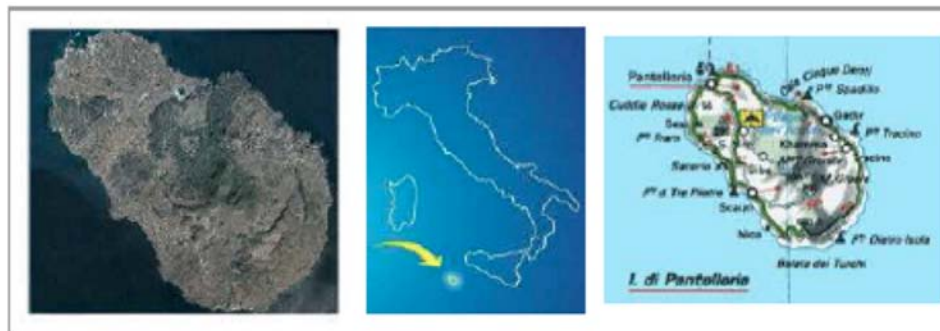
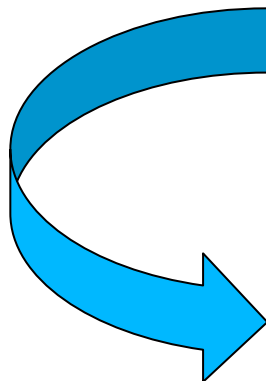
2. Applicazioni di carattere progettuale su un sistema elettrico isolato (Isola di Pantelleria) e su una rete interconnessa (Campus universitario di Palermo).

- Analisi puntuale su metodologie, sistemi d'interfaccia e tecniche di controllo dei sistemi di accumulo, in una **visione integrata con le “esigenze di sistema”**

- Particolare enfasi al RUOLO POTENZIALE DEI SISTEMI DI ACCUMULO per:
 - ✓ favorire **l'integrazione** di generazione di energia da **fonti rinnovabili** contribuendo a risolvere alcune criticità nei servizi di regolazione;
 - ✓ contribuire ad **elevare i livelli di qualità** del servizio elettrico;
 - ✓ partecipare ad una **gestione ottimale**, in termini tecnico-economici, di tutte le risorse di rete: fonti energetiche, unità di accumulo e carichi (implementando idonei programmi di *demand-response*).

In collegamento con una precedente attività: **“Studio di fattibilità e progettazione preliminare di dimostratori per la transizione verso reti attive”**

SCENARIO



Copertura di circa il **50% del fabbisogno energetico** dell'isola, secondo l'ipotesi di mix energetico riportato in tabella.

FONTE	POTENZA ELETTRICA [MW]	PRODUZIONE ENERGETICA [MWh/anno]	
		per fonte	TOTALE
Fotovoltaica	0,33	510	
Eolica	0	0	
Geotermica	2,5	20.000	23.175
RSU	0,365	1.600	
Solare termica	0,53	1.065	

La rete MT
(10,5 kV)
dell'isola

- Per tale rete sono state identificate, implementate e comparate alcune **strategie di installazione e gestione di sistemi di accumulo distribuito** su alcuni nodi;
- Al fine di valutare la **valenza multi-obiettivo** di tale provvedimento al variare della posizione, della taglia e della struttura della rete, sono stati assunti e confrontati i seguenti obiettivi: **perdite nella rete, costo complessivo di produzione, emissioni di CO₂, scostamento della potenza generata dai gruppi tradizionali dai valori di set-point**;
- E' stata inoltre indagata la **variabilità del profilo delle tensioni per le diverse strategie di gestione ipotizzate** e in confronto con uno scenario di riferimento caratterizzato dall'assenza di accumulo.

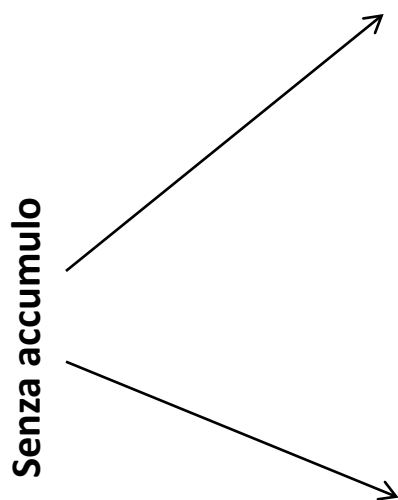
Il problema è affrontato utilizzando un **approccio evolutivo multi-obiettivo, basato su un algoritmo NSGA II**, che conduce ad insiemi di soluzioni ottimali (*Pareto optimal set o Pareto front*) tra le quali è possibile scegliere di volta in volta quella ritenuta più idonea.

STRATEGIE implementate e comparate

1 - **caso ST fotov**, con batterie nei nodi 4, 32, 135 e 144, ovvero in posizione prossima agli impianti fotovoltaici di maggiore taglia;

2 - **caso ST tens**, con batterie nei nodi 3, 24, 131 e 199, ovvero nei nodi di maggiore importanza ai fini della regolazione del profilo delle tensioni;

3 - **caso ST load**, con batterie nei nodi 2, 9, 95 e 144, ovvero nei nodi di carico di maggiore potenza.

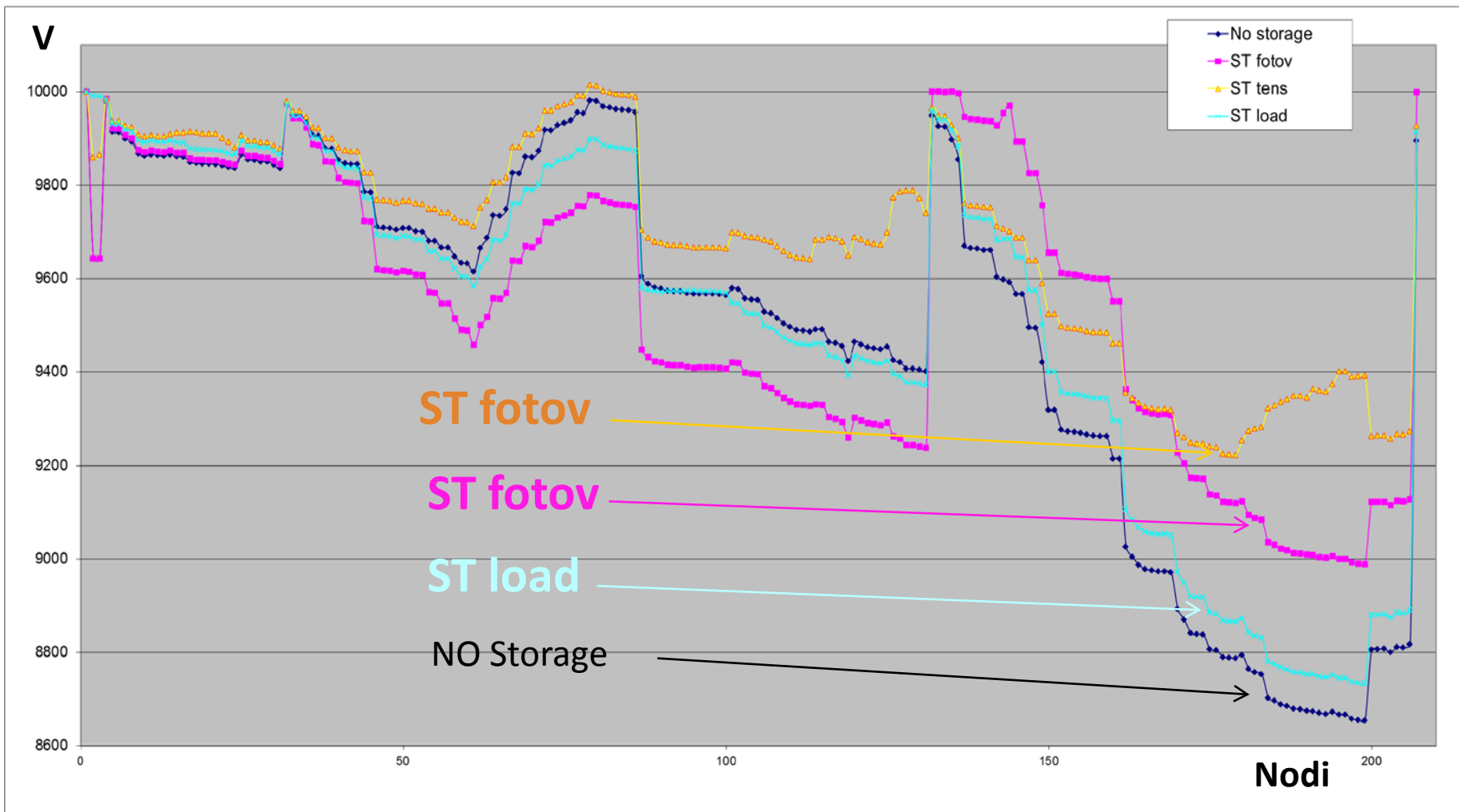


soluzioni Pareto

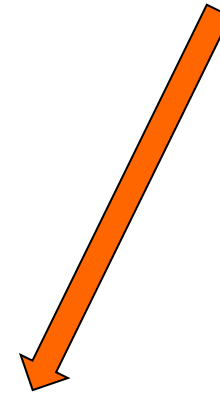
soluzioni Pareto

Qualche risultato: il profilo delle tensioni nodali

Nella condizione di massimo carico:



INSTALLAZIONE
ACCUMULO ELETTRICO
(litio ioni, sodio-zolfo, sali di vanadio)



Linea in cavo a 20 kV

I sistemi sono stati progettati per le seguenti condizioni operative:

Load-levelling, Peak-shaving e Load-shifting,

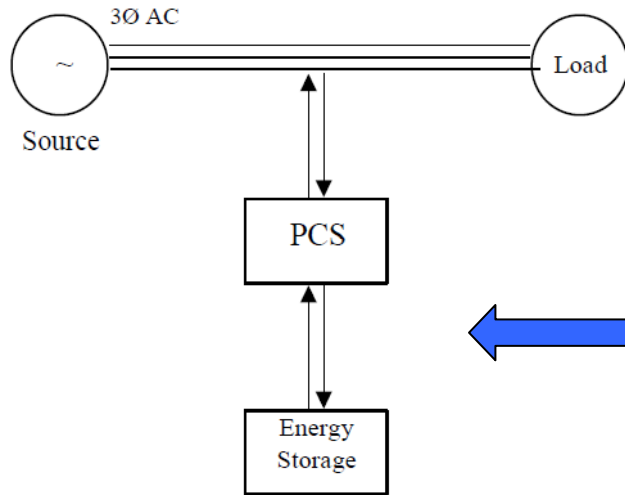
con benefici sia per l'ente distributore che per l'utente (DIEET).

Beneficio valutato per il DIEET:

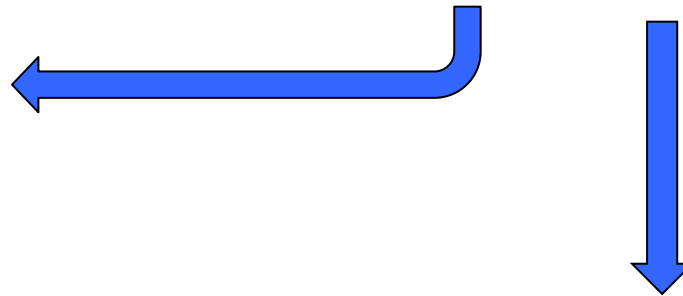
“Sfasamento” temporale degli assorbimenti di energia elettrica, traendo vantaggio dalla differenza fra i prezzi unitari dei consumi applicati nelle diverse fasce orarie (*energy cost management*).

Benefici valutati per l'ente distributore (ENEL):

- differimento delle opere di potenziamento della linea che alimenta il DIEET;
- riduzione delle perdite di energia per effetto Joule nei cavi e nei trasformatori;
- livellamento del profilo di tensione;
- aumento della durata di vita dei cavi.



Definizione delle principali specifiche del sistema di accumulo e della sua interfaccia verso la rete



	<i>Load shifting - 2 h</i> 1 years deferral	<i>Load shifting - 4 h</i> 1 years deferral			<i>Load shifting 8 h</i> 1 years deferral	<i>Peak shaving</i> 1 years deferral
	Li-ion battery	Li-ion battery	Vanadium battery	NaS battery	NaS Battery	NaS Battery
Cn [kWh]	170	340	360	380	720	160
Pn [kVA]	85	85	90	95	90	33

L'analisi comparativa è stata condotta facendo riferimento al flusso di cassa costi/benefici per data tipologia di accumulo, utilizzando i seguenti indicatori:

- **tempo di ritorno degli investimenti (PBP);**
- **valore attuale netto (VAN);**
- **tasso interno di rendimento (TIR).**

Valore economico dei consumi DIEET	Indicatori	<i>Load shifting</i> 2 h	<i>Load shifting</i> 4 h			<i>Load shifting</i> 8 h	<i>Peak shaving</i>
		Li-ion battery	Li-ion battery	Vanadium battery	NaS battery	NaS battery	NaS battery
PUN	PBP _s	23	26	24	16	23	33
	VAN	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo
	TIR	-	-	-	-	-	-
Tariffe ENEL	PBP _s	43	43	56	32	29	41
	VAN	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo
	TIR	-	-	-	-	-	-

- ◆ Con gli attuali costi delle tecnologie di accumulo prese in esame e nelle condizioni operative ipotizzate, **i tempi di ritorno dell'investimento** sono **lunghi** e abbastanza **variabili** da caso a caso;
- ◆ In tutte le condizioni, le **perdite** in linea complessivamente **si riducono**, ma tale riduzione non comporta benefici economici significativi;
- ◆ Il controllo delle batterie per azioni di **peak-shaving** da luogo alla condizione di **minore convenienza** economica;
- ◆ Ciò è dovuto al fatto che il **beneficio maggiore** è quello derivante dal TMO **energy cost management**, che viene massimizzato quando l'accumulo è controllato per azioni di **load-shifting**;
- ◆ Anche in relazione ai benefici derivanti dall'**aumento della durata di vita dei cavi**, le azioni di **load-shifting** producono i maggiori vantaggi;
- ◆ Le **batterie Li-ion**, grazie al loro più elevato rendimento, assorbono correnti minori dalla rete durante le fasi di carica determinando un minore riscaldamento dei cavi e, quindi, un **maggiore incremento della durata di vita** degli stessi rispetto alle altre batterie.

M. Conte, G. Graditi, M.G. Ippolito, E. Riva Sanseverino, E. Telaretti, G. Zizzo:
Analisi e definizione di strategie di gestione e controllo di sistemi di accumulo elettrico per applicazioni in reti di distribuzione attive automatizzate.
Report 1 – Analisi dello stato dell’arte. RdS 2011. www.enea.it

M. Conte, L. Di Silvestre, G. Graditi, M.G. Ippolito, E. Riva Sanseverino, E. Telaretti, G. Zizzo:
Analisi e definizione di strategie di gestione e controllo di sistemi di accumulo elettrico per applicazioni in reti di distribuzione attive automatizzate.
Report 2 – Applicazioni in reti isolate e interconnesse. RdS 2011. www.enea.it

L. Dusonchet, M.G. Ippolito, E. Telaretti, G. Graditi: ***Economic Impact of Medium-Scale Battery Storage Systems in Presence of Flexible Electricity Tariffs for End-User Applications.*** 2011 ICMEM International Conference on Management, Manufacturing and Materials Engineering 11-13 November 2011, Zhengzhou, China

Altre pubblicazioni nei prossimi mesi