

FARE FOTOVOLTAICO PER L'AUTOCONSUMO

Fotovoltaico e autoconsumo Applicazioni e prospettive

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

Argomenti trattati:

- **Valutazione energetica e economica dei sistemi attuali**
- **L'accumulo elettrico e la sua efficacia**
- **La gestione dei carichi**
- **Considerazioni finali e prospettive future**

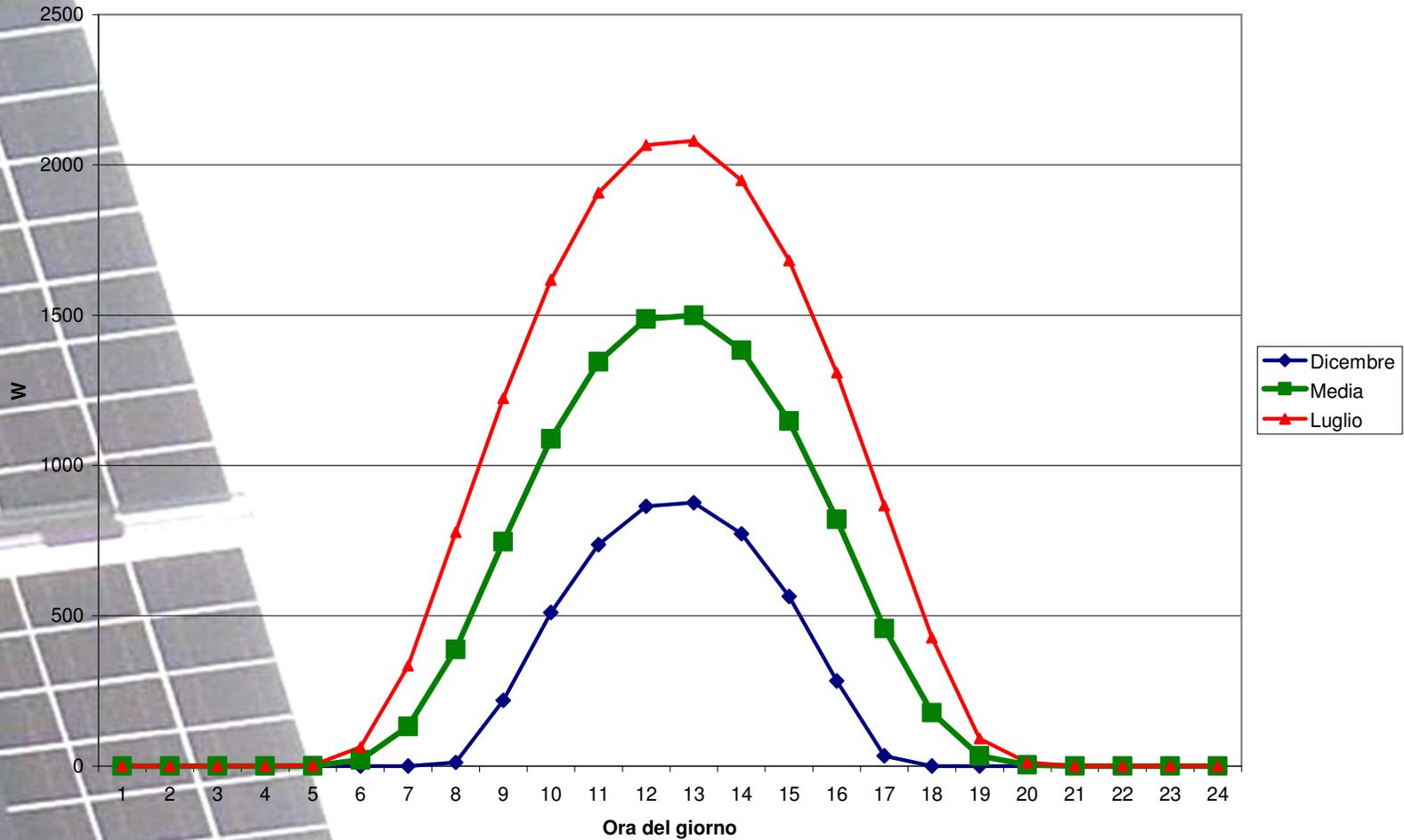


Valutazione dei sistemi attuali

Impianti FV tradizionali

- La produzione di un impianto fotovoltaico dipende dalle **condizioni meteorologiche locali**, difficilmente prevedibili
- **L'inclinazione e l'orientamento** dei moduli influenzano la distribuzione nel tempo della produzione energetica
- La produzione ha una **forte connotazione stagionale**
- Considerando, ad esempio, un impianto di 3 kW a Firenze con orientamento ottimale, nelle ore centrali della giornata si ottengono valori medi di potenza pari a:
 - 876 W in dicembre
 - 2081 W in luglio
 - 1500 W media annua
- Nei casi reali si assiste a una maggiore variabilità

Impianti FV tradizionali



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 delle curve di carico giornaliero
 - Il comportamento differente degli utenti a seconda del territorio di appartenenza



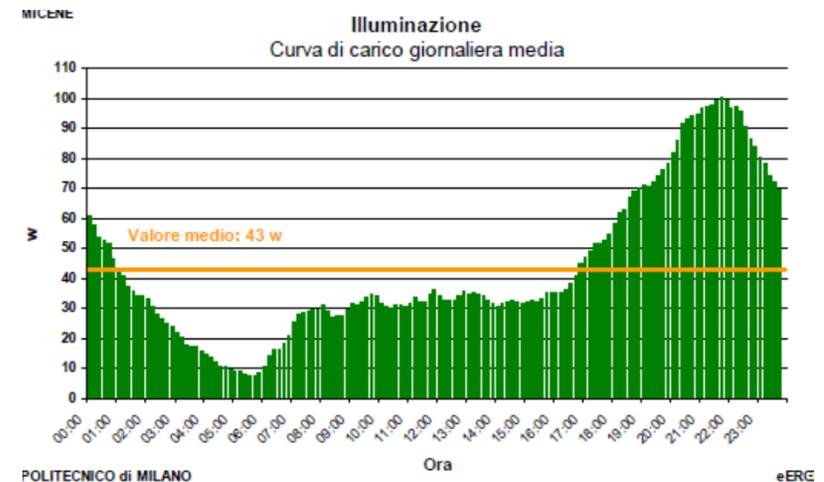
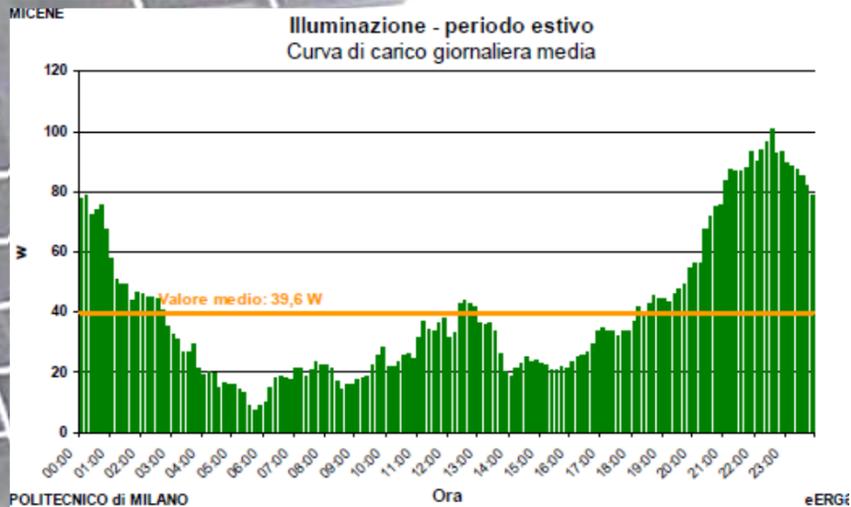
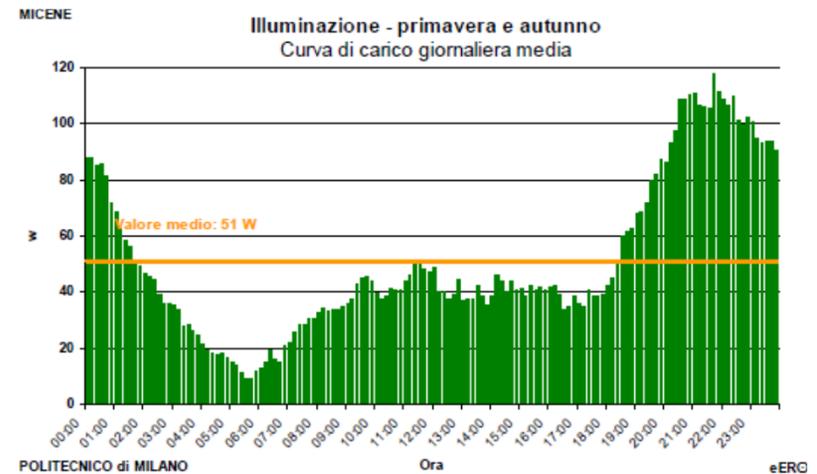
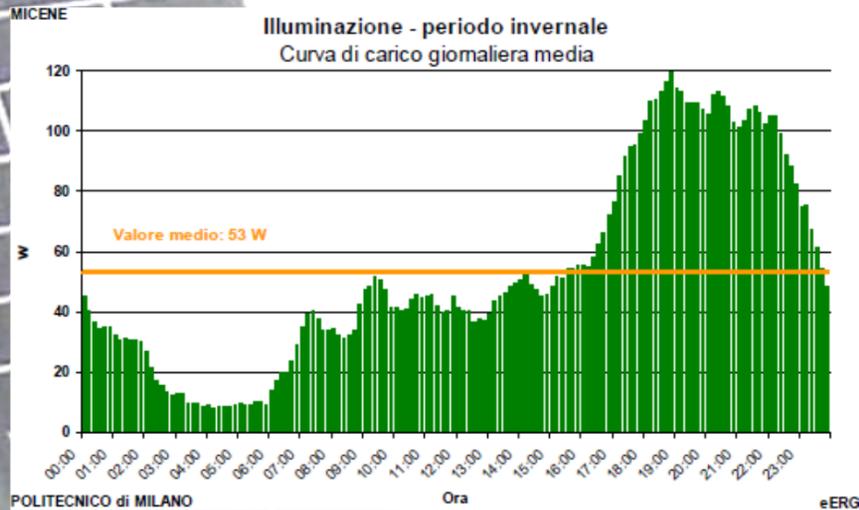
I carichi domestici

- Si può considerare come **non temporalmente trasferibile** l'utilizzo delle seguenti classi di seguenti apparecchi:
 - Illuminazione
 - Piccoli elettrodomestici da cucina
 - Frigorifero, congelatore, forno elettrico (con qualche eccezione)



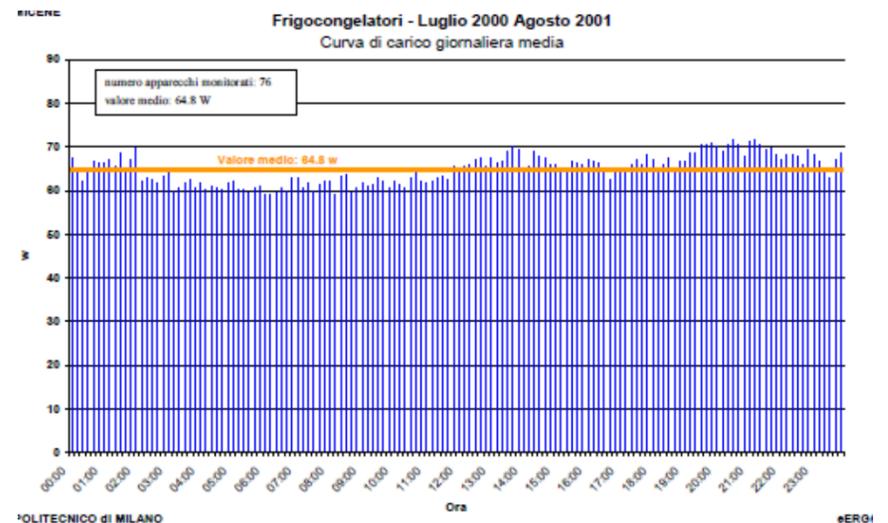
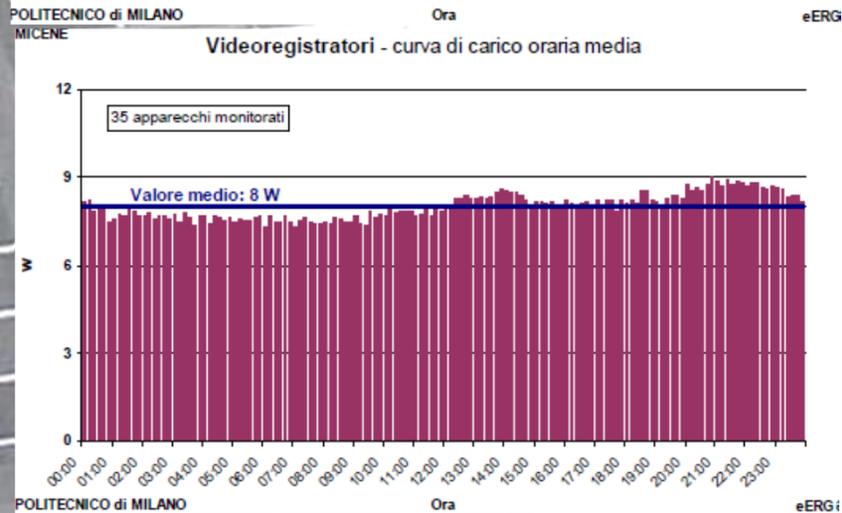
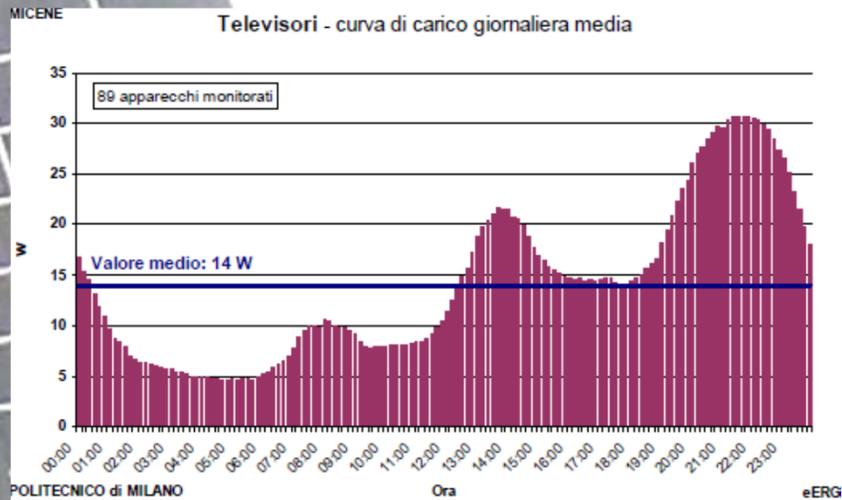
I carichi domestici

ILLUMINAZIONE – Dati 2004 – Progetto MICENE Politecnico di Milano



I carichi domestici

TELEVISORI E ELETTRONICA DI CONSUMO – Dati 2004 – Progetto MICENE Politecnico di Milano



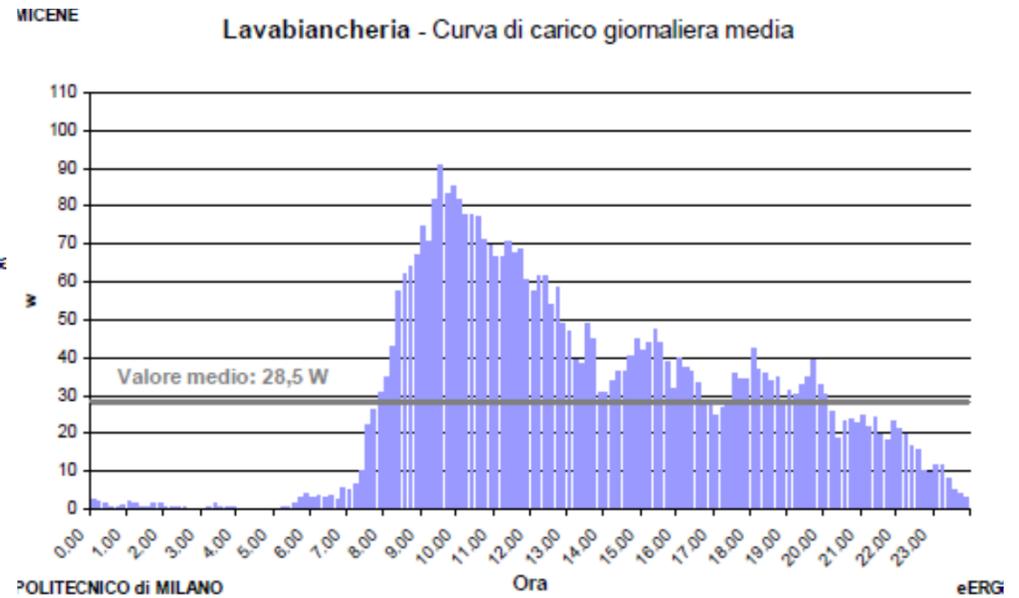
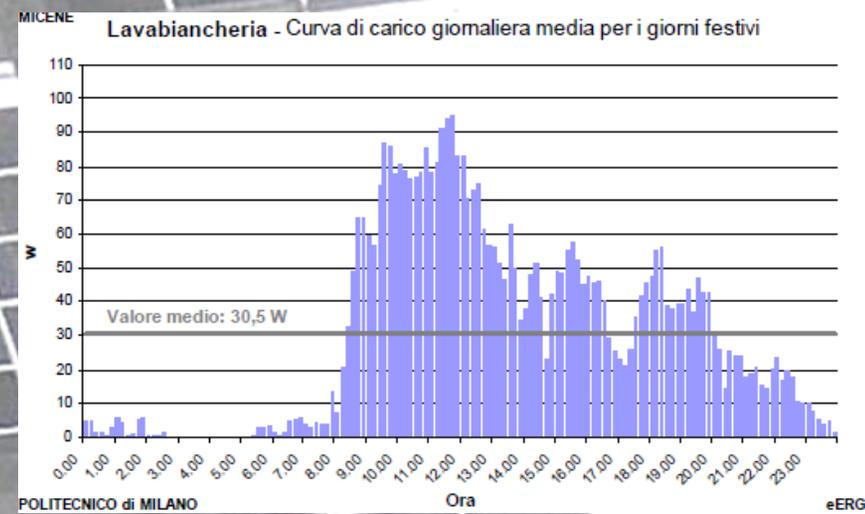
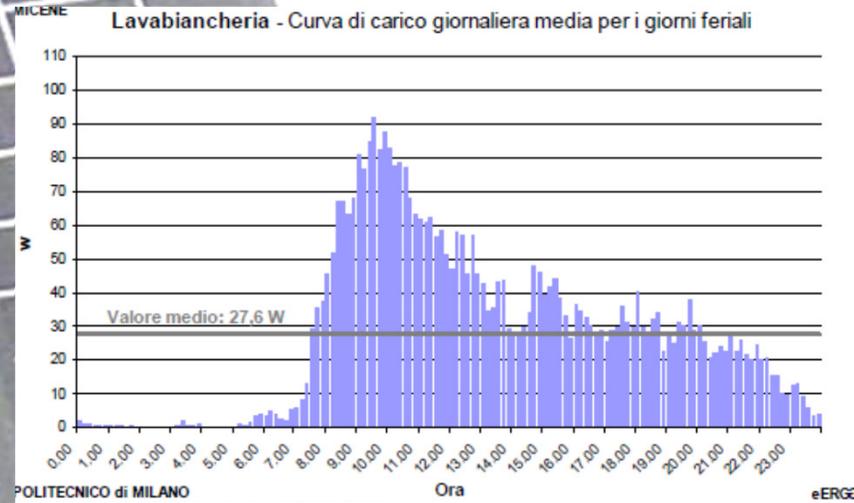
I carichi domestici

- Può essere invece considerato **temporalmente trasferibile** l'utilizzo dei seguenti apparecchi:
 - Lavabiancheria e lavastoviglie
 - Climatizzazione, riscaldamento e produzione ACS (solo parzialmente)
 - Asciugacapelli, ferro da stiro, aspirapolvere (con qualche limitazione dovuta alle emissioni acustiche)
 - Utensili per il “fai da te”, apparecchiature informatiche come computer, stampanti, ecc. (con alcune limitazioni)



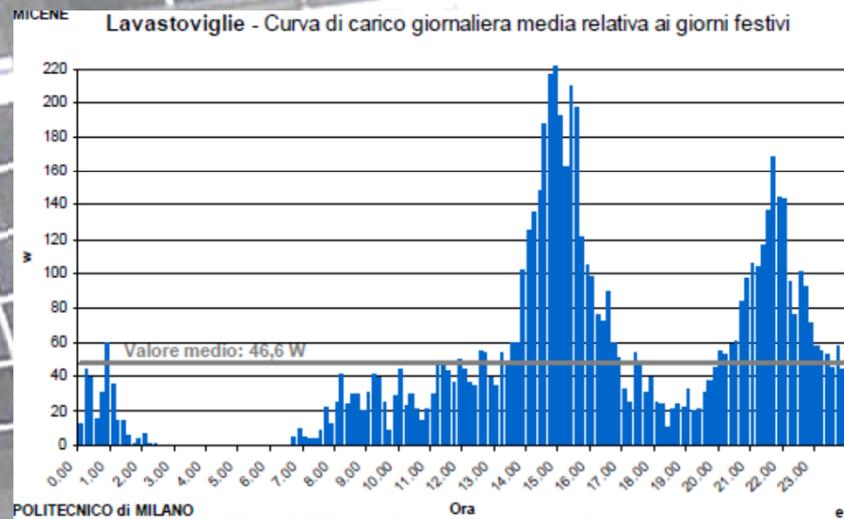
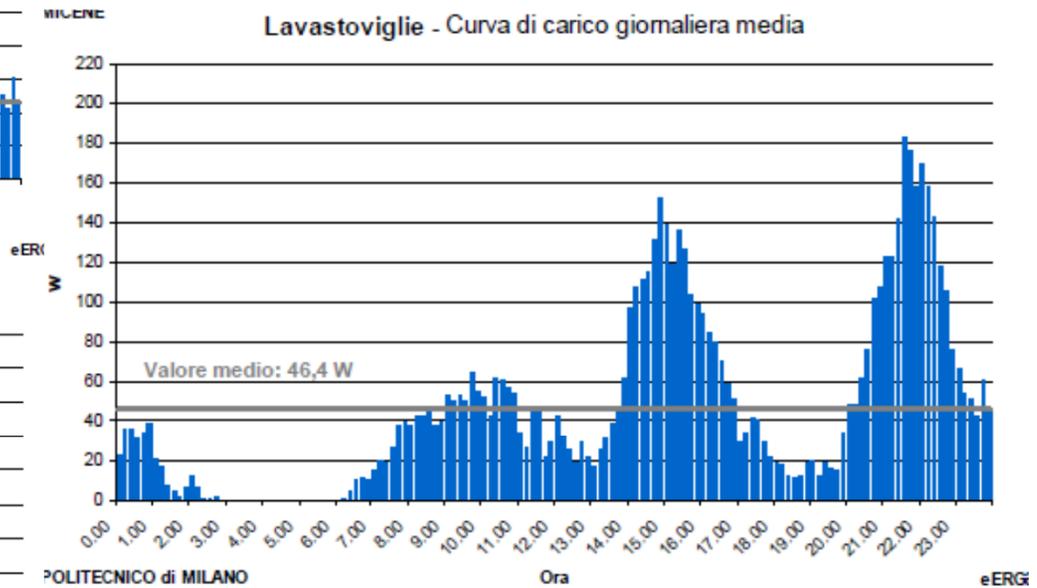
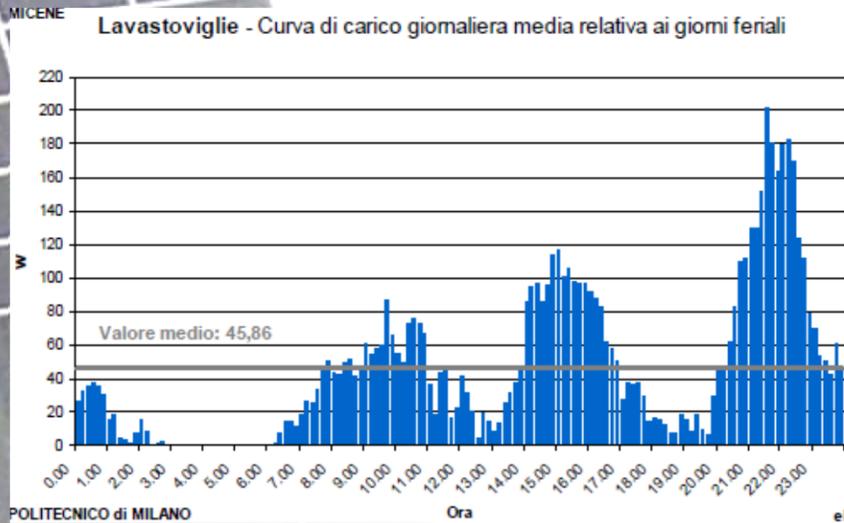
I carichi domestici

LAVABIANCHERIA – Dati 2004 – Progetto MICENE Politecnico di Milano



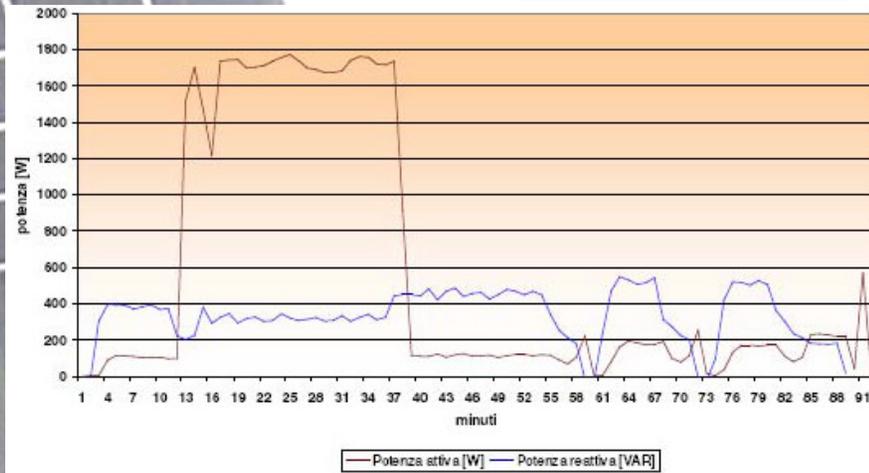
I carichi domestici

LAVASTOVIGLIE – Dati 2004 – Progetto MICENE Politecnico di Milano



I carichi domestici

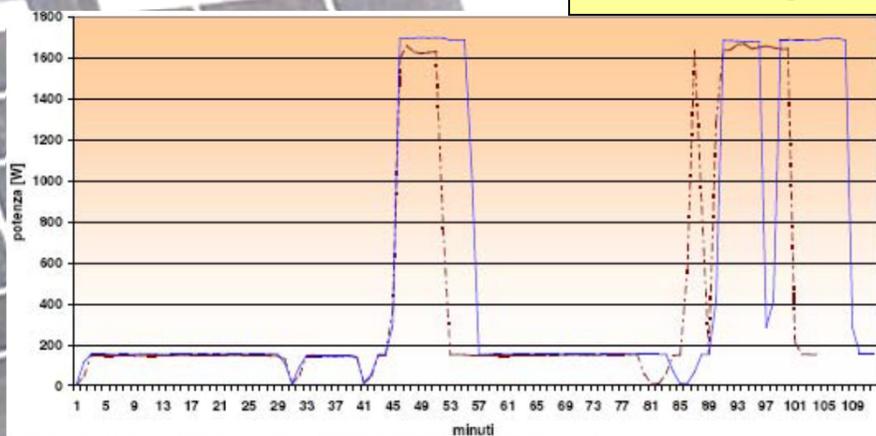
Lavabiancheria



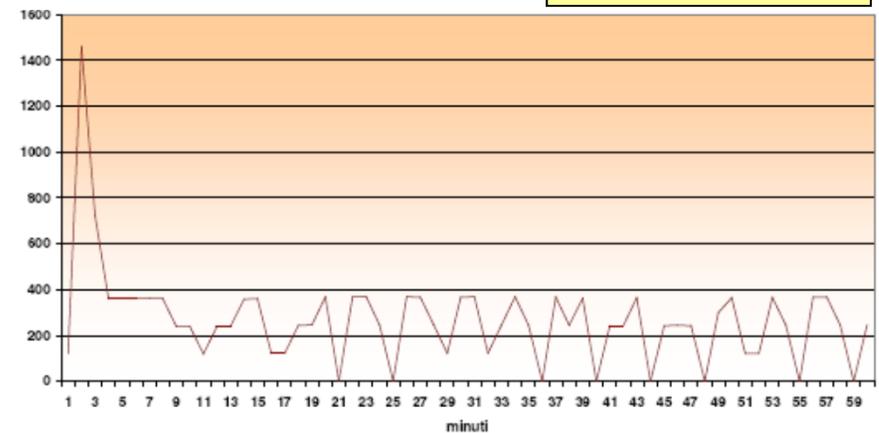
Potenza assorbita da alcuni elettrodomestici “temporalmente trasferibili” durante il normale funzionamento

(Autorità per l’Energia Elettrica e il Gas)

Lavastoviglie

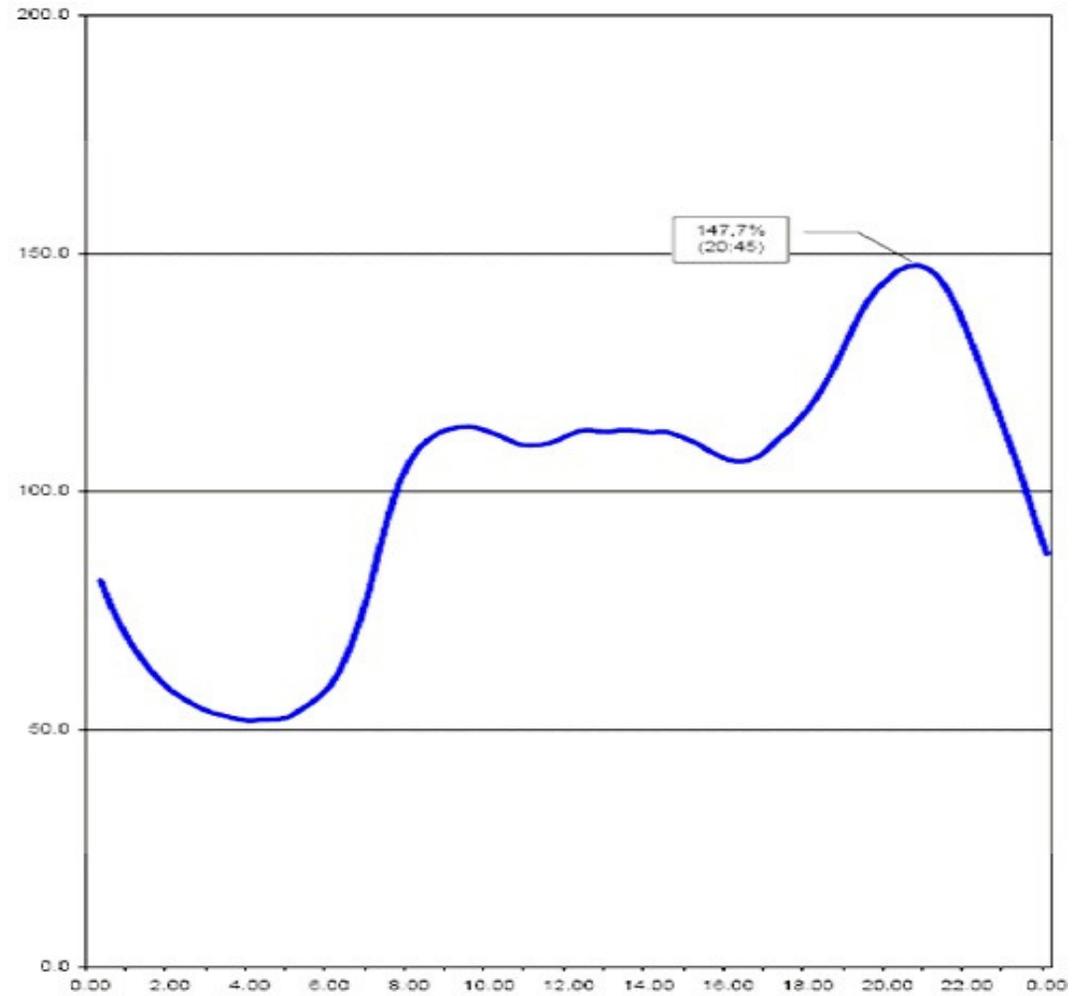


Ferro da stiro



I carichi domestici

Curva di carico media giornaliera
del settore domestico
(% del carico medio annuo)



I carichi domestici

Utilizzi temporalmente trasferibili – Energia media giornaliera che si presta ad essere ricollocata con opportune strategie di gestione dei carichi

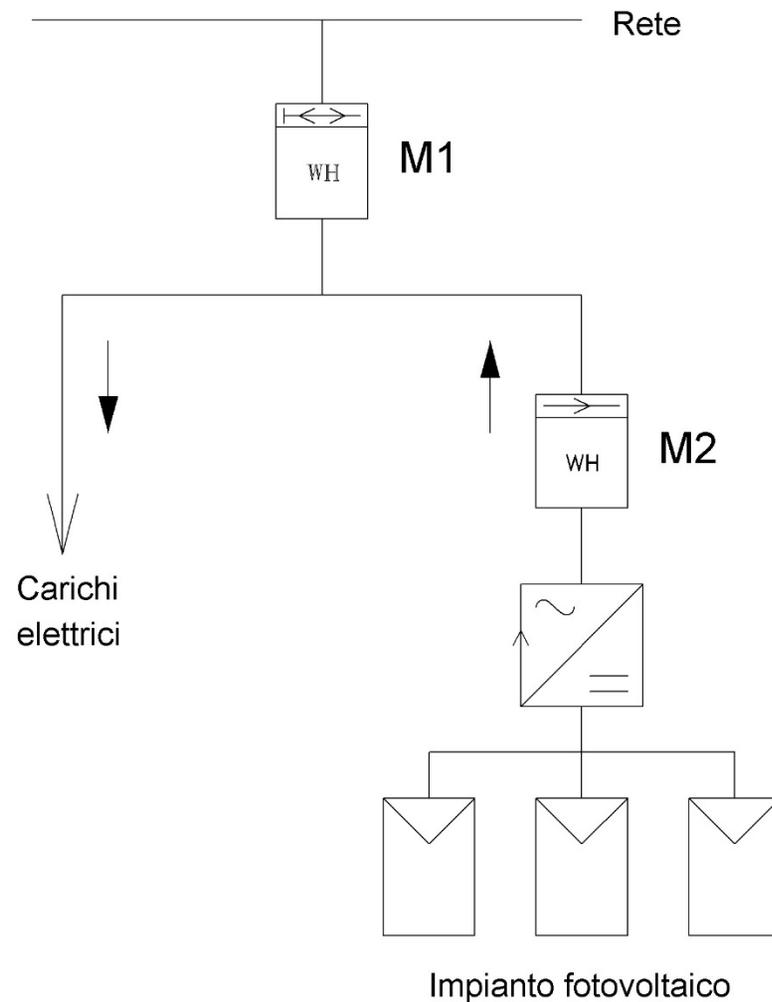
Apparecchio	Potenza assorbita [W]		Durata [minuti]		Utilizzi / giorno	Energia media giornaliera [kWh]
	Intervallo	Media	Intervallo	Media		
Lavabiancheria	650÷1000	825	60÷110	85	1,0	1,17
Lavastoviglie	450÷750	600	70÷130	100	1,0	1,00
Ferro da stiro	700÷1000	850	30÷60	45	0,5	0,32
Aspirapolvere	800÷1200	1000	10÷30	20	1	0,33
Computer, stampanti, ecc.	200÷300	250	-	200	1	0,83
Totale						3,65

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 o il ritiro dedicato
- 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 degli SSPC e SEU 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

Remunerazione dell'energia prodotta

Schema di principio per un impianto fotovoltaico e utenze con contatori di scambio (M1) e di produzione (M2)



Remunerazione dell'energia prodotta

- Per via della frequente mancanza di contemporaneità tra produzione fotovoltaica e consumi, dopo un certo periodo di tempo si verificherà che:
 - il contatore **M2** avrà conteggiato tutta l'energia effettivamente prodotta dall'impianto fotovoltaico;
 - il contatore **M1** avrà conteggiato
 - **in ingresso** l'energia deficitaria corrispondente ai periodi di maggior consumo e minore produzione
 - **in uscita** il surplus energetico dovuto ai periodi di minore consumo e maggiore produzione
- Lo **scambio sul posto permette di compensare il valore economico** dell'energia prelevata nei limiti del valore economico dell'energia immessa in rete

Remunerazione dell'energia prodotta

- Il contributo in conto scambio è composto da:
 - quota energia
 - quota servizi di rete (sole componenti A e UC)
- Sono escluse le tasse (accise e dall'IVA)
- Se il valore economico dell'energia immessa supera il valore economico dell'energia prelevata si verifica un'eccedenza
- Per le eccedenze sono possibili due possibili trattamenti:
 - liquidazione monetaria
 - messa a credito per l'anno successivo
- La liquidazione monetaria delle eccedenze comprende unicamente la quota energia (le rimanenti voci della bolletta non vengono remunerate)



L'accumulo elettrico



L'accumulo elettrico

- In assenza di qualsiasi sistema di accumulo, tutta l'energia elettrica prodotta deve essere istantaneamente consumata o ceduta
- Questa regola è valida indipendentemente dal tipo o dall'ampiezza del sistema elettrico considerato
- In tutti i casi nei quali occorre differire temporalmente produzione e consumo è quindi sempre necessario introdurre una qualche forma di accumulo energetico

L'accumulo elettrico

- L'accumulo di energia elettrica può essere effettuato per mezzo di differenti tecnologie, tra queste:
 - Accumulatori elettrochimici
 - Sistemi ad aria compressa
 - Volani meccanici
 - Sistemi a idrogeno
 - Superconduttori
 - Supercapacitori
 - Bacini idrici

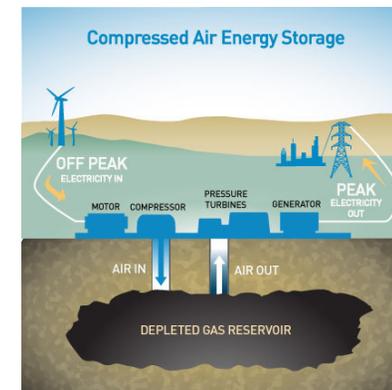
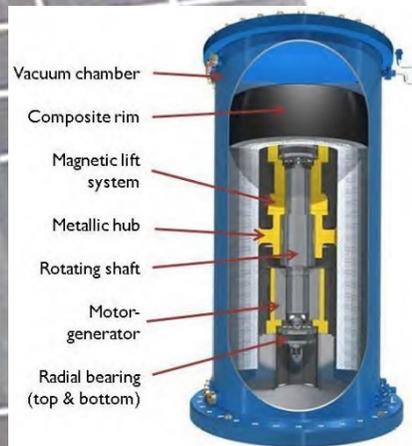


L'accumulo elettrico

- Ogni sistema tra quelli elencati presenta vantaggi e svantaggi, ma alcuni di questi sono di difficile utilizzo:
 - I **superconduttori** o SMES (Superconducting Magneting Energy Storages) sono utilizzati con successo in applicazioni avanzate di grossa taglia, ma non sono ancora pronti per una diffusione su larga scala
 - L'accumulo in **idrogeno** sono stati ampiamente sperimentati ma per molte applicazioni hanno deluso le aspettative (efficienza e costo della filiera)
 - I **bacini idrici** sono già ampiamente sfruttati dalla rete elettrica nazionale ma sono di difficile realizzazione su piccola scala.

L'accumulo elettrico

- In altri casi le tecnologie sono mature ma non sono sempre commercialmente disponibili:
 - I **volani meccanici** soffrono della scarsità di fornitori sul mercato e di un limitato numero di taglie disponibili
 - I **sistemi ad aria compressa** o CAES (Compressed Air Energy Storage) sono anch'essi poco diffusi, anche se i costi contenuti e la semplicità realizzativa ne suggerirebbero l'utilizzo in molte applicazioni



L'accumulo elettrico

- 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.
- Sono i sistemi di accumulo energetico più conosciuti e diffusi
- Per la loro modularità, permettono di risolvere in pratica qualsiasi esigenza



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

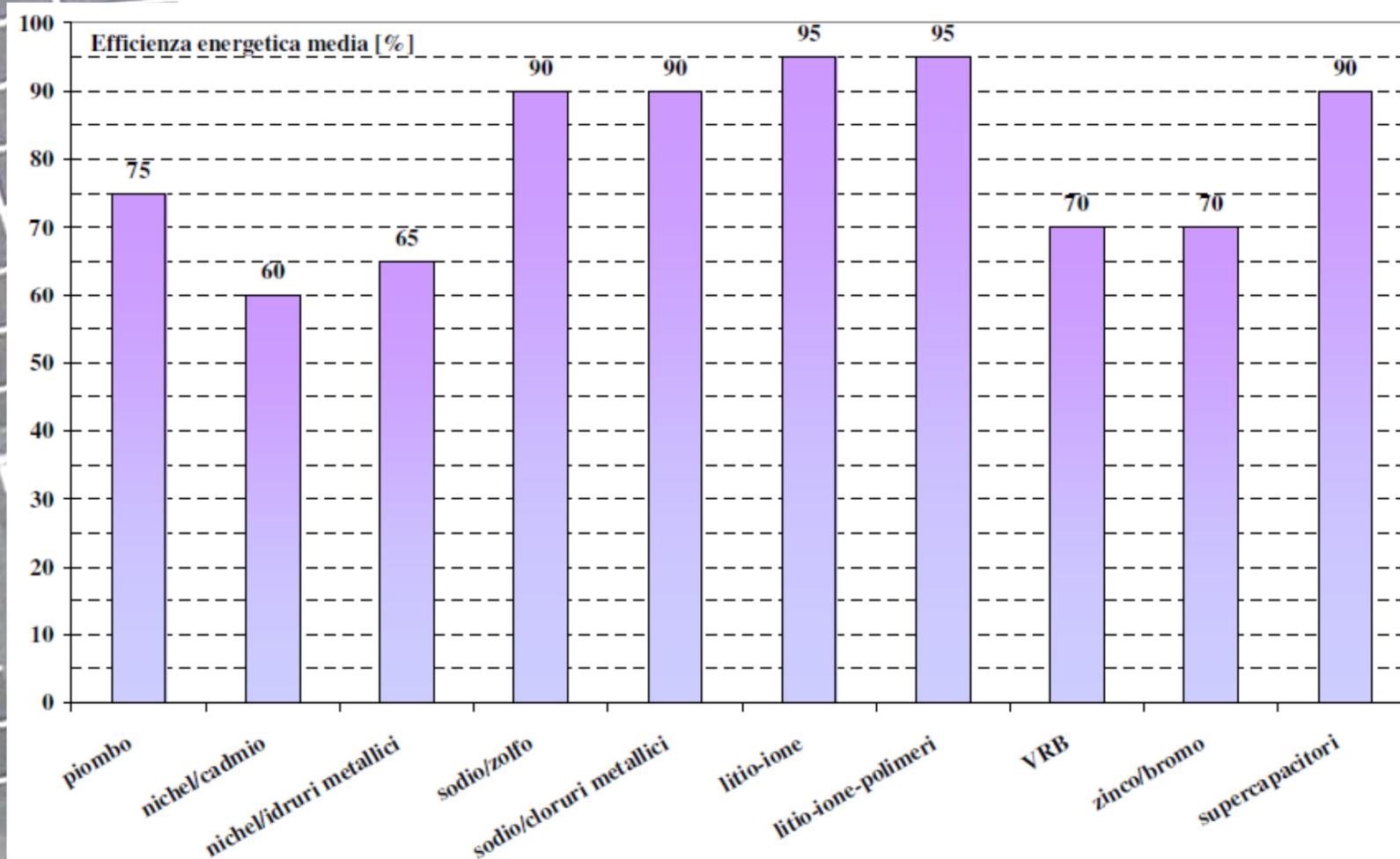
- Gli accumulatori al Piombo-acido, dal punto di vista costruttivo e applicativo, sono raggruppabili in 3 distinte categorie:
 - A vaso aperto
 - Ermetici
 - Con elettrolita in Gel
- Gli accumulatori a ioni di litio sono molto interessanti, soprattutto nella tecnologia litio-ferro-fosfato (LiFePO_4), 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

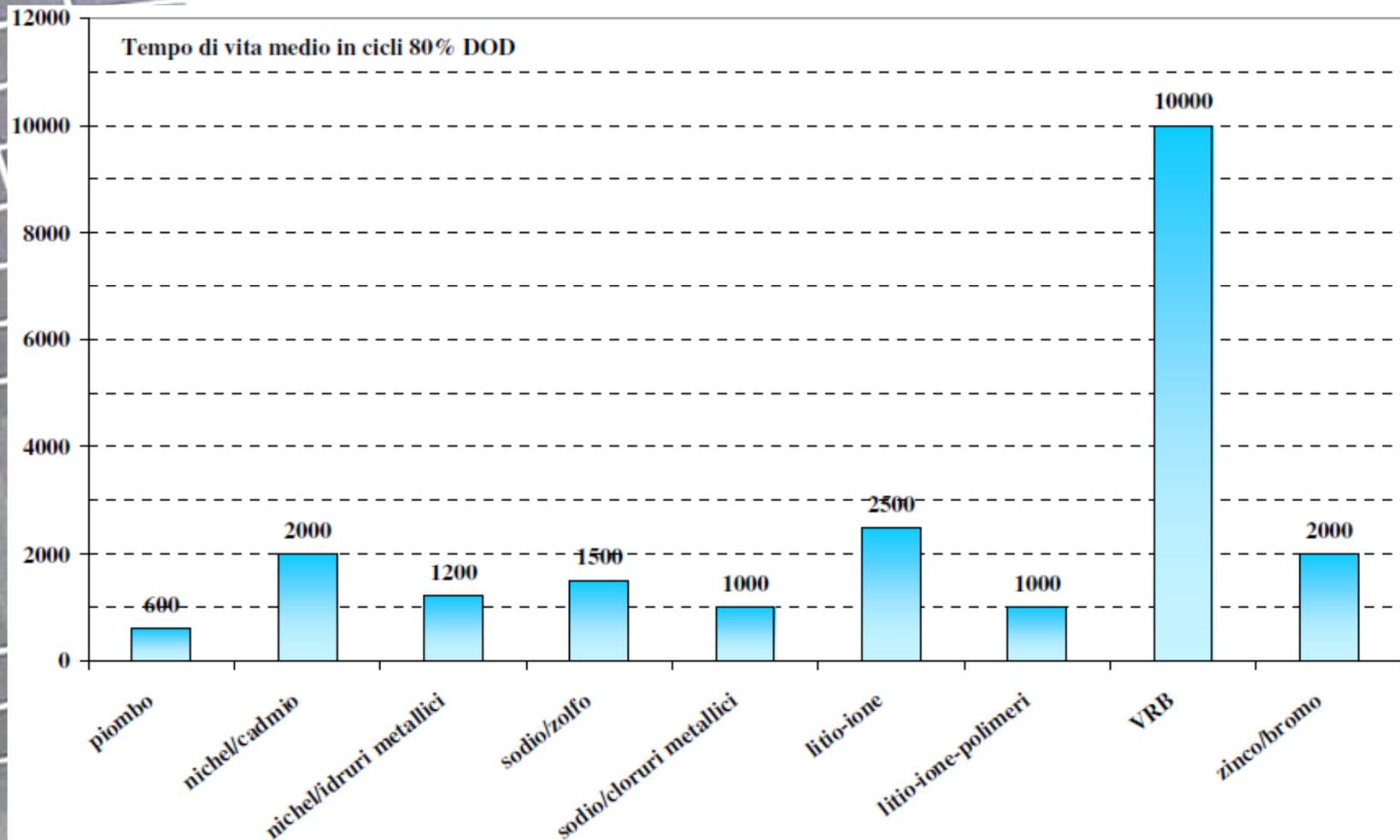
L'accumulo elettrico

Efficienza media di alcuni tipi di accumulo elettrochimico (ENEA)



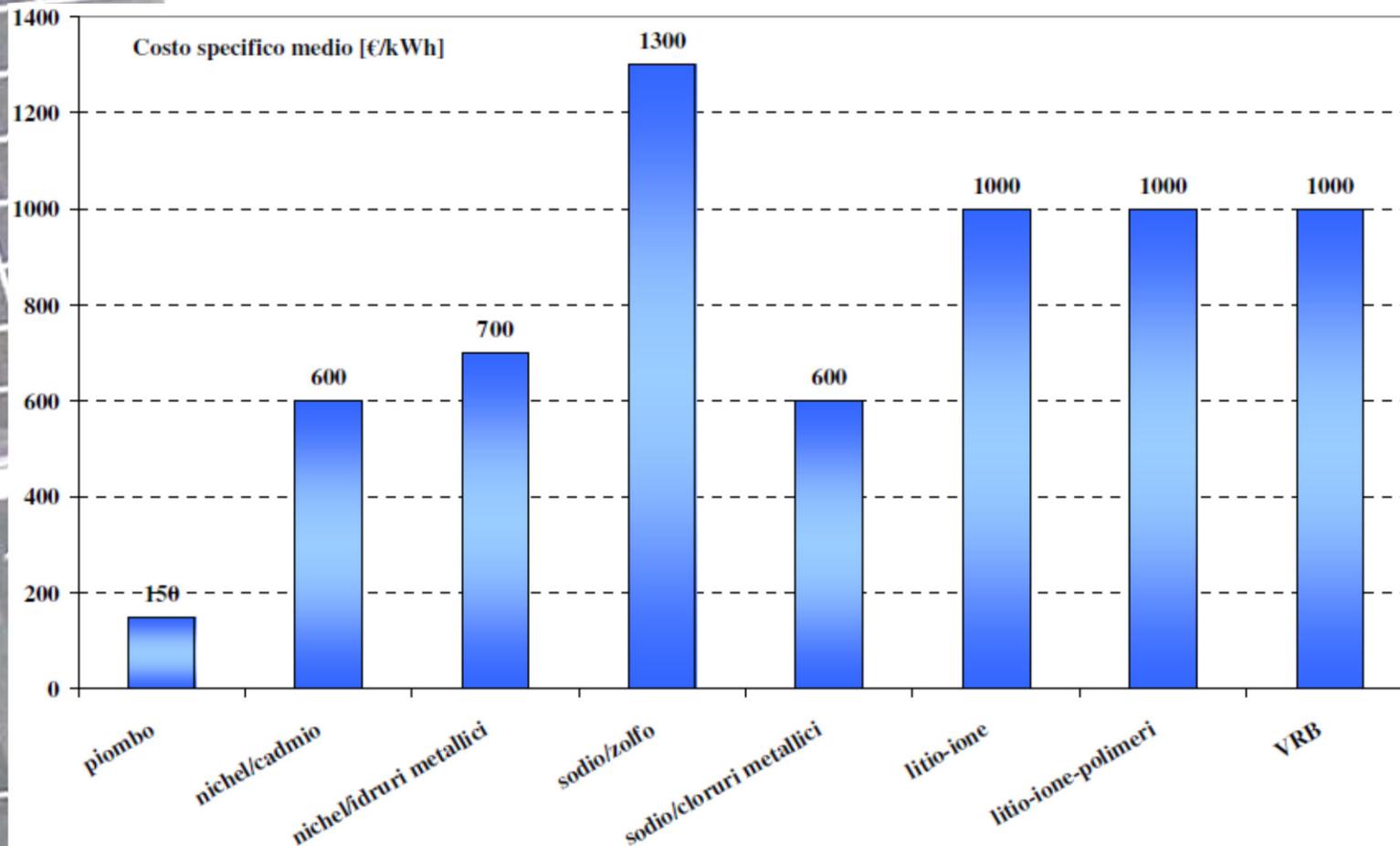
L'accumulo elettrico

Durata media in numero di cicli per alcuni tipi di accumulo (ENEA)



L'accumulo elettrico

Costo specifico medio per alcuni tipi di accumulo (ENEA)



I sistemi fotovoltaici ad accumulo

- I sistemi fotovoltaici con accumulo utilizzati in presenza della rete elettrica pubblica sono basati su criteri di progetto e componenti differenti rispetto ai sistemi fotovoltaici per servizio isolato
- Permangono alcune affinità relative alla gestione dell'accumulo e al comportamento in caso di mancanza rete
- La potenza prodotta dal generatore fotovoltaico passa attraverso uno stadio MPPT (Maximum Power Point Tracker) e arriva al gestore dell'accumulo, il quale si occupa di indirizzare tale potenza verso l'inverter e/o verso l'accumulo sulla base della differenza tra la potenza prodotta e quella consumata

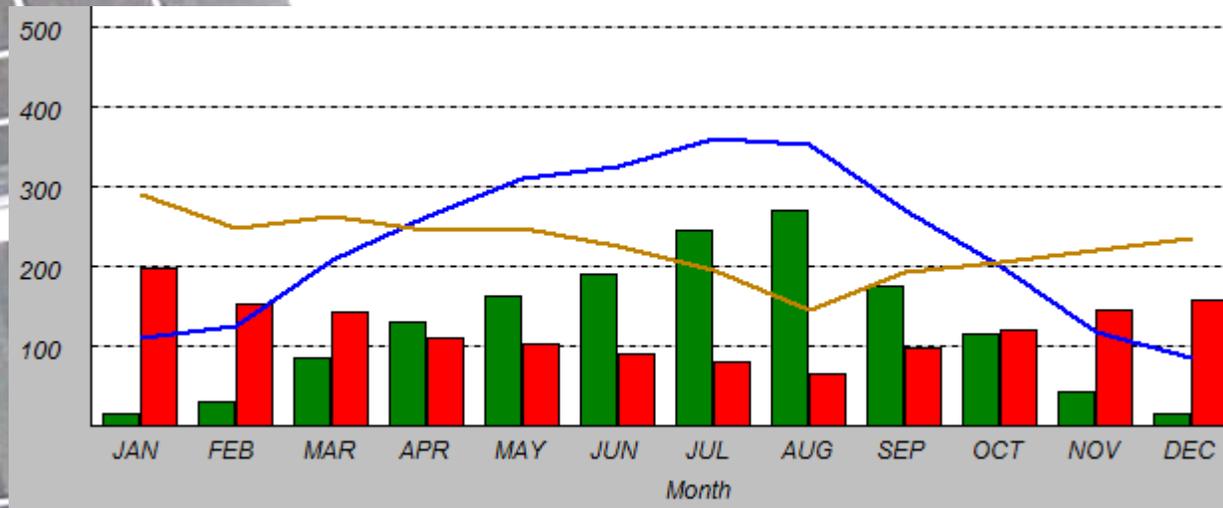
I sistemi fotovoltaici ad accumulo

- 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 e in molti casi annullare l'energia scambiata con la rete, sia per quanto riguarda le immissioni che per quanto riguarda i prelievi

I sistemi fotovoltaici ad accumulo

Esempio di abitazione (loc. Bologna):

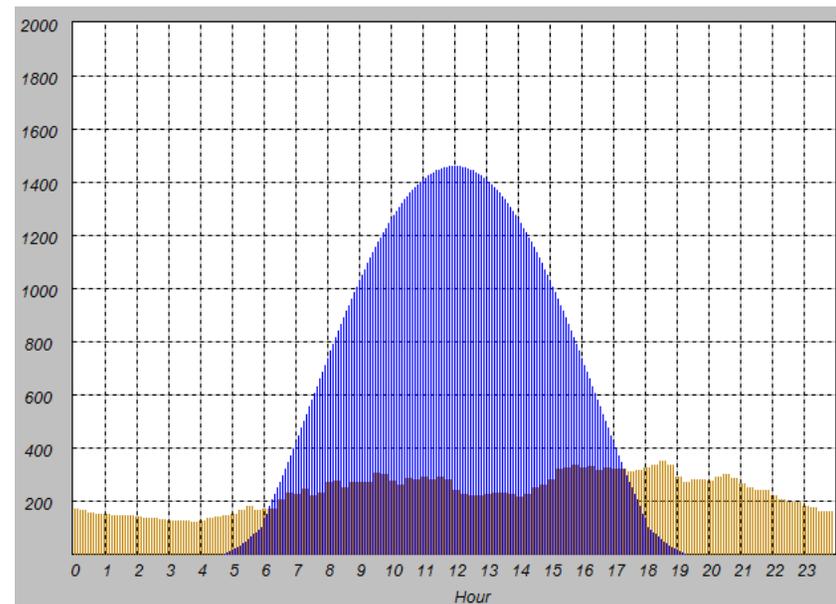
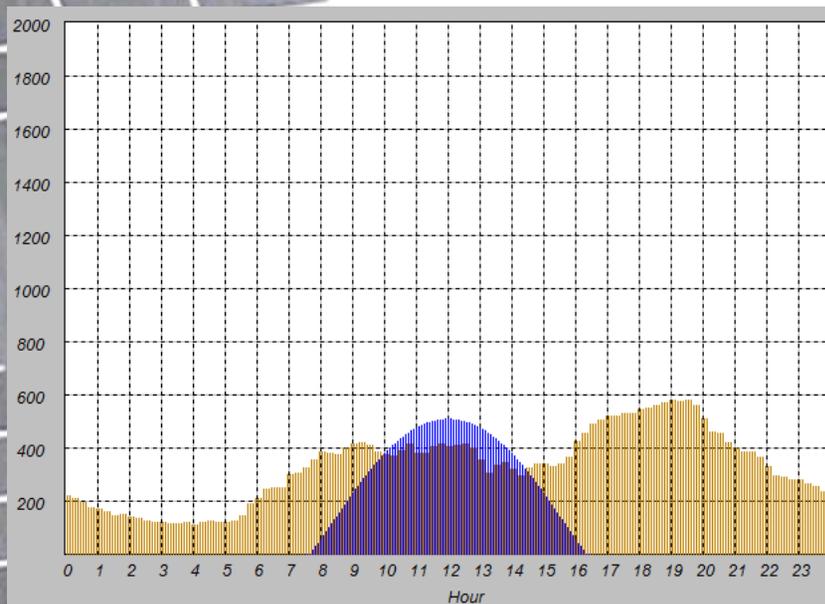
Consumo 2700 kWh/a, FV 2,5 kWp → 2700 kWh/a



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 ...)



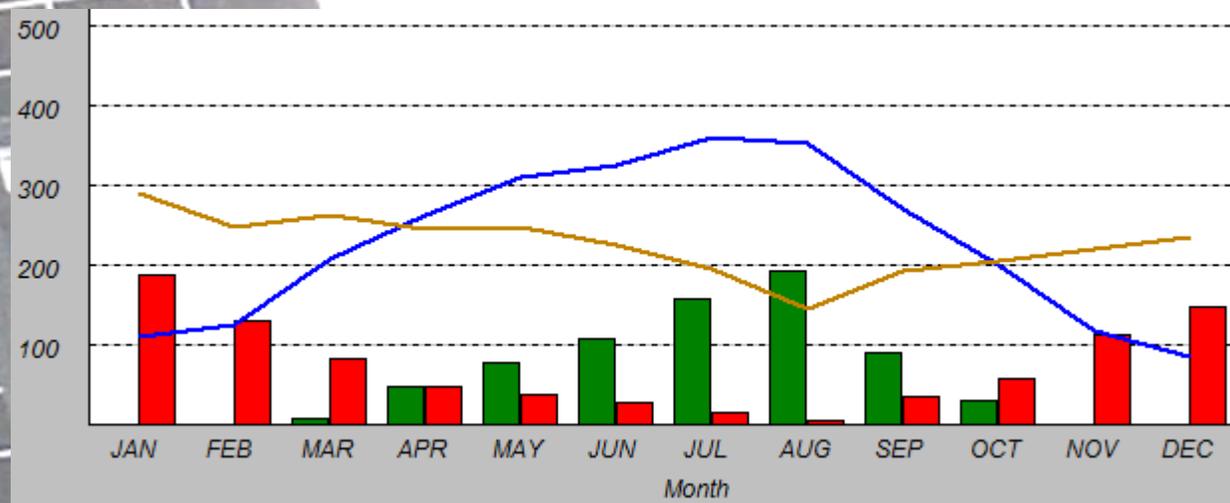
Giorni feriali tipici a dicembre e luglio

Studio Tecnico Groppi – www.sunsim.it

I sistemi fotovoltaici ad accumulo

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

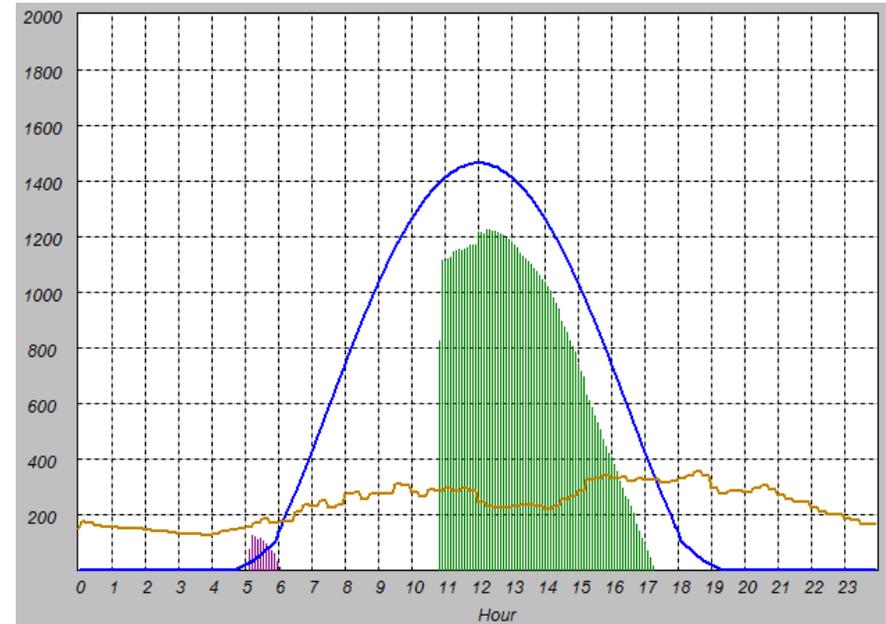
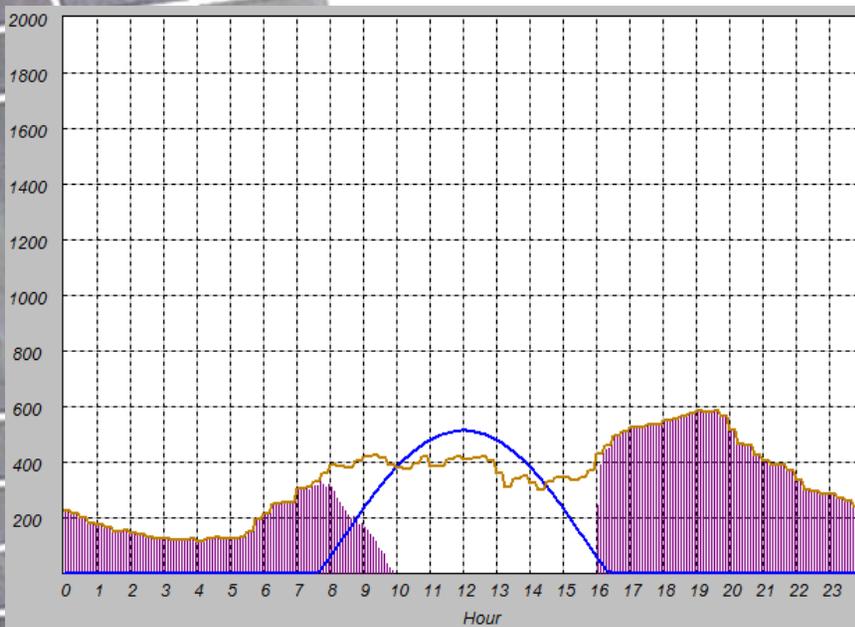
Esempio: 4 kWh al piombo-acido, 60% DOD, $\eta=75\%$



Autonomia = 68 %

I sistemi fotovoltaici ad accumulo

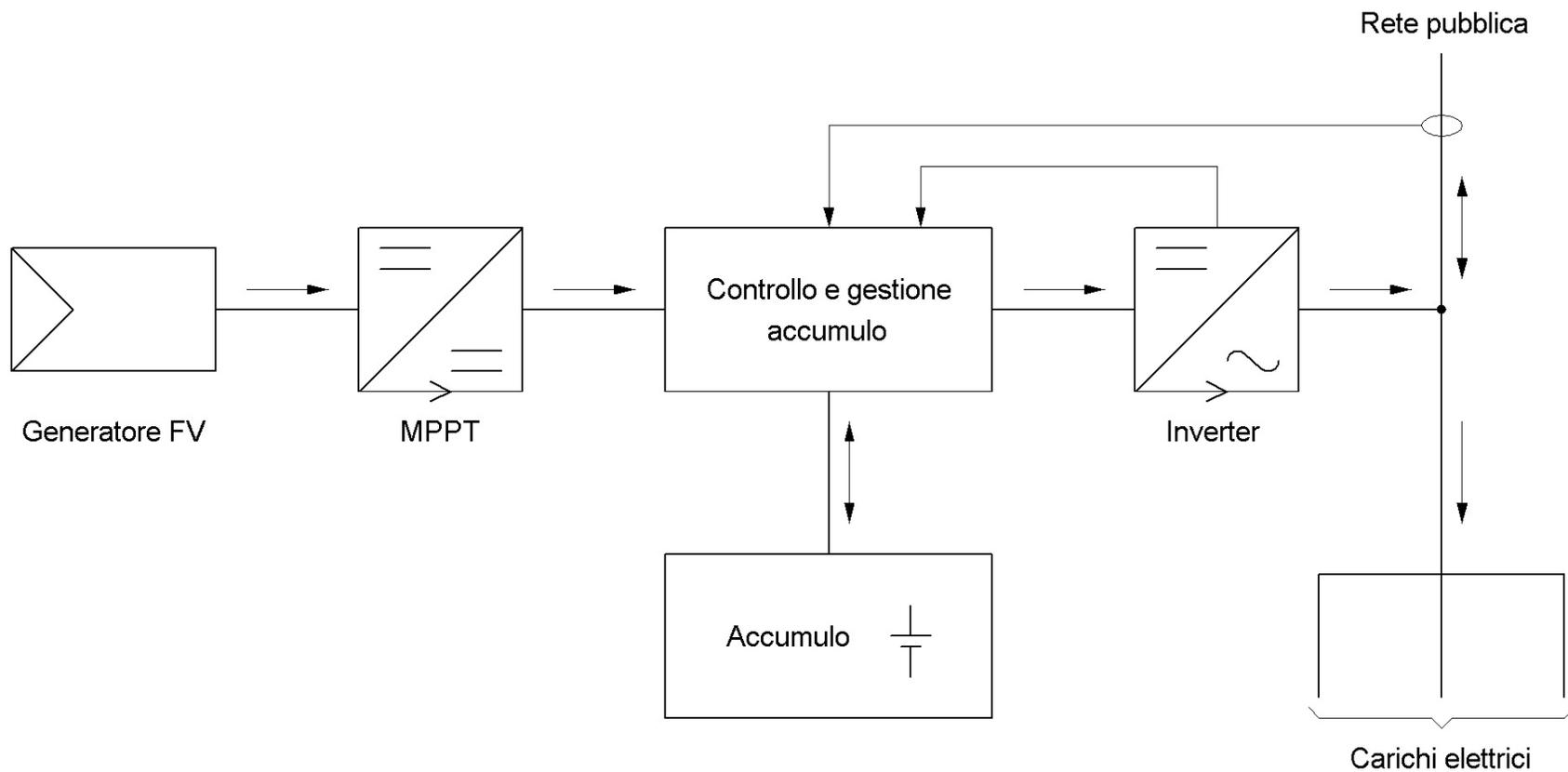
- L'accumulo è tipicamente sottoutilizzato nei periodi invernali
- Nei periodi estivi si verifica un surplus di energia che viene ceduto alla rete



Giorni feriali tipici a dicembre e luglio

I sistemi fotovoltaici ad accumulo

Impianto FV con accumulo indicato per impianti nuovi

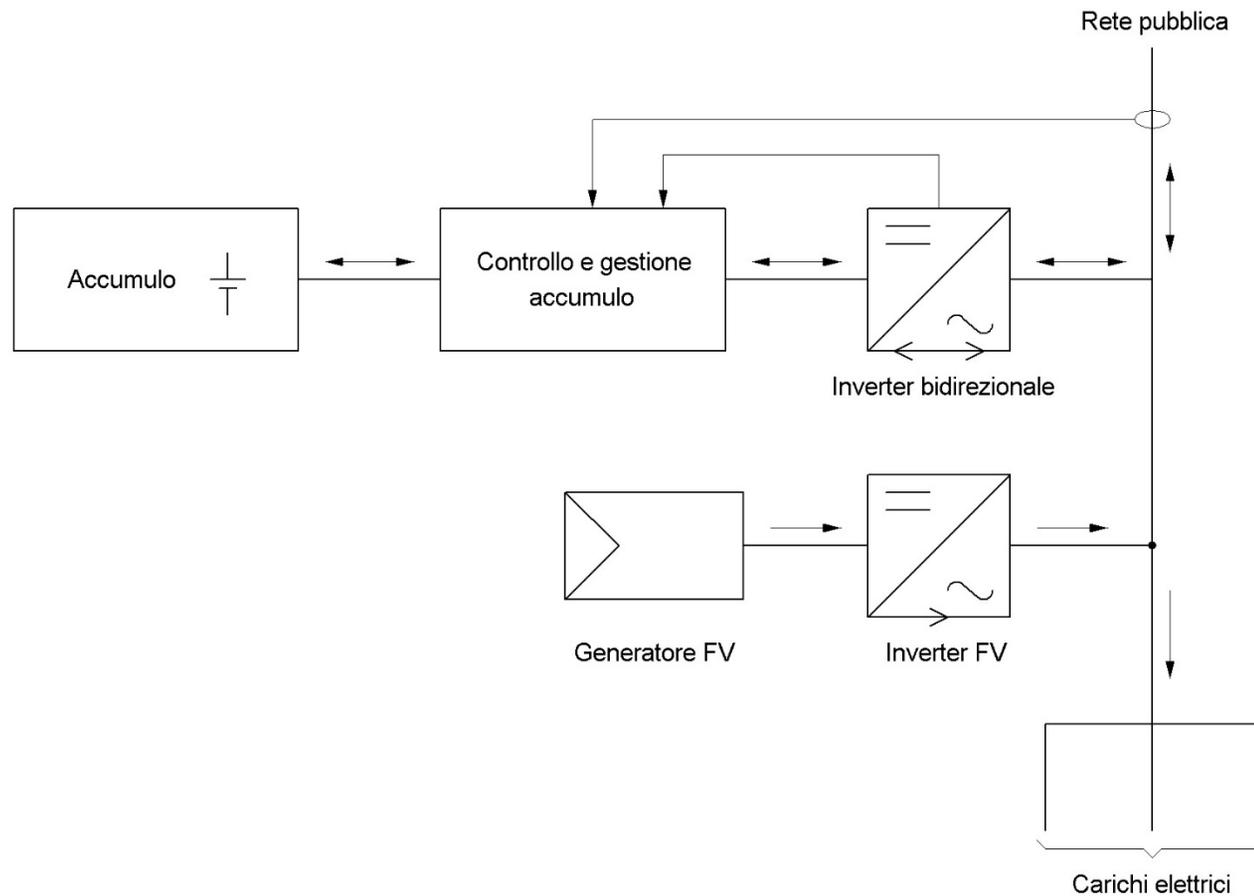


I sistemi fotovoltaici ad accumulo

- Nel caso di impianti esistenti, soprattutto se questi ultimi usufruiscono della tariffa incentivante, potrebbe non essere conveniente o possibile intervenire sull'impianto già realizzato
- L'intervento consiste allora nell'aggiunta di un sistema di accumulo separato lato corrente alternata
- Il sistema aggiunto (accumulo + controllore + inverter bidirezionale) tiene conto della potenza in transito sulla rete nelle due direzioni
- Esso interviene quindi assorbendo o restituendo un valore di potenza uguale a quello misurato in modo da compensare i flussi di potenza dovuti all'impianto esistente e ai carichi

I sistemi fotovoltaici ad accumulo

Impianto FV con accumulo indicato per impianti esistenti



I sistemi fotovoltaici ad accumulo

- I sistemi visti finora sono efficaci per quanto riguarda la riduzione degli scambi di energia con la rete ma, pur disponendo di una riserva di energia accumulata, non sono in grado di far fronte alle interruzioni della fornitura di energia elettrica
- Se invece si desidera avere un sistema in grado di alimentare i carichi anche in caso di black-out è necessario disporre di qualche funzione in più

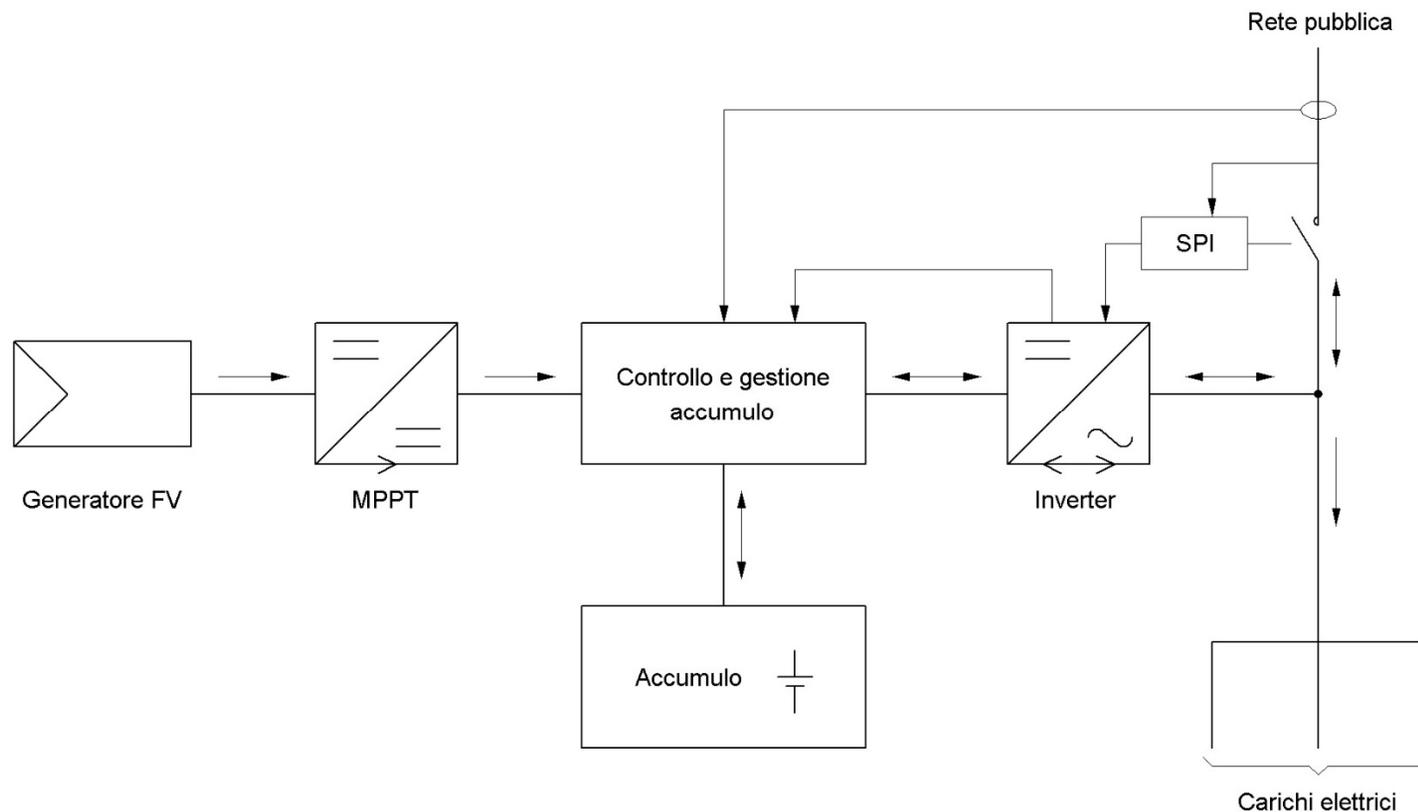


I sistemi fotovoltaici ad accumulo

- Le principali funzioni aggiuntive che un tale sistema deve possedere sono:
- Sistema di interfaccia (SPI) esterno all'inverter che sia in grado, all'occorrenza, di separare l'impianto fotovoltaico e i carichi propri rispetto alla rete fuori servizio
- Inverter in grado di modificare il proprio funzionamento sia per lavorare in parallelo alla rete che per gestire una propria rete isolata
- La capacità di ricevere le informazioni necessarie sullo stato della rete è fondamentale per potersi sincronizzare e riconnettere a questa in fase di richiusura della protezione

I sistemi fotovoltaici ad accumulo

Impianto FV con accumulo in grado di funzionare autonomamente in caso di black-out



I sistemi fotovoltaici ad accumulo

- La commutazione da rete pubblica a rete isolata è complessa perché l'inverter deve cambiare molto velocemente la propria configurazione
- Volendo mantenere dei tempi abbastanza rapidi di commutazione sui carichi, l'inverter deve elaborare le misure lato rete per poi modificare subito dopo il proprio modo di operare.
- Un limite evidente di questa configurazione è costituito dalla difficoltà a far fronte a periodi di disservizio medio lunghi, in quanto l'accumulo si trova a servire tutti i carichi allacciati senza distinzione
- Un'opportuna gestione dei carichi permette di incrementare notevolmente le prestazioni di questi sistemi.

I sistemi fotovoltaici ad accumulo

- Vi sono anche impianti fotovoltaici che, pur essendo stati concepiti per il servizio isolato, sono però in grado di interagire con la rete in vari modi, tra cui:
 - Caricare l'accumulo dalla rete nei periodi in cui l'energia prodotta dal generatore fotovoltaico è insufficiente.
 - Commutare i carichi o parte di essi dalla rete all'inverter e viceversa a seconda della disponibilità della fonte solare rispetto all'energia consumata
- Si rivelano particolarmente utili nei Paesi in cui la rete è poco affidabile e presenta frequenti disservizi
- Tuttavia potrebbero trovare applicazione anche nel nostro Paese sfruttando la semplicità costruttiva degli inverter impiegati

I sistemi fotovoltaici ad accumulo

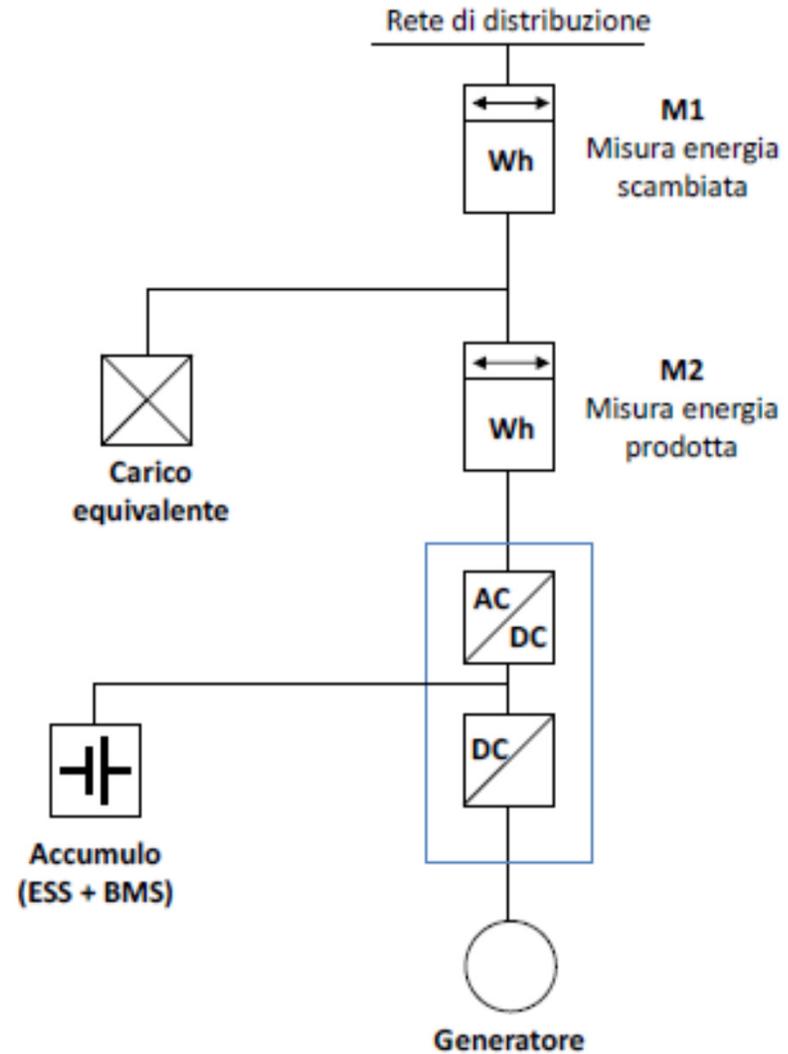
- Una ulteriore categoria di impianti è rappresentata dalle piccole reti isolate (micro-grid)
- Tipicamente, è presente un gestore dell'accumulo con inverter bidirezionale in grado di sostenere la rete a tensione e frequenza costanti
- I generatori e i carichi sono collegati tra loro in parallelo alla micro-grid che può essere monofase o trifase
- Al gestore dell'accumulo è demandato pertanto il compito di compensare il bilancio energetico complessivo, provvedendo ad accumulare energia quando è in eccesso per poi restituirla quando la rete lo richiede

La normativa attuale

- Le recenti varianti delle norme CEI per la connessione dei generatori alla rete tengono conto dei sistemi ad accumulo:
 - Variante V1 alla CEI 0-16 (connessioni in MT)
 - Variante V2 alla CEI 0-16 (connessioni in BT)
- Le nuove norme prendono in considerazione, in particolare, le posizioni dei contatori:
 - Contatore bidirezionale di energia scambiata con la rete M1
 - Contatore di energia prodotta M2 che, nel caso di accumulo lato DC deve essere bidirezionale (per via della tariffa incentivante)
 - Eventuale contatore per la misura dell'energia in transito verso l'accumulo M3
- Sono possibili 3 differenti configurazioni

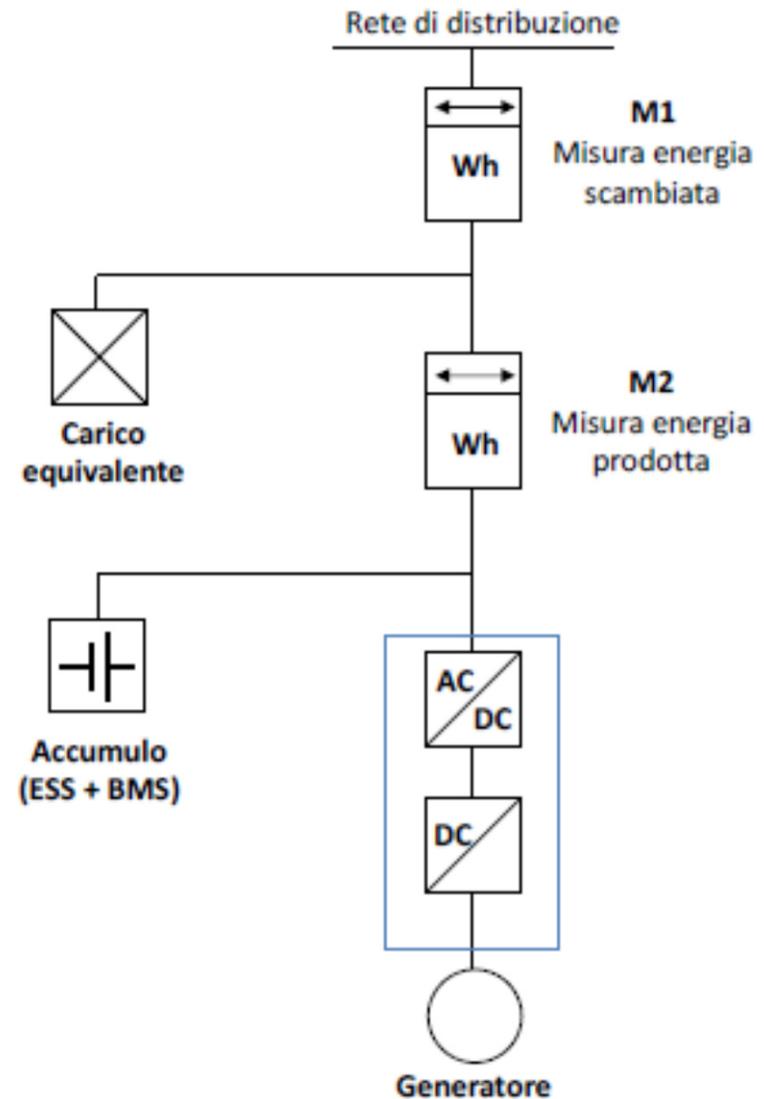
La normativa attuale

Misura dei flussi di energia con accumulo posizionato nella parte d'impianto in corrente continua



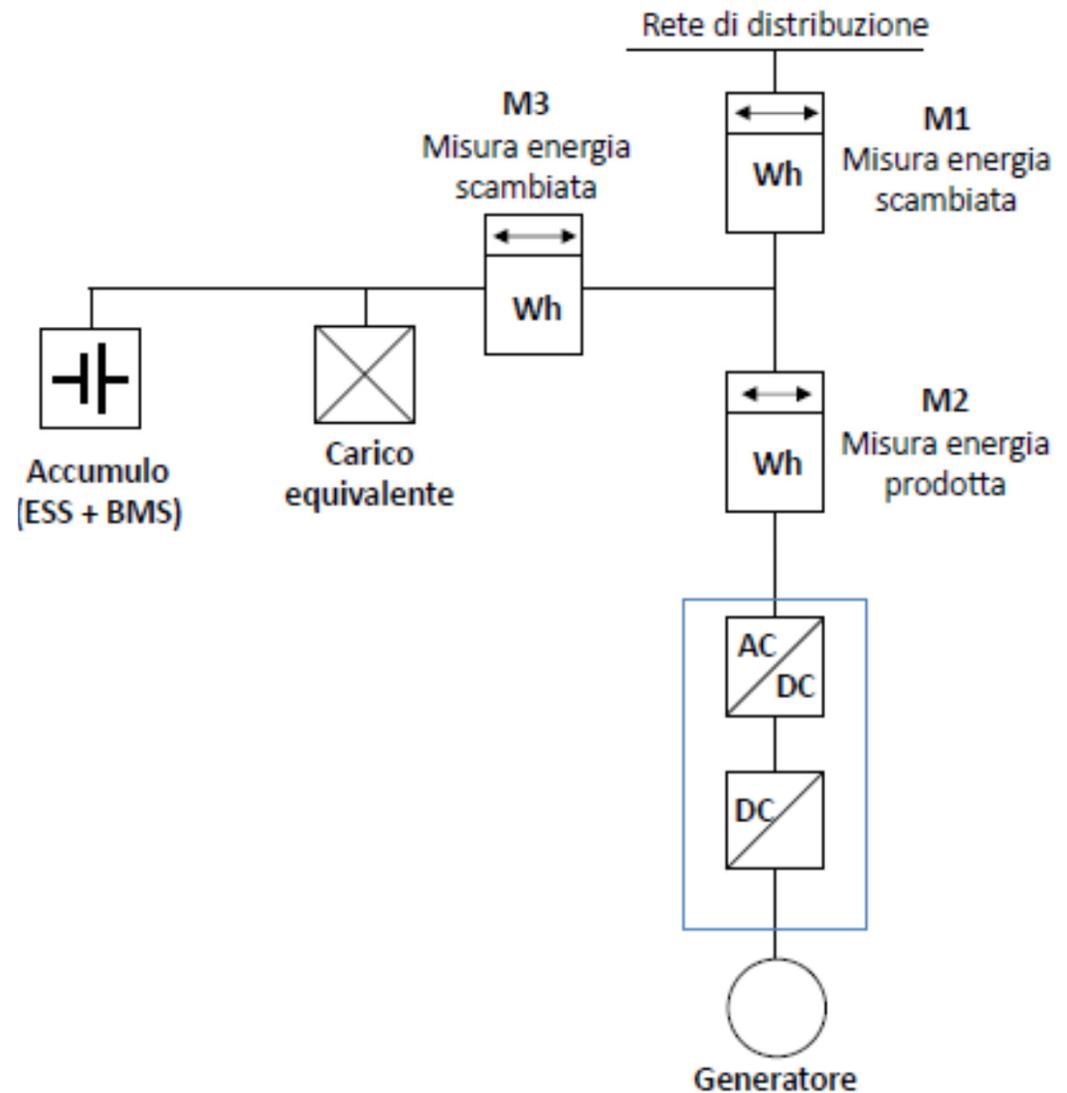
La normativa attuale

Misura dei flussi di energia con accumulo posizionato nella parte d'impianto in corrente alternata a valle del contatore dell'energia prodotta



La normativa attuale

Misura dei flussi di energia con accumulo posizionato nella parte d'impianto in corrente alternata a monte del contatore dell'energia prodotta



La normativa attuale

- Attualmente non sono ancora stati chiariti alcuni aspetti normativi riguardanti la connessione degli accumuli alla rete (Documento per la consultazione 613/2013/R/eel)
- Il costo degli impianti fotovoltaici con accumulo si aggira intorno al 50% in più rispetto ai sistemi tradizionali (piccoli impianti)
- In assenza di opportuni incentivi gli impianti fotovoltaici con accumulo rimangono un settore di nicchia ma con i seguenti punti di forza:
 - Costituiscono comunque una **riserva di potenza** utilizzabile durante i picchi di carico
 - Possono far fronte a **occasional black-out**

Aspetti riguardanti la sicurezza

- per gli impianti fotovoltaici con accumulo valgono alcune aggiunte specifiche per il sistema di accumulo dell'energia.
- Le batterie al piombo presentano i ben noti problemi di **formazione di idrogeno** in caso di sovraccarica soprattutto nel caso di accumulatori a vaso aperto
- Gli accumulatori ermetici e quelli con elettrolita in gel possono presentare anch'essi questo problema ma in misura minore
- In genere il regolatore di carica tiene conto delle diverse tipologie di batterie impiegate e in questi casi interviene prima che la formazione di idrogeno e ossigeno vada oltre la capacità di ricombinazione interna dei singoli elementi

Aspetti riguardanti la sicurezza

- Negli elementi delle batterie di tipo ermetico si potrebbe verificare la fuoriuscita dell'idrogeno prodotto dall'elettrolisi dell'acqua che però non può essere reintegrata, provocando così il danneggiamento irreversibile degli elementi.
- Negli accumulatori a vaso aperto invece, il fenomeno della gassificazione dell'elettrolita non è di per se distruttivo, almeno se contenuto entro certi limiti (eventualità tollerata talvolta indotta per limitati periodi di tempo)
- I locali che ospitano le batterie al piombo, in particolare se a vaso aperto, devono quindi essere ben areati e senza sorgenti di innesco della fiamma in prossimità delle batterie stesse (CEI EN 50272-2)

Aspetti riguardanti la sicurezza

- Recentemente è stata pubblicata la norma internazionale IEC 62485-2 che affronta tutti i principali aspetti riguardanti la sicurezza per le batterie al piombo-acido, NiCd e NiMH.
- Il comportamento delle batterie a ioni di litio presenta degli aspetti specifici dipendenti dalla tipologia della cella, dall'elettrolita impiegato e dal costruttore
- Alcuni problemi possono presentarsi in caso di **sovraccarica** e di **scarica profonda**
- Gli effetti conseguenti a una gestione errata, soprattutto per alcune tipologie come quella all'ossido di litio e cobalto, in casi estremi possono infatti portare a fenomeni di **thermal runaway**, con conseguente incendio o esplosione del componente

Esempi – NEDAP Power Router (1)

Uscita CA	PR50SB-BS/S24	PR37SB-BS/S24	PR30SB-BS/S24
Potenza continua in uscita a 40 °C (P nom)	5000 W (DE: 4600 W)	3700 W (DE/UK/PT: 3680 W)	3000 W
Corrente CA in uscita	da 25 A (DE: 22 A)	da 16 A	da 13 A
Cos Phi	1 (DE: 0.9 ind. ... 0.9 cap. regolabile)		
Tensione in uscita nominale	230 V c.a., 50 Hz		
Range di tensione CA in uscita	180-264 V c.a. 45-55 Hz (limitata dalle normative anti-islanding locali)		
Tensione CA in uscita (uscita locale)	230 V c.a. ± 2%, 50 Hz ± 0,2%, onda sinusoidale vera <3% THD, fase singola		
Potenza di picco (uscita locale)	2 x P _{nom.} , 10 sec.		
Protezione	elettronica, con fusibili		
Consumo in standby	≤ 11W		
Interfaccia utente	display con 4 tasti di controllo		
Connettività	ethernet RJ45, TCP/IP		
Sensore monofase (p/n PRA1SENSE)	incluso: per controllo feed-in e monitoraggio del consumo energetico		
Sensore trifase (p/n PRA3SENSE)	opzionale: per il monitoraggio del consumo energetico		
Relè di gestione dell'energia	2 inclusi, NO/NC, 250 V c.a., 1 A, 24 V c.c., 5 A		

Solare	PR50SB-BS/S24	PR37SB-BS/S24	PR30SB-BS/S24
Ingresso Max.	5,5 kWp e 15 A per stringa	4 kWp e 15 A per stringa	3,3 kWp e 15 A
N. di ingressi	2	2	1
Num. di tracker MPP	2, compl. indipendenti	2, compl. indipendenti	1
Interruttore di disconnessione CC	4 poli, 600 V, 15 A	4 poli, 600 V, 15 A	2 poli, 600 V, 15 A
Tensione in ingresso	100 – 600 V c.c. per stringa		
Tensione MPP	180 – 480 V c.c. per stringa		
Tipologia connettori	MC4		
Efficienza max.	94% (93% EU)		
Efficienza max. MPP	99,9%		

Esempi – NEDAP Power Router (2)

Acido piombo (wet/gel) e AGM	PR50SB-BS/S24	PR37SB-BS/S24	PR30SB-BS/S24
Range di tensione delle batterie (Vout)	21 - 31 V c.c.		
Corrente di carica	25 - 200 A continua, programmabile	25 - 155 A continua, programmabile	25 - 125 A continua, programmabile
Capacità batteria	min. 100 Ah, a 25A di corrente di ricarica		
Curva di ricarica	a 3 stadi adattiva con manutenzione		
Protezione contro i cortocircuiti	elettronica, apertura interruttore su corrente di carica massima: < 1 sec		
Compensazione di temperatura batteria	inclusa		
Sensore voltaggio batteria	integrato		
Shunt di corrente	integrato		
Ambiente	PR50SB-BS/S24	PR37SB-BS/S24	PR30SB-BS/S24
Gamma temperature d'esercizio (a piena potenza)	da -10 °C a +50 °C (depotenziamento da 40 °C)		
Temperatura di conservazione	da -40 a +70 °C		
Umidità	massimo 95% senza condensa		
Approvazioni e standard normativi	CE, VDE-AR-N 4105:2011-08, EEG 2012, C-Tick		
Sicurezza	EN 60950-1, EN 62109-1, EN 60335-2-29		
Emissioni	EN 55014-1, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-6-3		
Immunità	EN 55014-2, EN 61000-6-2		
Protezione anti-islanding	VDE 0126.1.1, G83/1(UK), RD1663/2000(ESP), DK5940 E.d. 2.2, CEI 0-21 in attesa (IT), AS4777 (visitare www.PowerRouter.com per una panoramica completa)		
Garanzia	cinque anni (opzionale: estensione a dieci anni)		
Generalità	PR50SB-BS/S24	PR37SB-BS/S24	PR30SB-BS/S24
Dimensioni dell'unità (LxAxP)	765 x 502 x 149 mm		
Classe di protezione	Per interni (IP20)		
Peso	20,5 kg		
Tipologia	trasformatore d'isolamento galvanico		
Raffreddamento	ventilazione forzata		

Esempi – BOSCH BPT-S 5 Hybrid (1)

Sistema	4,4 kWh	6,6 kWh	8,8 kWh	11 kWh	13,2 kWh
Dati di ingresso					
Potenza lato c.c. consigliata	5 kW	5 kW	5 kW	5 kW	5 kW
Max tensione di ingresso lato c.c. (V_{dcmax})	940 V	940 V	940 V	940 V	940 V
Min tensione di ingresso lato c.c. (V_{dcmin})	240 V	240 V	240 V	240 V	240 V
Max tensione MPP (V_{mppmax})	750 V	750 V	750 V	750 V	750 V
Min tensione MPP (V_{mppmin})	275 V	275 V	275 V	275 V	275 V
Max corrente di ingresso (I_{dcmax})	19 A	19 A	19 A	19 A	19 A
Numero di regolatori MPP	1	1	1	1	1
Tipo di collegamento	Morsetti a vite (sezione da 16 mm ²)				
Numero di ingressi c.c.	1	1	1	1	1
Precisione MPP	> 99%	> 99%	> 99%	> 99%	> 99%
Dati di uscita					
Tensione di alimentazione nominale ($V_{ac,r}$)	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V
Max corrente di uscita (I_{acmax})	22 A	22 A	22 A	22 A	22 A
Potenza nominale ($S_{ac,r}$)	5 kVA ¹	5 kVA ¹	5 kVA ¹	5 kVA ¹	5 kVA ¹
Max potenza apparente (S_{acmax})	5 kVA ¹	5 kVA ¹	5 kVA ¹	5 kVA ¹	5 kVA ¹
Frequenza nominale (f_r)	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Max / min frequenza (f_{max}) / (f_{min})	51,5 Hz / 47,5 Hz				
Fattore di potenza ($\cos \phi$)	0,7 sovraccitato / 0,7 sottoeccitato				
Tipo di alimentazione	Monofase	Monofase	Monofase	Monofase	Monofase
Tipo di collegamento	Morsetto a vite (sezione 4 mm ²)				
Tipo di rete necessario	Rete TN / rete TT				
Fattore di distorsione (alla potenza nominale)	≤ 3%	≤ 3%	≤ 3%	≤ 3%	≤ 3%

Esempi – BOSCH BPT-S 5 Hybrid (2)

Efficienza					
Max efficienza (inverter)	97,7%	97,7%	97,7%	97,7%	97,7%
Efficienza sistema complessivo	90%	90%	90%	90%	90%
Efficienza funzionamento di emergenza	94%	94%	94%	94%	94%
Dati batteria					
Tensione nominale ($V_{dc,r}$)	96 V	144 V	192 V	240 V	288 V
Max tensione di uscita ($V_{batdcmax}$)	112 V	168 V	224 V	280 V	336 V
Capacità di memoria	4,4 kWh	6,6 kWh	8,8 kWh	11 kWh	13,2 kWh
Tipo di batteria	Agli ioni di litio (NCA ²)				
DOD ¹	70%	70%	80%	80%	80%
Vita utile prevista	15 anni	15 anni	20 anni	20 anni	20 anni
Max capacità di caricamento e scaricamento	2,5 kW	3,75 kW	5 kW	5 kW	5 kW
Alimentatore di emergenza					
Possibilità di alimentazione di emergenza	Limitata ³	Limitata ³	Sì	Sì	Sì
Tensione nominale	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V
Corrente nominale	13 A	13 A	13 A	13 A	13 A
Max corrente di uscita	22 A	22 A	22 A	22 A	22 A
Max potenza di uscita	2,5 kW	3,75 kW	5 kW	5 kW	5 kW
Frequenza nominale (f_r)	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Azionamento relè di emergenza	24 V c.c. / 0,5 A	24 V c.c. / 0,5 A	24 V c.c. / 0,5 A	24 V c.c. / 0,5 A	24 V c.c. / 0,5 A
Tipo di collegamento	Morsetti a vite (sezione da 10 mm ²)				
Tipo di alimentazione	Monofase	Monofase	Monofase	Monofase	Monofase



La gestione dei carichi



La gestione dei carichi

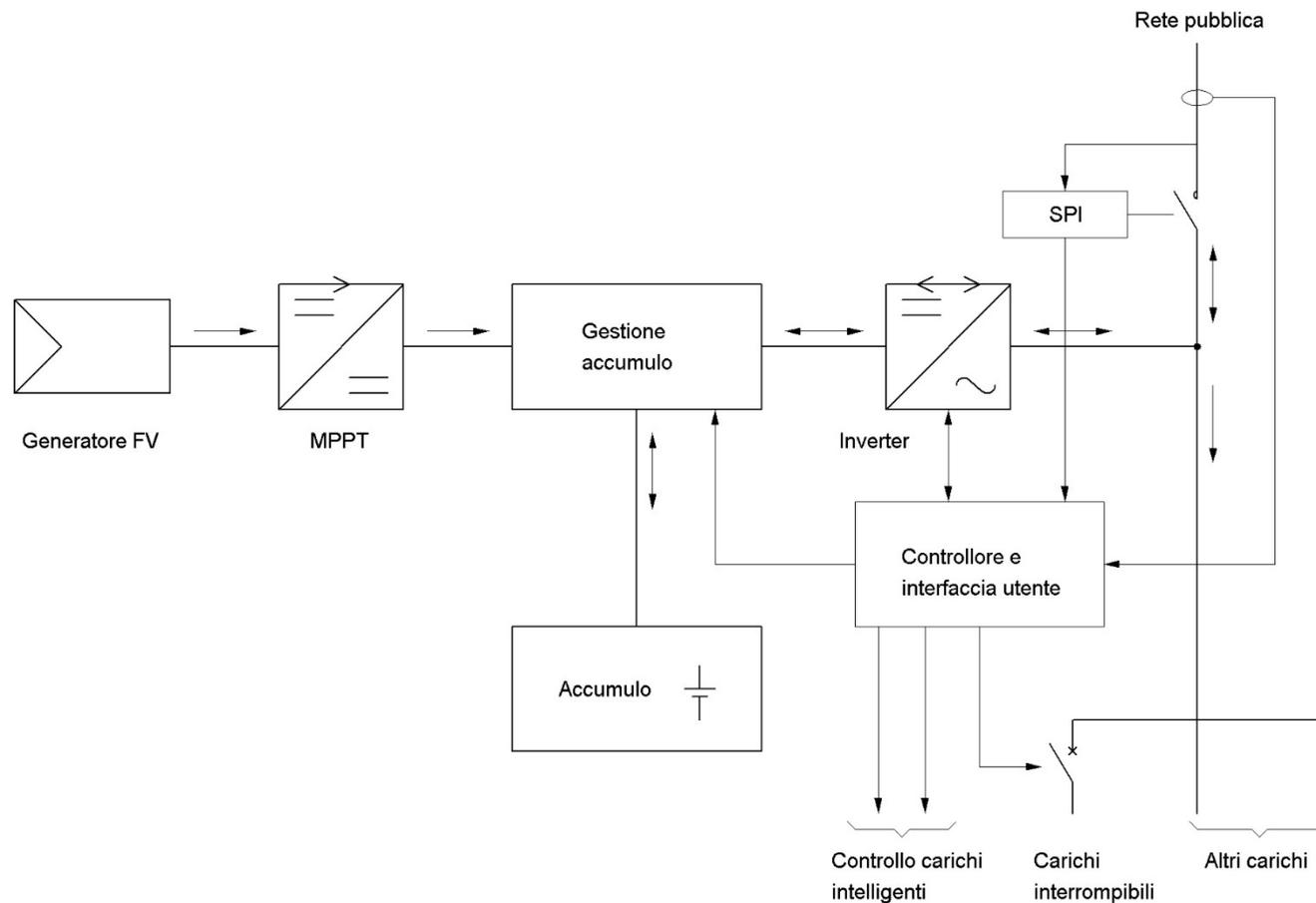
- Per incrementare l'autoconsumo, oltre che sul lato produzione è possibile intervenire anche sul lato utenza aumentando la contemporaneità tra domanda e offerta di energia.
- Una opportuna gestione dei carichi può essere attuata in alternativa all'accumulo energetico oppure integrarsi con quest'ultimo, per costituire un unico sistema di produzione e gestione dell'energia
 - L'accumulo avrebbe quindi il compito di soddisfare i carichi non temporalmente trasferibili
 - Un opportuno sistema di controllo delle utenze provvederebbe a gestire i carichi temporalmente trasferibili facendone coincidere l'entrata in funzione con i periodi di produzione fotovoltaica.

La gestione dei carichi

- I carichi possono essere suddivisi in:
 - **Carichi non interrompibili**, che per determinati motivi non possono essere soggetti a controllo o interruzione.
 - **Carichi interrompibili intervenendo sull'alimentazione**, che quindi possono essere disalimentati e rialimentati senza che questo ne comprometta la funzionalità (scaldacqua, condizionatori e PDC, irrigatori, alcuni utensili)
 - **Carichi intelligenti** in grado di dialogare con un sistema di controllo, in modo da poterne trasferire il carico elettrico nei periodi più favorevoli ma nel rispetto delle specifiche esigenze funzionali (es. cicli di lavaggio per lavabiancheria e lavastoviglie)

La gestione dei carichi

Schema di principio di un sistema fotovoltaico con accumulo e gestione dei carichi



La gestione dei carichi

- Attualmente gli apparecchi per uso domestico in grado di dialogare con un sistema di controllo **non sono molto diffusi** e quelli disponibili sono spesso orientati alle funzioni tipiche degli impianti domotici (illuminazione, riscaldamento, sicurezza), oppure all'informazione e all'intrattenimento (televisori, computer)
- La comunicazione tra apparecchi di costruttori diversi non è sempre agevole, anche nel caso di protocolli standard (es. Konnex – KNX)
- Si sta anche cercando di introdurre l'uso di linguaggi aperti (es. OpenWebNet)
- Il sistema di controllo dei carichi dovrebbe inoltre integrarsi e comunicare con un eventuale sistema domotico già presente

La gestione dei carichi

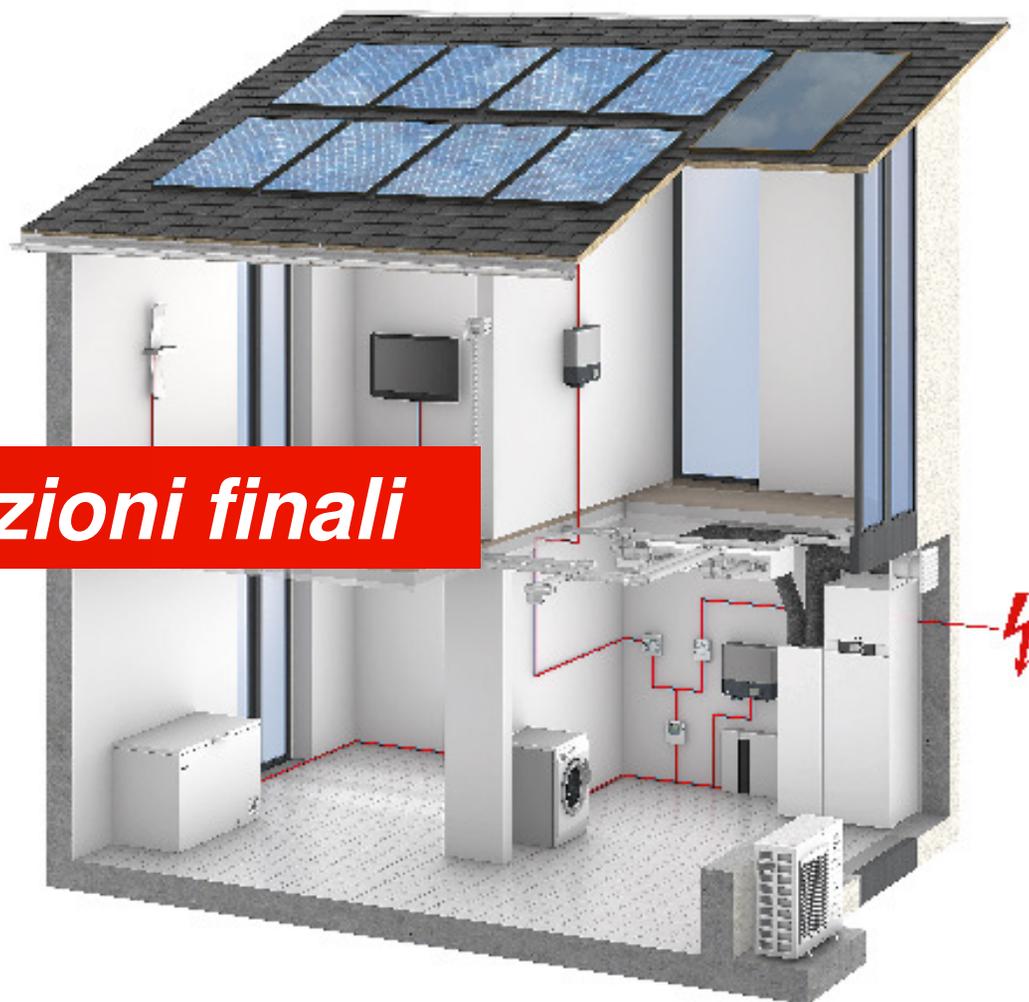
- L'aggiunta di sistemi di accumulo e di controllo dei carichi agli impianti fotovoltaici non consente più comportamenti di tipo *fit and forget*, ma richiede invece una maggiore consapevolezza da parte dell'utente su ciò che il sistema sta facendo ed è in grado di fare
- Occorre capire se le scelte effettuate si adattano ai profili di consumo esistenti e consentono quindi di raggiungere gli obiettivi sperati
- Inoltre, un sistema a cui è stato affidato il controllo di carichi, anche importanti, in un'abitazione deve poter essere utilizzato dagli occupanti in modo semplice e immediato, anche permettendo una sua facile esclusione in casi particolari e/o di emergenza

La gestione dei carichi

Esempio di pagine interattive per la gestione dei sistemi con accumulo energetico



Considerazioni finali



Considerazioni finali

- La percentuale di energia autoconsumata, rispetto al totale prodotto, dipende ovviamente da molti fattori. primo fra tutti il profilo di carico dell'utenza
- Considerando un'utenza domestica media, con il solo accumulo è possibile portare l'energia autoconsumata anche al 60÷70 %
- Se si aggiunge la gestione dei carichi tale valore sale ulteriormente fino a tendere al completo autoconsumo



Considerazioni finali

- Il principale fattore che contribuisce ad abbassare la quota di energia autoconsumata è però spesso rappresentato dall'energia prodotta in estate nei periodi di ferie e festivi
- In questi casi si è spesso in presenza di un surplus di energia che non trova utilizzo nei normali carichi domestici e diventa quindi illusorio cercare di raggiungere a tutti i costi il 100% di autoconsumo quando la situazione non lo consente
- Nei casi in cui la produzione dovesse risultare comunque eccedente, conviene cedere alla rete il surplus energetico piuttosto che ricorrere ad impieghi fittizi che sfruttano poco e male (quando lo fanno) l'energia elettrica

Considerazioni finali

- Uno dei benefici effetti indotti dalla diffusione degli impianti fotovoltaici è stato quello di rendere gli utenti più consapevoli dei propri consumi elettrici
- Gli utenti fotovoltaici sono portati a dare maggiore valore all'energia elettrica e hanno spesso adottato comportamenti più virtuosi razionalizzando i propri consumi e utilizzando apparecchi di classe energetica elevata
- Questa tendenza deve essere incoraggiata anche in presenza di impianti che permettono di incrementare l'autoconsumo e quindi si può sicuramente affermare che a un maggiore autoconsumo non devono corrispondere maggiori consumi

Grazie per l'attenzione