

LE RINNOVABILI OLTRE GLI INCENTIVI

***Integrazione dei sistemi di accumulo su
impianti FV: Valutazione tecnico-economica***

Francesco Groppi
Responsabile GDL2 del CT82 CEI
Convenor WG2 del TC82 CENELEC

Argomenti trattati:

- **Panorama normativo attuale**
- **Valutazioni energetiche**
- **Valutazioni economiche**
- **Considerazioni finali**

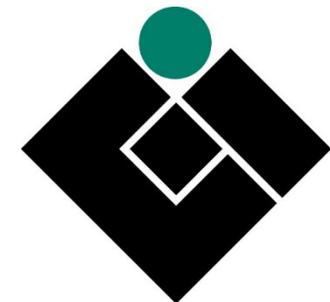




Autorità per l'energia elettrica il gas
e il sistema idrico



Panorama normativo attuale



COMITATO
ELETTROTECNICO
ITALIANO



Delibere 574/14/R/eel e 642/14/R/eel

- Recentemente è stato emesso il Testo Integrato delle 2 delibere
- IL TICA (Delibera 88/07) è stato aggiornato con nuove definizioni
- I sistemi di accumulo sono censiti da TERNA (GAUDÍ) con nuova registrazione o aggiornamento dell'anagrafica
- I sistemi di accumulo devono fornire servizi di rete
- Connessioni MT → La norma CEI 0-16 definisce le certificazioni richieste (Allegato N bis)
 - Per richieste di connessione prima del 1 settembre 2015 è sufficiente una Dichiarazione sostitutiva del costruttore (conformità alla norma)
- Connessioni BT → Le certificazioni CEI 0-21 sono allo studio
 - Nel frattempo è sufficiente una Dichiarazione sostitutiva del costruttore (conformità alla norma)

GSE – Comunicazione del 23/12/2014

- In attuazione della Delibera 574/2014/R/eel sostituisce la precedente Comunicazione del 20/9/2014
- Dal 1° gennaio 2015 è possibile installare sistemi di accumulo su impianti incentivati e/o che beneficiano dei prezzi minimi garantiti
 - Eccetto gli impianti FV fino a 20 kW in scambio sul posto incentivati con i DM 28 luglio 2005 e 6 febbraio 2006 (1° Conto energia)
- Nel caso di sistema di accumulo lato produzione:
 - Misuratore di energia prodotta Monodirezionale → Bidirezionale
- Nel caso di sistema di accumulo post produzione:
 - Contatore Bidirezionale sul sistema di accumulo solo se:
 - Tariffa omnicomprensiva oppure
 - Prezzi minimi garantiti
 - Contatore di produzione (se assente)

Norma CEI 0-21

Le principali modifiche riguardano:

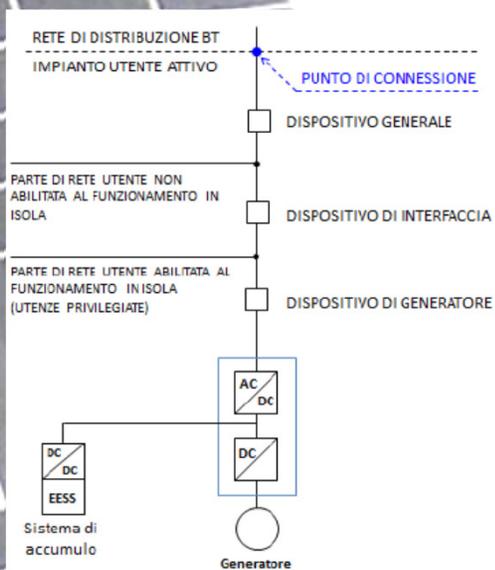
- Gli schemi di connessione
- Le curve di capability e di regolazione della potenza attiva
- Il numero e la posizione dei contatori di energia



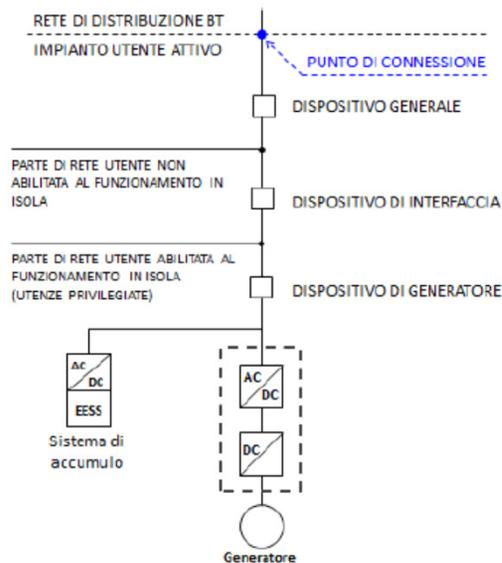
Studio Tecnico Groppi – www.sunsim.it

Norma CEI 0-21

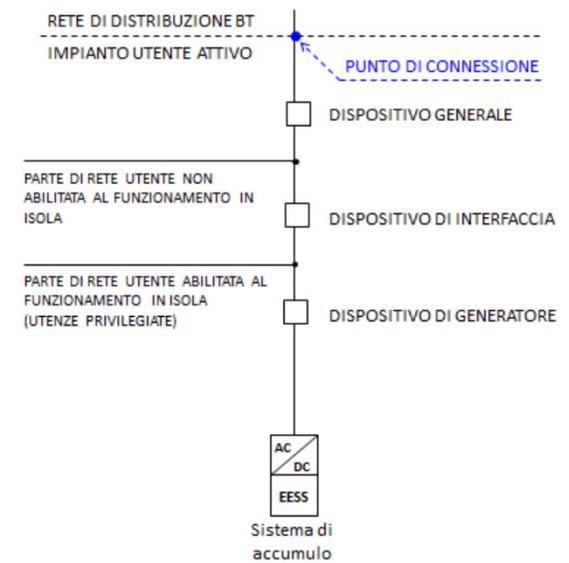
Schemi di connessione



Sistema di accumulo
posizionato nella parte
d'impianto in corrente
continua



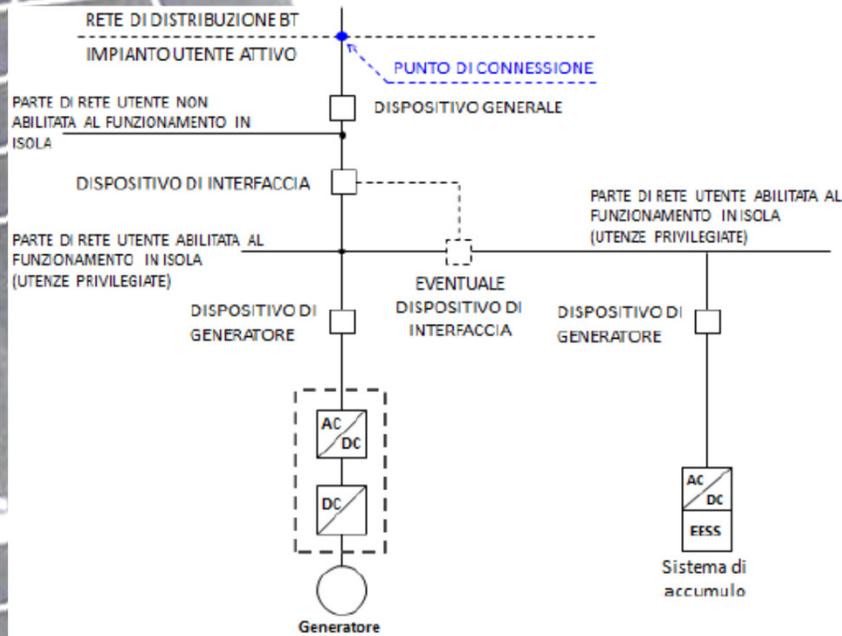
Sistema di accumulo
posizionato nella parte di
impianto in corrente alternata
a valle del contatore
dell'energia generata



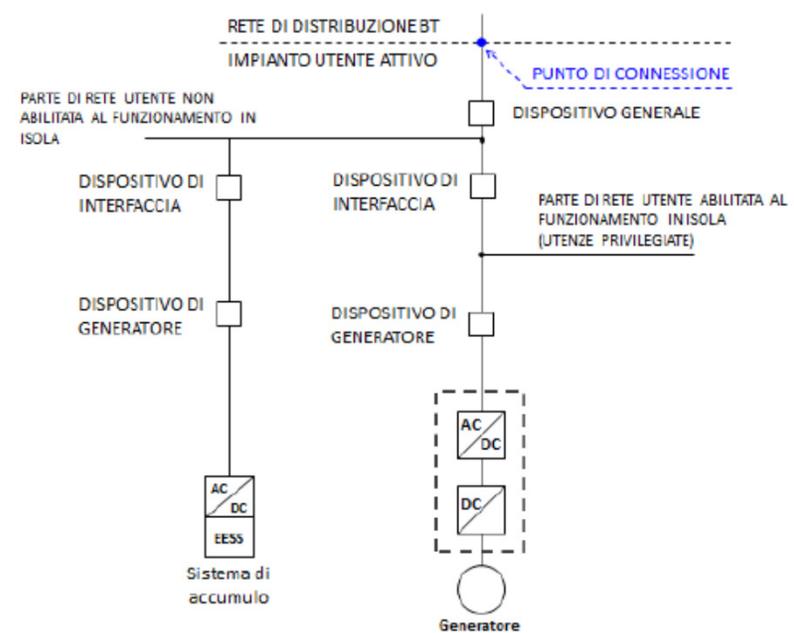
Utente con sistema di
accumulo

Norma CEI 0-21

Schemi di connessione



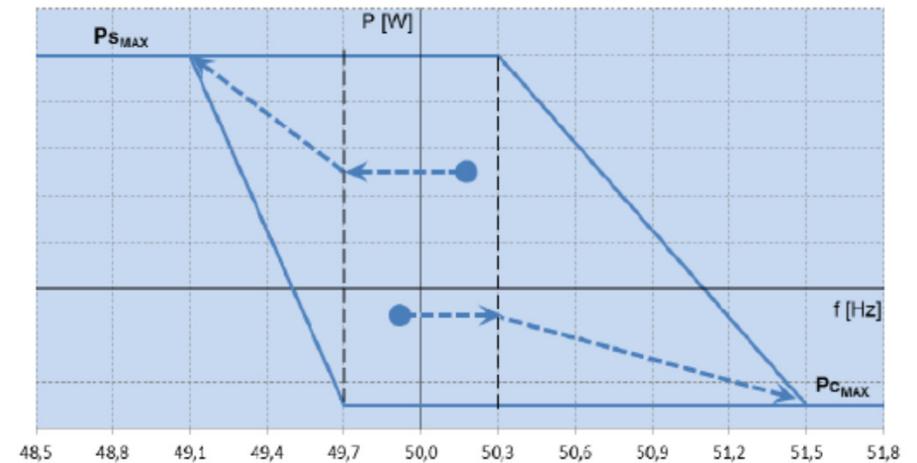
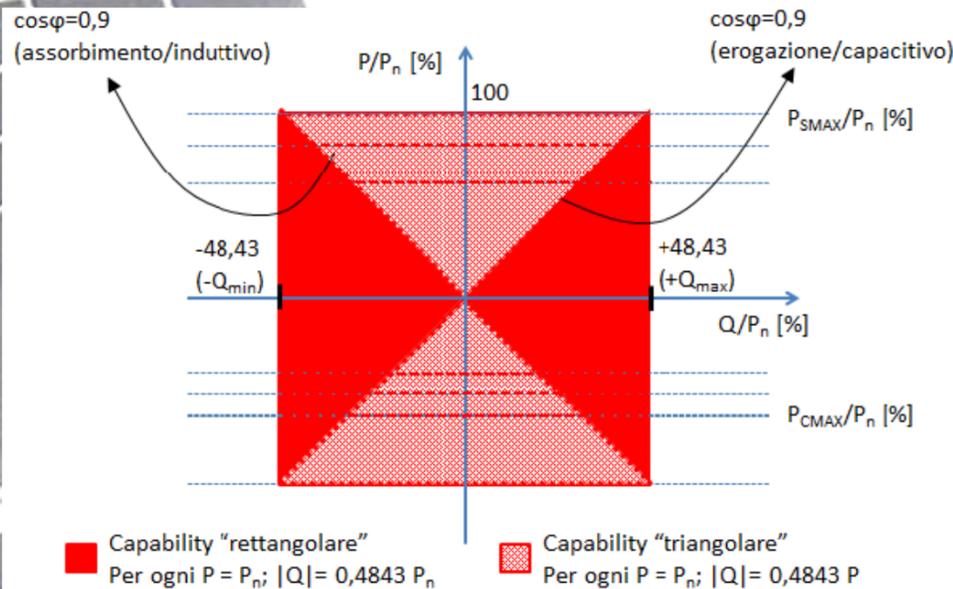
Sistema di accumulo posizionato nella parte di impianto in corrente alternata a monte del contatore dell'energia generata



Sistema di accumulo posizionato nella parte di impianto in corrente alternata verso la parte di rete non abilitata al funzionamento in isola

Norma CEI 0-21

Curve di capability e di regolazione della potenza attiva

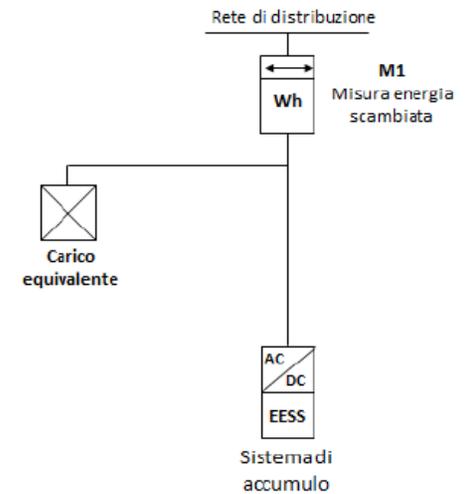
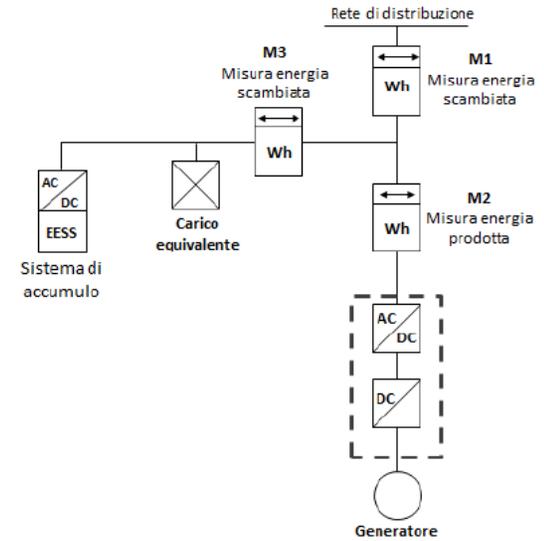
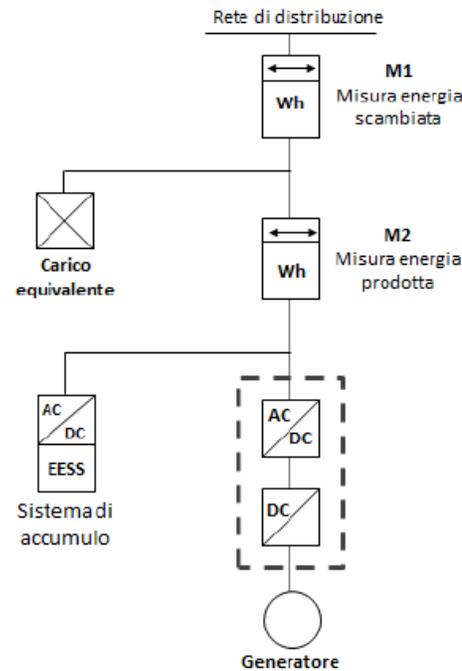
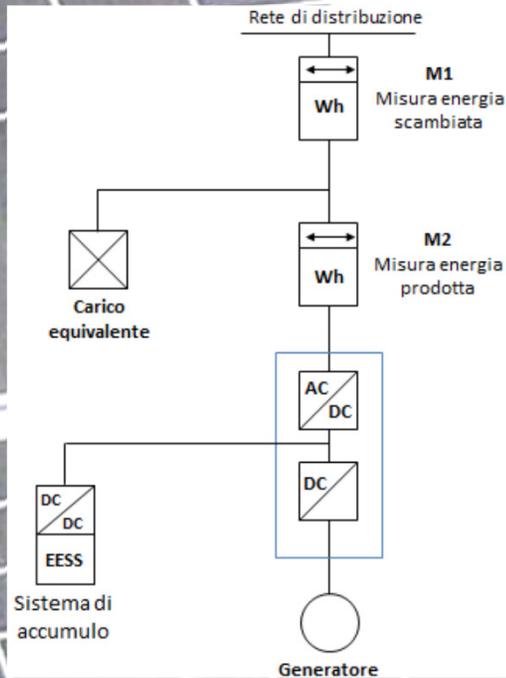


Combinazione tra capability di un convertitore bidirezionale e accumulo elettrochimico

Regolazione della potenza attiva in condizioni di sovra e sottofrequenza

Norma CEI 0-21

Numero e posizione dei contatori di energia



Norma CEI 0-16

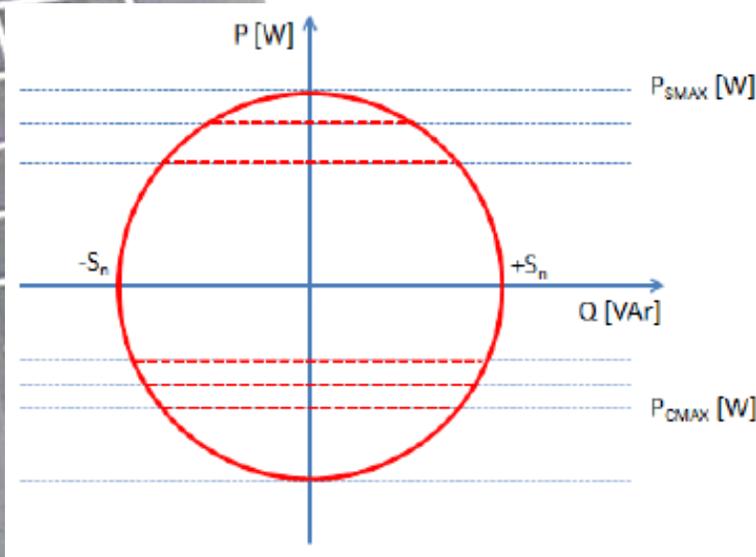
Le principali modifiche riguardano:

- Gli schemi di connessione (come per CEI 0-21)
- Le curve di capability
- Le curve di regolazione della potenza attiva (come per CEI 0-21)
- Il numero e la posizione dei contatori di energia (come per CEI 0-21)
- Prove sui sistemi di accumulo (Allegato N bis)

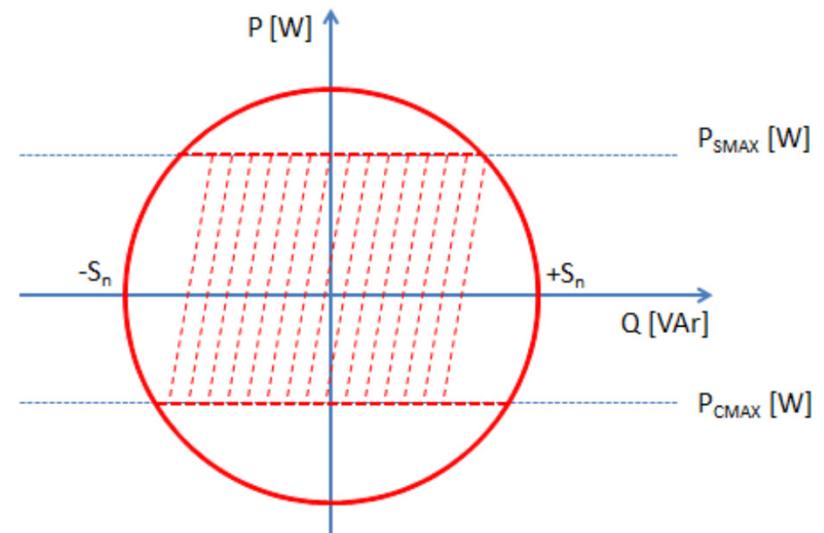


Norma CEI 0-16

Curve di capability e di regolazione della potenza attiva



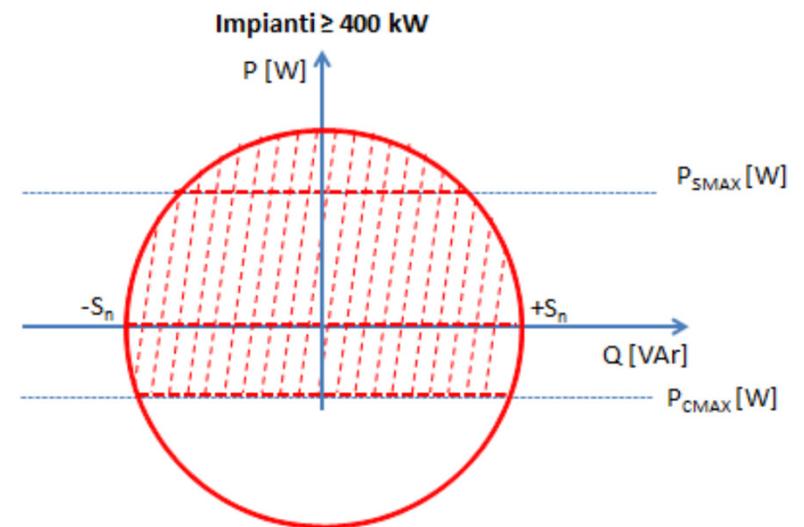
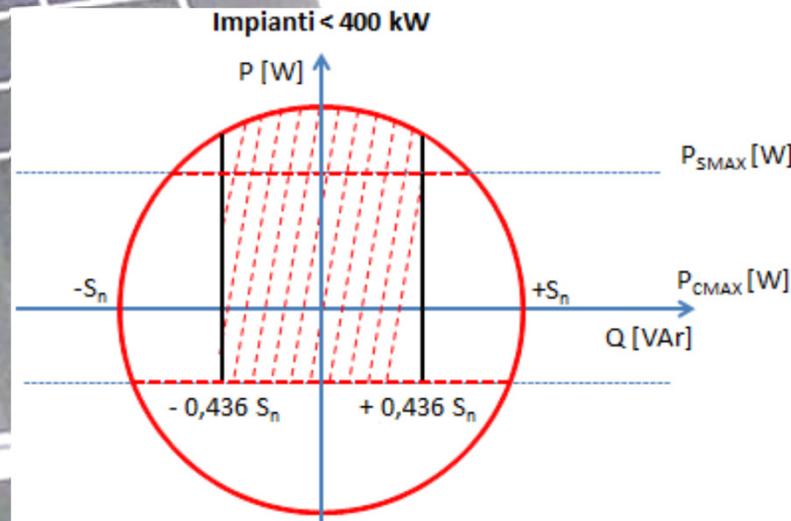
Combinazione tra capability di un convertitore bidirezionale e accumulo elettrochimico



Capability per un sistema di accumulo con convertitore bidirezionale (la batteria limita la potenza del sistema in carica e scarica)

Norma CEI 0-16

Curve di capability e di regolazione della potenza attiva



Capability per un sistema di accumulo collegato sul bus DC di un generatore fotovoltaico con convertitore bidirezionale



Valutazioni energetiche



Impianti FV tradizionali

- La produzione di un impianto fotovoltaico dipende dalle **condizioni meteorologiche locali**, variabili e non sempre prevedibili
- **L'inclinazione e l'orientamento** dei moduli FV influenzano la distribuzione nel tempo della produzione energetica
- La produzione FV ha una **forte connotazione stagionale**



I carichi domestici

- Gli studi disponibili sull'andamento dei carichi domestici sono soggetti ai seguenti fattori di incertezza:
 - L'evoluzione dei consumi elettrici negli anni
 - La variabilità stagionale delle curve di carico giornaliero
 - Il comportamento differente degli utenti a seconda del territorio di appartenenza



L'accumulo elettrico

- In assenza di qualsiasi sistema di accumulo, tutta l'energia elettrica prodotta deve essere istantaneamente consumata o ceduta
- In tutti i casi nei quali occorre differire temporalmente produzione e consumo è quindi sempre necessario introdurre una qualche forma di accumulo energetico
- Nel caso di accumulo di energia per impianti fotovoltaici di piccola e media taglia la scelta cade quasi sempre su batterie di accumulatori di tipo elettrochimico

L'accumulo elettrico

- Gli accumulatori di tipo elettrochimico costituiscono una vasta famiglia in continua evoluzione e le principali tecnologie applicabili al fotovoltaico sono:
 - Piombo-acido
 - Ioni di litio (li-ion) nelle varianti ossido di litio-cobalto, litio-fosforo, litio-manganese, litio-ossido di nichel, litio-ferro-fosfato
 - Nichel-metallo-idruro (NiMH)
 - Nichel-cadmio (NiCd)
 - Tecnologie con sali ad alta temperatura (es. sodio-zolfo, nichel-sodio, ZEBRA, ecc.)

L'accumulo elettrico

- Gli accumulatori al Piombo-acido, dal punto di vista costruttivo e applicativo, sono raggruppabili in 3 distinte categorie:
 - A vaso aperto
 - Ermetici
 - Con elettrolita in Gel
- Gli accumulatori a ioni di litio sono molto interessanti, soprattutto nella tecnologia litio-ferro-fosfato (LiFePO_4), con alcuni importanti miglioramenti tecnologici, come ad esempio l'aggiunta di polimeri, che hanno reso questi dispositivi particolarmente sicuri

L'accumulo elettrico

- Gli accumulatori a ioni di litio sono più compatti, leggeri, efficienti e longevi rispetto a quelli al Piombo-acido. Sono però anche più costosi
- In entrambi i casi è richiesta una gestione molto accurata, evitando le sovraccariche e le scariche profonde
- le tecnologie ad alta temperatura come le ZEBRA (Zero Emission Battery Research Activities) hanno alcune limitazioni applicative dovute al mantenimento della temperatura di lavoro, intorno a 250 °C, la quale inevitabilmente tende ad abbassarsi nei periodi in cui le batterie non sono mantenute in carica

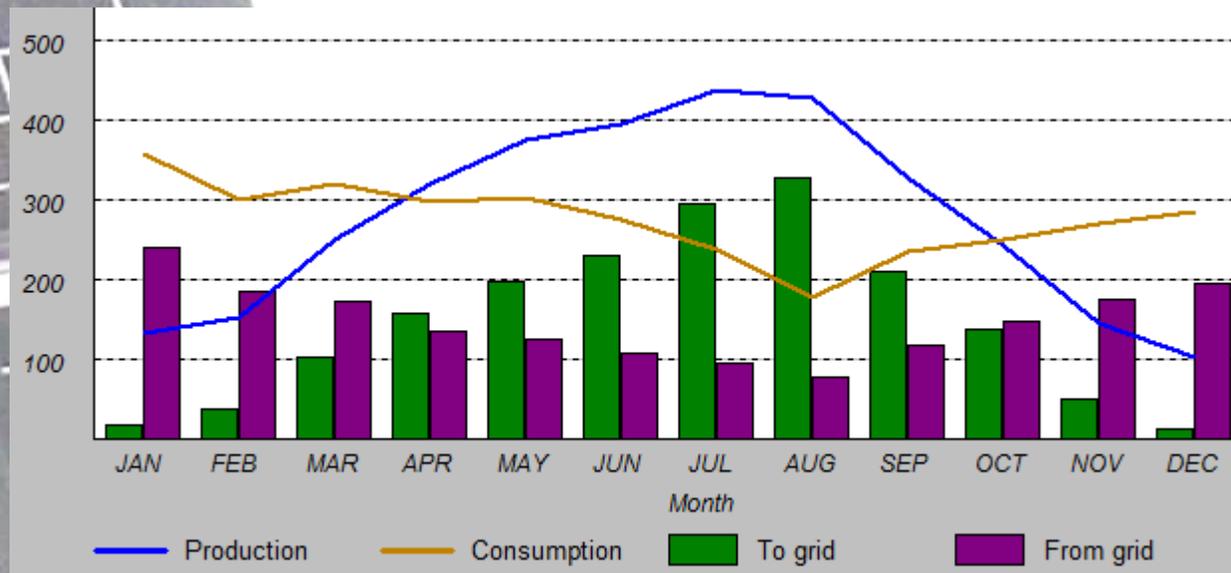
I sistemi fotovoltaici ad accumulo

- L'obiettivo è di rendere i valori di potenza prodotta e consumata per quanto possibile uguali:
 - Se la produzione fotovoltaica è maggiore della potenza richiesta dai carichi una quota parte della potenza prodotta è trasferita all'accumulo
 - In caso contrario dall'accumulo viene prelevata la parte di potenza mancante
- Nei limiti della capacità dell'accumulo è quindi possibile ridurre o anche annullare l'energia scambiata con la rete, sia per quanto riguarda le immissioni che per quanto riguarda i prelievi
- I calcoli richiedono necessariamente una **simulazione delle condizioni reali**

I sistemi fotovoltaici ad accumulo

Esempio di abitazione in Italia (loc. Bologna):

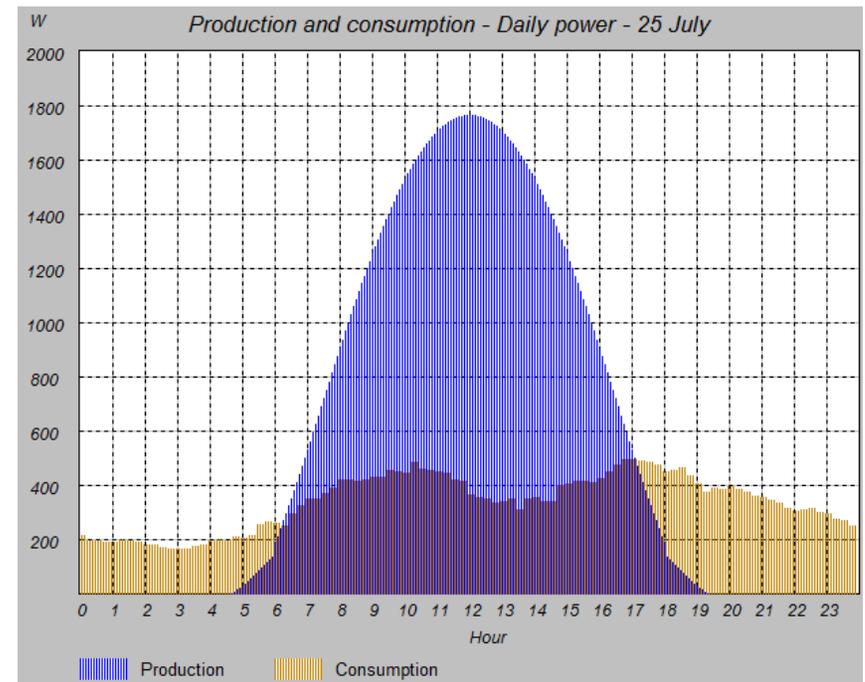
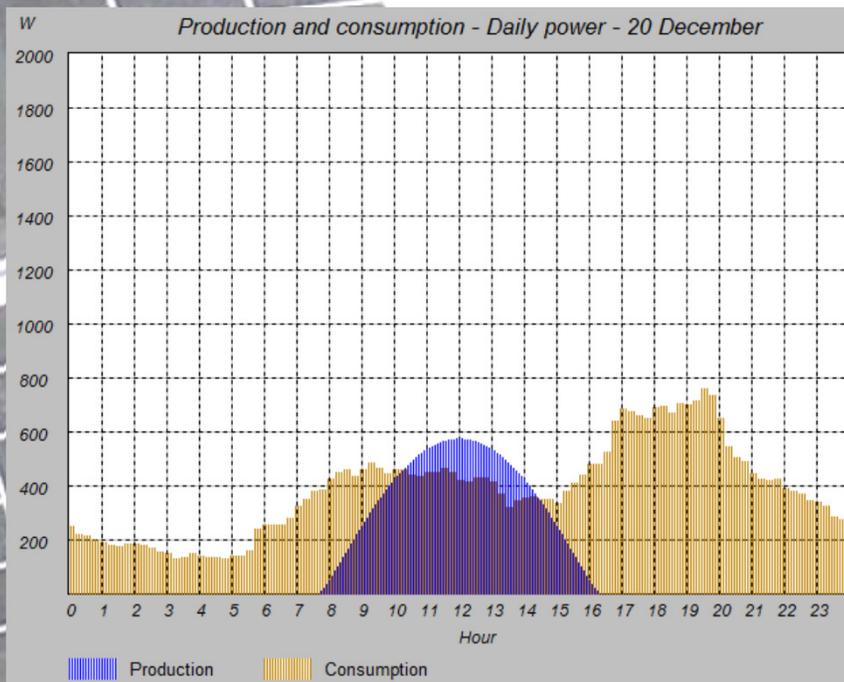
Consumo 3300 kWh/a, FV 3 kWp → 3300 kWh/a



Autonomia 46%

I sistemi fotovoltaici ad accumulo

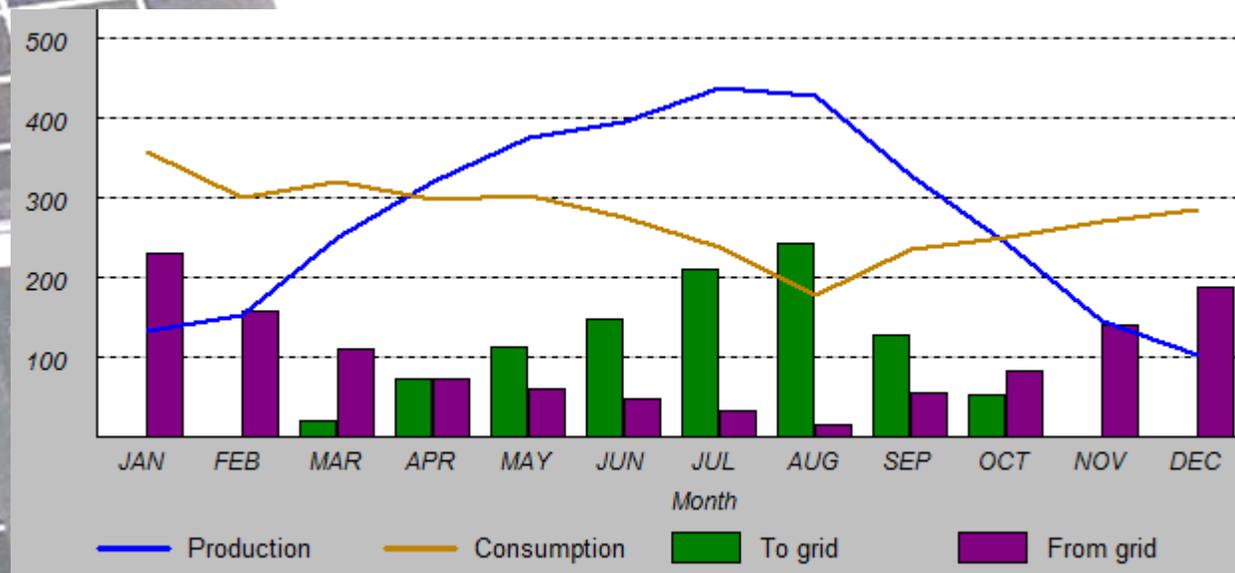
- La contemporaneità tra produzione e consumo è quindi solo parziale e inoltre nei calcoli bisogna tenere conto di:
 - variazione stagionale e giornaliera della produzione FV
 - Variabilità nei consumi legata a determinati periodi (festività, ferie ...)



I sistemi fotovoltaici ad accumulo

- Aggiungendo un accumulo energetico è possibile incrementare l'autonomia del sistema

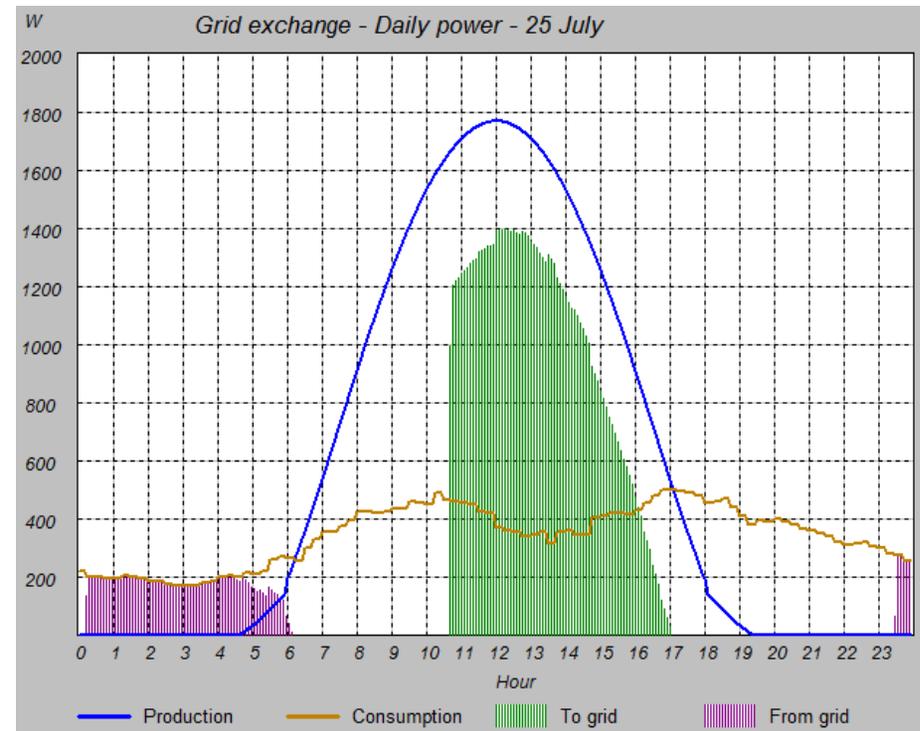
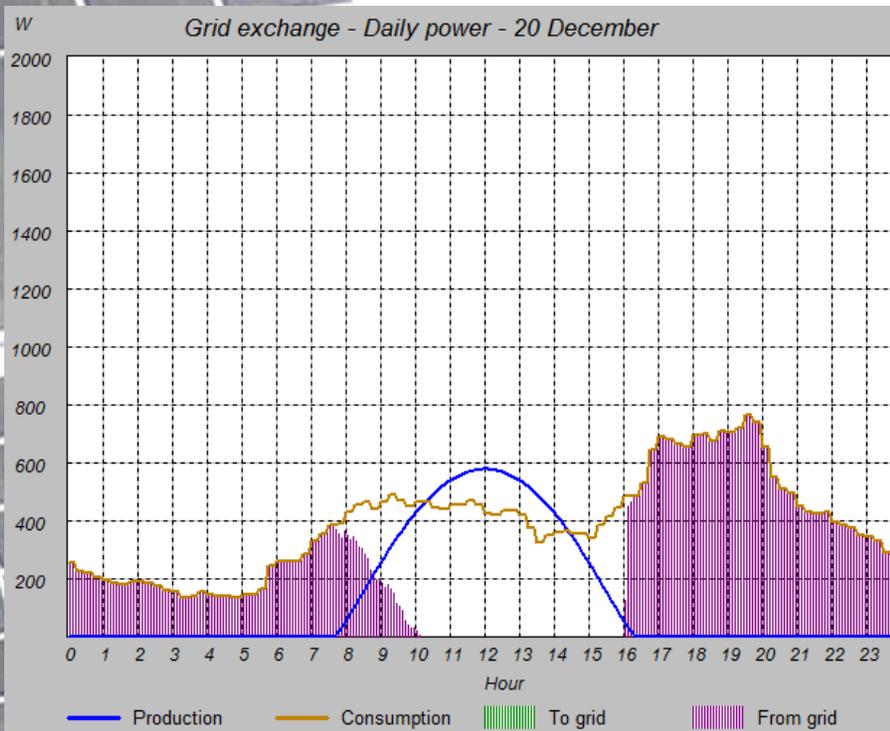
Esempio: 4 kWh al piombo-acido, 60% DOD, $\eta=75\%$



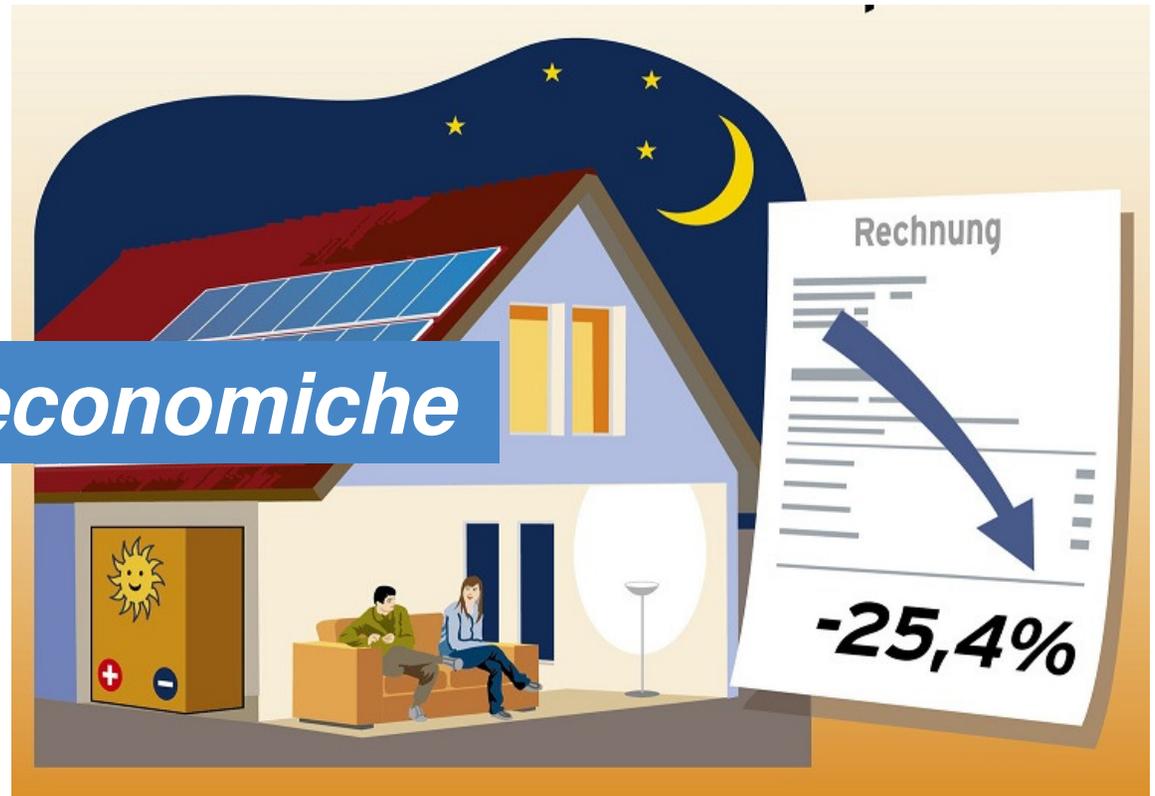
Autonomia = 65 %

I sistemi fotovoltaici ad accumulo

- L'accumulo è tipicamente sottoutilizzato nei periodi invernali
- Nei periodi estivi si verifica un surplus di energia che viene ceduto alla rete



Valutazioni economiche



Remunerazione dell'energia prodotta

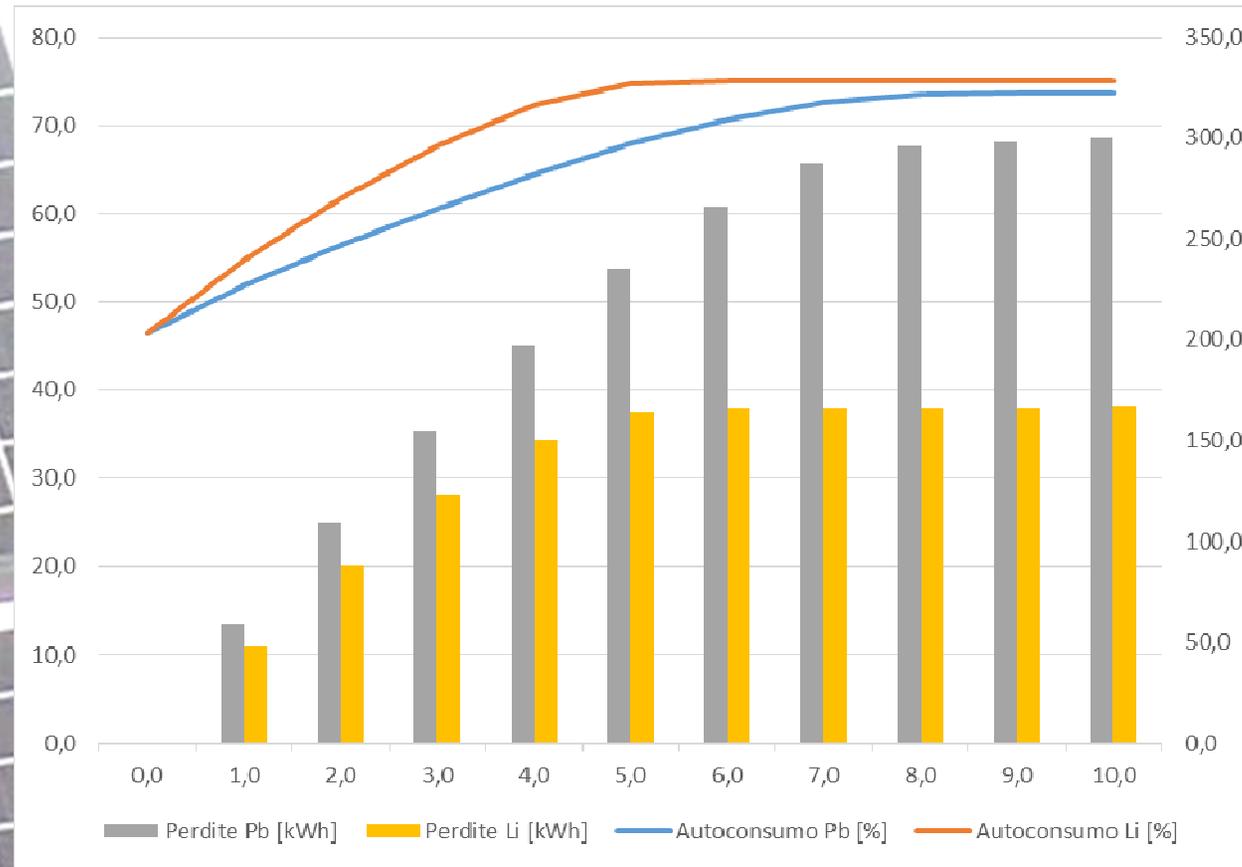
- Attualmente, l'energia elettrica prodotta che fluisce verso la rete (al netto degli autoconsumi) può essere valorizzata mediante lo scambio sul posto (SSP) o il ritiro dedicato (RID)
- La vendita a terzi, pur essendo un'attività libera, riguarda le imprese che posseggono alcuni requisiti minimi fissati dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas
- La disciplina dei SEU e SEESEU ha introdotto ulteriori modalità di utilizzo
- I piccoli impianti optano generalmente per lo scambio sul posto, in quanto risulta essere più vantaggioso del ritiro dedicato

Autoconsumo e perdite

- L'autoconsumo aumenta con la capacità dell'accumulo, ma tende a stabilizzarsi su un valore asintotico a causa della stagionalità
- Anche le perdite di carica/scarica tendono ad aumentare con la capacità dell'accumulo
- I risultati dipendono fortemente dalle tecnologie di accumulo utilizzate



Autoconsumo e perdite



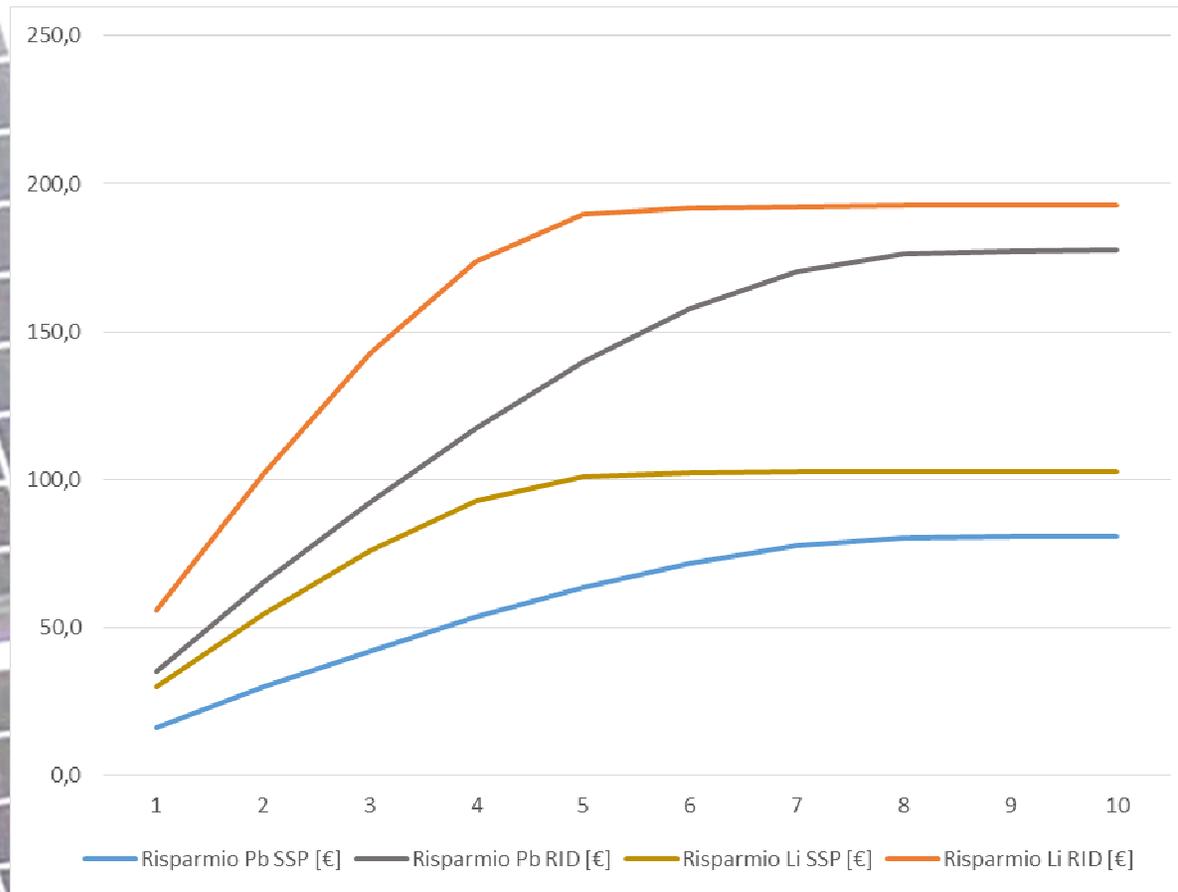
Confronto tra le tecnologie al **Pb** e **Li-ion** con **accumulo tra 0 e 10 kWh**
 (PV = 3 kW a Bologna, Produzione e consumo = 3300 kWh/anno)

Esempio di calcolo

- Si vuole stabilire il risparmio annuo ottenibile con un sistema di accumulo associato all'impianto FV prima visto
- Si considera il differenziale esistente tra il prezzo di acquisto dell'energia elettrica ($\cong 25$ c€/kWh per contratti da 4,5 kW), il valore riconosciuto allo SSP ($\cong 12$ c€/kWh con tendenza a diminuire) e il prezzo minimo garantito (3,9 c€/kWh per il 2015)

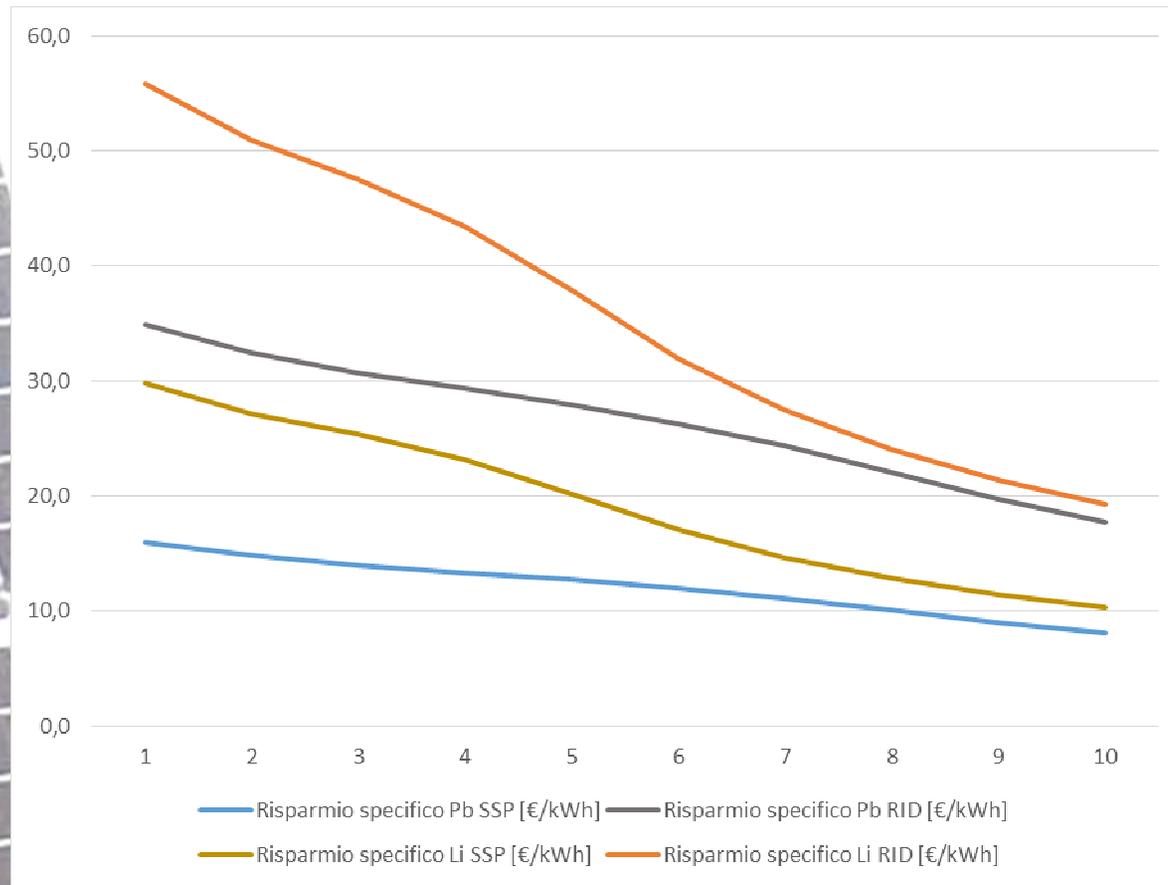


Esempio di calcolo



Valori di risparmio annuo ottenibile in funzione della taglia di accumulo per le tecnologie **Pb** e **Li-ion** e per consegna dell'energia con **SSP** e **RID**

Esempio di calcolo



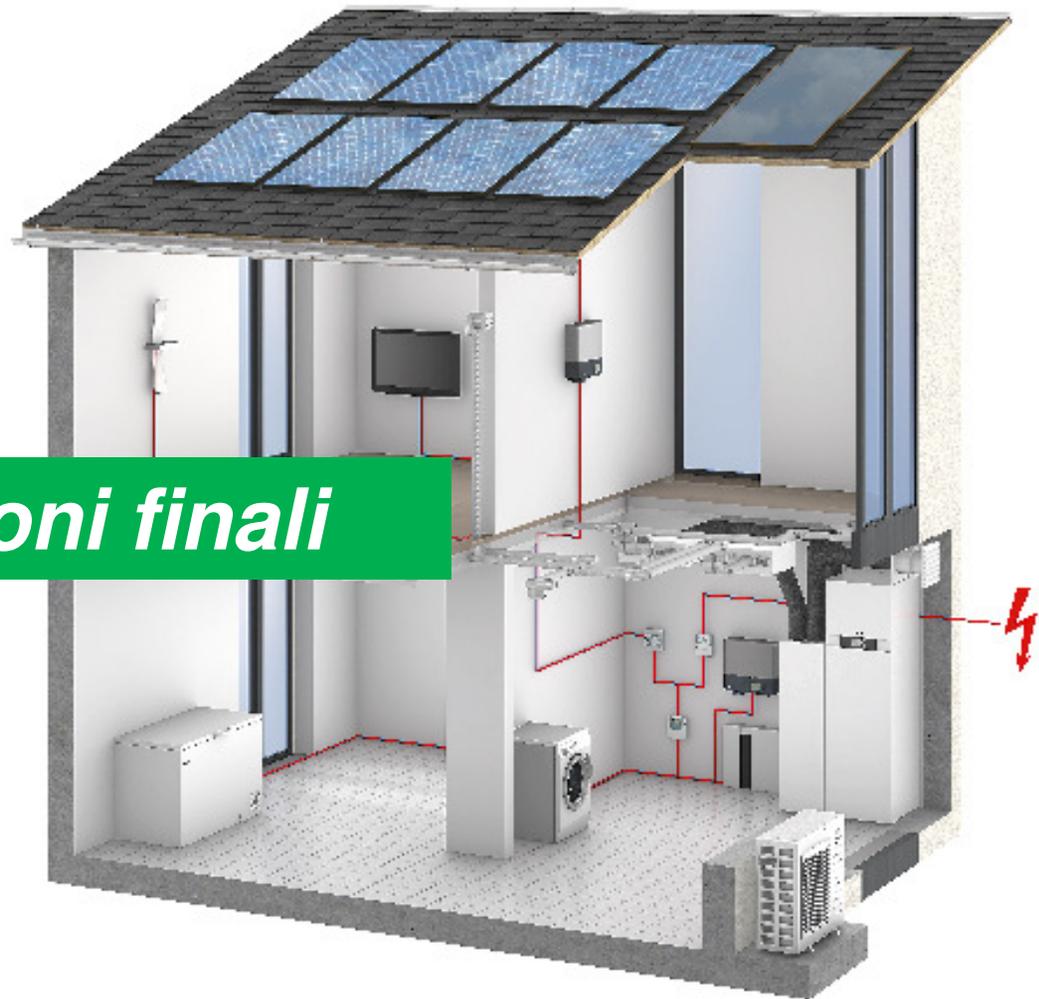
Valori di risparmio specifico annuo ottenibile in funzione della taglia di accumulo per le tecnologie **Pb** e **Li-ion** e per consegna dell'energia con **SSP** e **RID**

Esempio di calcolo

- Con tutta evidenza, allo stato attuale i risparmi più significativi si ottengono per sistemi che usufruiscono del Ritiro Dedicato
- Se si considera, ad esempio, un accumulo di 4 kWh e un orizzonte temporale di 8 anni, il costo del sistema di accumulo non dovrebbe superare 850 € se in Pb e 1250 € se in Li-ion
- Anche usufruendo della detrazione fiscale del 50%, non sempre è possibile, allo stato attuale, conciliare i prezzi dei sistemi in commercio con i risparmi che questi permettono di conseguire



Considerazioni finali



Considerazioni finali

- La percentuale di **energia autoconsumata**, rispetto al totale prodotto, dipende principalmente dal **profilo di carico dell'utenza**
- L'accumulo consente di portare questa percentuale al 60÷70 % o anche oltre, ma questo valore è limitato dalla minore produttività dei sistemi FV nei periodi autunno-invernali e dall'andamento dei carichi in estate (ferie, ecc.)
- La convenienza economica dei sistemi di accumulo non è sempre certa, anche in presenza di incentivi fiscali, ma **le prospettive sono comunque positive**, anche per effetto del calo dei prezzi già percepibile



Grazie per l'attenzione