

# **Collana Fotovoltaica**

## **2° - CICLO**

*1° ABC di un impianto  
fotovoltaico*

*2° Scelta IFV  
residenziale*

*3° La domotica nel  
fotovoltaico*



*4° Valutazioni economiche  
Impatto ambientale*

*5°- I numeri del FV,  
prospettive per  
la e-mobility*

# ABC dell'impianto fotovoltaico



**UTE 18-19**

# IFV connessi in rete ( grid connected )

Non hanno le batterie di accumulo  
- l'effetto volano elettrico è svolto  
dalla rete d'interconnessione.

- **Più affidabili** poiché in caso di  
guasto, bypassano la rete.

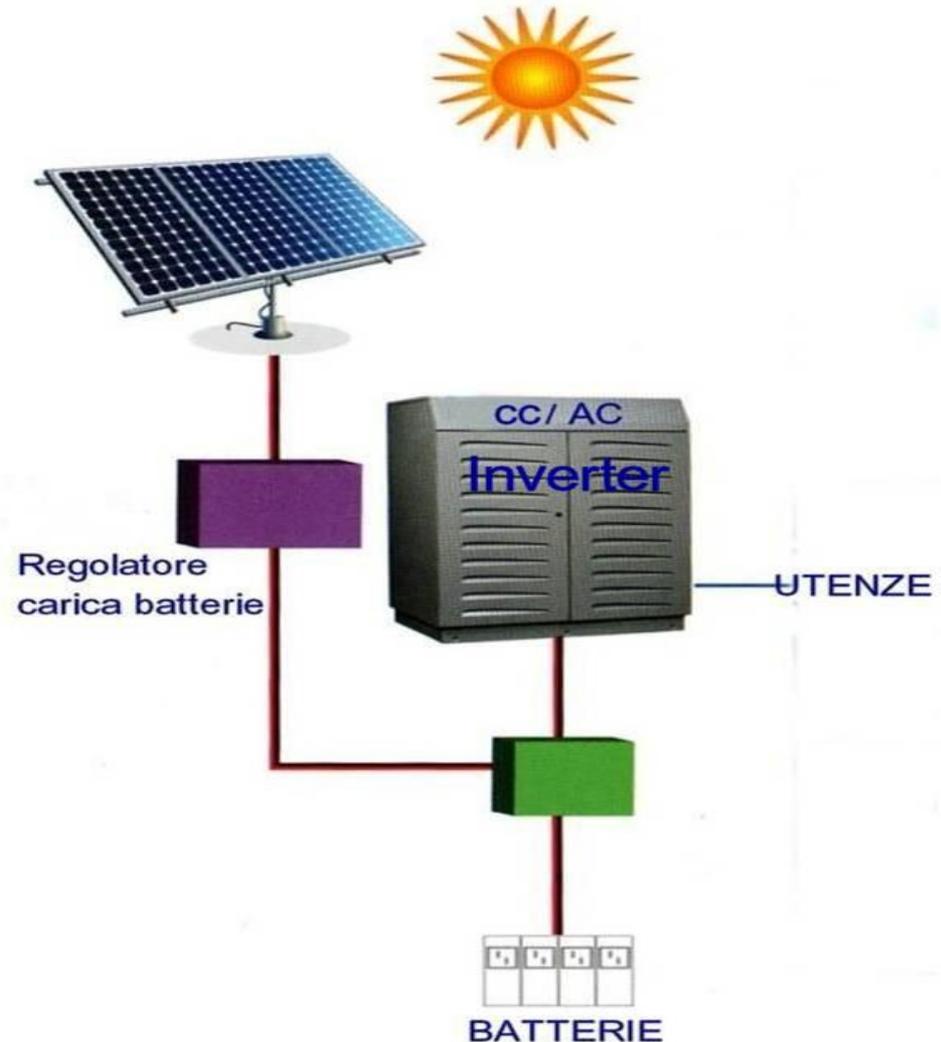
**A = Contatore monodirezionale**  
di misura dell'energia prodotta  
dall'impianto .

**B = Contatore bidirezionale**  
di misura dell'energia  
assorbita e/o inviata in rete.



# Impianti ad isola ( Stand alone )

- non collegati alla rete
- necessitano di batterie di accumulo per compensare il flusso di corrente ( effetto volano elettrico).
- non totalmente affidabili dal punto di vista continuità di servizio: in caso di guasti non è possibile la commutazione su rete.



# Impianti ibridi ( FV + Eolico)

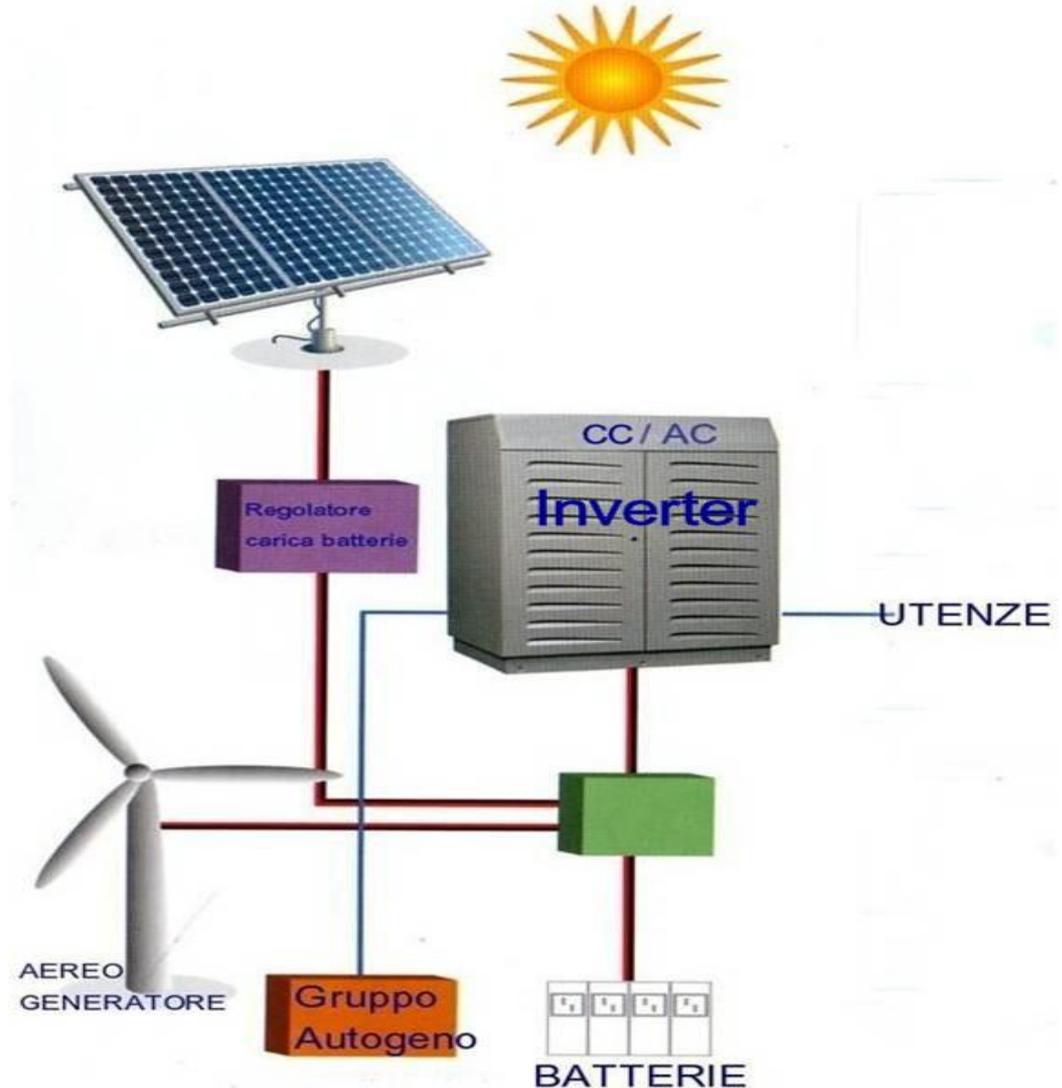
utilizzano mix con fonti energetiche integrate :

**Aereogeneratori**

e/o

**Gruppi autogeni.**

- totale autonomia elettrica dell'impianto,
- continuità di funzionamento.



# 1 - Normativa di progetto

Un Impianto Fotovoltaico è concettualmente abbastanza semplice grazie soprattutto alla sua **modularità di configurazione** ottenibile con il **modulo FV “mattone base dell’Impianto”**.

Vi sono però delle **criticità di scelta e dimensionamento** che, se non valutate in fase progettuale e realizzativa, possono portare a problematiche e malfunzionamenti che incidono pesantemente sia sulla sicurezza di funzionamento che sull’efficienza operativa e sui risultati gestionali dell’IFV.

Anche per questo è quindi fondamentale attenersi scrupolosamente al **rispetto delle Normative Tecniche** che in questo settore sono numerose sia a livello nazionale che europeo-internazionale.

La progettazione e la certificazione degli Impianti FV in Italia deve essere conforme alle Norme tecniche specializzate tra le quali segnalo la fondamentale :

## **CEI 82-25**

### **“Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione”**

che contiene tra l'altro :

- le disposizioni legislative e prescrizioni normative,
- dimensionamento dei moduli FV
- dimensionamento energetico
- dimensionamento elettrico
- protezioni elettriche - misura dell'energia elettrica
- interfacciamento alla rete del distributore
- verifiche tecnico funzionali sui componenti
- verifiche tecnico funzionali su impianti installati -

## 2 - Analisi fabbisogno elettrico dell'Utente

La dimensione dell'IFV è calcolata sulla base del fabbisogno che va quindi calcolato o previsto con **accuratezza** , in base ai reali consumi dell'utenza.

Un criterio è fare la media dei consumi degli ultimi **tre anni dei consumi** ricavati dalle bollette energetiche.

Dai dati statistici Istat risulta che il **consumo medio standard della famiglia italiana con 4 persone** è compreso tra:

**3.800 - 4.000 kWh/anno .**

# 3 - Dimensionamento GFV

Fasi principali:

- Inclinazione e installazione dei moduli FV
- Collegamento ( serie parallelo)
- Calcolo energia FV ricavabile

# 3.1 – Posizionamento dei Pannelli FV

Per rendere ottimale l'assorbimento delle radiazioni, i pannelli devono essere **inclinati ed orientati verso SUD** (alle nostre latitudini).

L'assorbimento della radiazione dipende dai **due parametri TILT e AZIMUTH**:

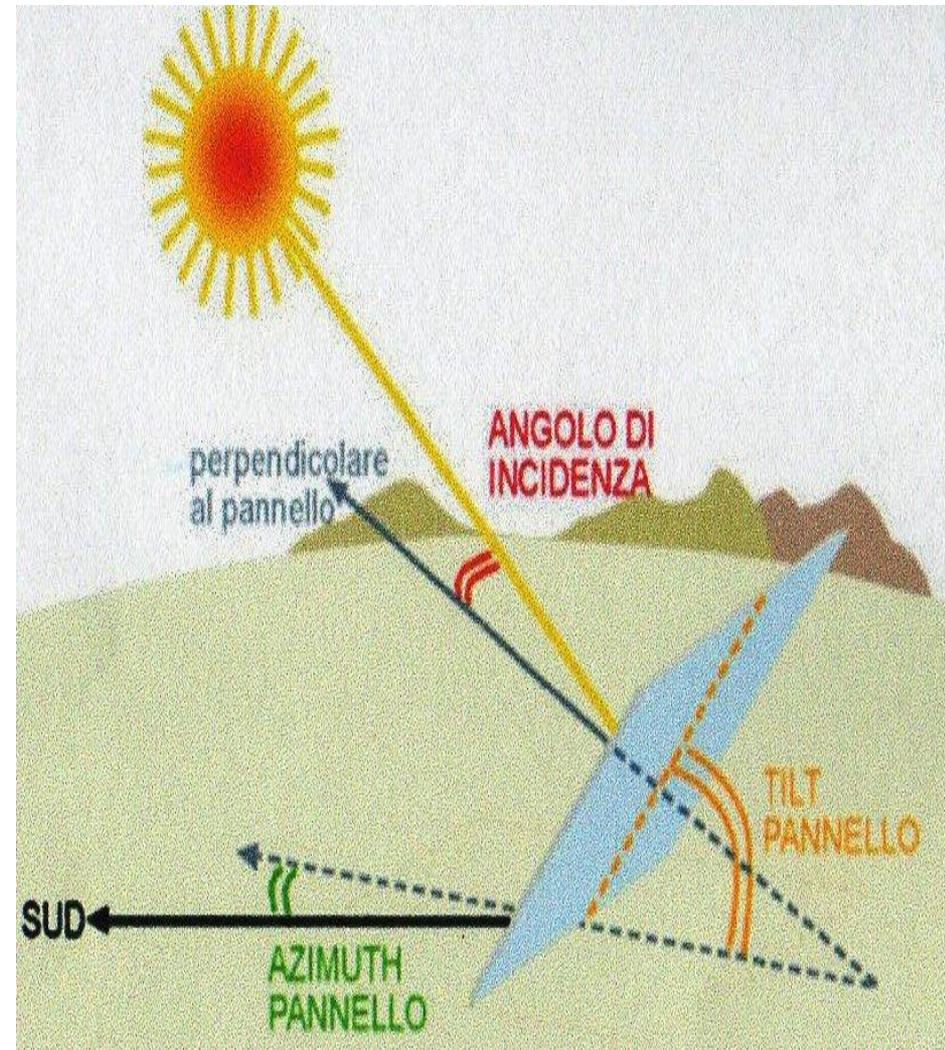
**TILT** = **inclinazione** del pannello sul piano orizzontale (**ottimale 30°**).

Per tilt molto diversi (es. 0° e 60°), l'irradiazione decade del **10÷15 %**.

Per applicazioni su facciate verticali, il decadimento può raggiungere il **30%**.

**AZIMUTH**: **orientamento** del pannello.

In un intervallo compreso tra  $-45^\circ$  e  $+45^\circ$  rispetto al sud (Sud-est, Sud-Ovest) il decadimento è contenuto entro il **5%**.



## 3.2 - Tipologie d'Installazione dei Moduli FV

### Principali tipologie:

- A terra in prossimità dell'utenza ( fisso o con inseguitore)
- Sul tetto piano o terrazzi ( fisso o con inseguitore)
- Sulle falde dei tetti volte a sud (retrofit o integrato)
- Sulle facciate volte a sud

### Principali verifiche:

- 1- La corretta esposizione ed inclinazione dei moduli
- 2- L'assenza di ostacoli architettonici presenti e futuri, in grado di causare zone d'ombra sui moduli ( → pericolo di ombreggiamento)
- 3- La reale disponibilità dello spazio tecnico d'installazione.

In generale, in condizioni di posizionamento ottimale ( Superficie captante a Sud con Tilt di 30° e Azimuth 0°).

# Calcolo pratico radiazione Hc sul modulo FV

La tabella accanto riporta i coefficienti correttivi Cc (secondo lo standard UNI 8477) da applicare ai valori di Ho .

Noto Ho (dal sito Enea), si sceglie il coeff. Correttivo Cc in funzione di Tilt e Azimuth, e si calcola:

$$H_c = H_o * C_c$$

AZIMUTH	INCLINAZIONE TILT				VERTI CALE
	20°	30°	45°	60°	
0° (SUD)	1,11	<u>1,13</u>	1,11	1,03	0,75
± 15°	1,10	1,12	1,11	1,03	0,76
± 30°	1,09	1,11	1,10	1,03	0,78
± 45°	1,07	1,09	1,08	1,02	0,79
± 60°	1,05	1,06	1,04	0,99	0,78
± 90° (Est-Ovest)	0,99	0,97	0,94	0,88	<u>0,70</u>

**Eta ( energia Fv annua producibile)**  
**Afv ( superficie captante FV necessaria)**  
**formule tipiche per il Silicio**

	<b>Kfv</b>	<b>ηe</b>	<b>ηfv</b>	<b>a</b>	<b>Eta</b> ( kWh/anno)	<b>Afv</b> ( m <sup>2</sup> )
<b>Silicio</b>						
<b>Monocristallino</b>	0,9	0,95	0,20	<b>0,171</b>	<b><u>0,171*Hc*Avf</u></b>	<b><u>5,85*Eta/Hc</u></b>
<b>Policristallino</b>	0,9	0,95	0,18	<b>0,154</b>	<b><u>0,154*Hc*Avf</u></b>	<b><u>6,49*Eta/Hc</u></b>
<b>Amorfo</b>	0,9	0,95	0,12	<b>0,103</b>	<b><u>0,103*Hc*Avf</u></b>	<b><u>9,71*Eta/Hc</u></b>

## 4- Scelta dell' Inverter

**L'inverter** converte la corrente continua prodotta dal generatore FV in corrente alternata da immettere in rete .

**E' il cuore del sistema Fotovoltaico: dalle sue caratteristiche, efficienza e affidabilità dipende la resa e la durata dell'impianto.**

L'inverter , tramite funzioni elettroniche di controllo della potenza elaborata, è in grado di "estrarre" con **continuità e rapidità** dai pannelli solari, la massima potenza disponibile in qualsiasi condizione meteorologica, mantenendo così la condizione di rendimento ottimale.

Il controllo e la gestione dell'inverter sono assicurati da un particolare circuito elettronico detto **MPPT** ( **M**aximum **P**ower **P**oint **T**racker).

# Batterie

## Parametri di dimensionamento e funzionamento

- **Tensione** = Tensione di picco del GFV con il quale si calcola il numero delle batterie.
- **Potenza nominale  $P_g$**  del Generatore FV
- **Giorni di autonomia  $N_g$**
- **Capacità C in Ah (Wh)** : quantità di corrente ( energia) fornibile nella scarica per un determinato intervallo di tempo (a temperatura costante).  
Dipende da : regime di scarica, temperatura, concentrazione elettrolita.  
Usualmente i costruttori forniscono il **C10** (capacità di scarica per 10 ore).
- **Rendimento  $\eta_b$**  di carica e scarica della batteria ( **0,8÷0,9**)
- **Profondità di scarica (DOD)** : massima % di Ah scaricabile senza danni ( **0,8÷0,9**)
- **Coefficiente di autoscarica:** frazione del contenuto di carica che la batterie dissipa spontaneamente in un mese (  **$\leq 3\%$  al mese**)
- **Tensione a circuito aperto (Voc):** decresce col decrescere dello stato di carica.
- **Corrente di corto circuito (Icc):** è la massima corrente che si avrebbe cortocircuitando la batteria. Dipende dalla resistenza interna.
- **Resistenza interna (Ri) :** è la resistenza che provoca la caduta di tensione quando la batterie è attraversata da una corrente di scarica. Dipende dallo stato di carica.

# Fotovoltaico residenziale



**UTE 18-19**

## La seguente tabella evidenzia l'attuale suddivisione per fasce di potenza degli IFV in Italia

Fasce di potenza Kw (secondo rapporto GSE 2018)	settori tipici
$1 \leq P \leq 3$	residenziale vero e proprio
$3 < P \leq 20$	residenziali commerciali
$20 < P \leq 200$	industriali medi
$200 < P \leq 1.000$	industriali grandi
$1.000 < P \leq 5.000$	grandi impianti
$P > 5.000$	grandi parchi solari

# Principali vantaggi del FV residenziale

- 1) **Costo contenuto e in diminuzione**
- 2) **Detrazione fiscale** del 50% dei costi sostenuti, su un periodo di 10 anni.
- **3) Aumento del valore dell'immobile per 2 ragioni:**
  - - l' impianto residenziale permette di contenere i costi delle utenze
  - - migliora l'efficienza energetica della struttura.
- **4) Autoconsumo dell'energia prodotta fino ad oltre l'80%**
  - possibilità di consumare direttamente l'energia elettrica prodotta, senza dover prelevare energia dalla rete con un sistema di accumulo in grado di stoccare l'energia prodotta in eccesso e consumarla nelle ore notturne e nelle fasce orarie in cui l' energia richiesta è superiore a quella prodotta.
- **5) Risparmio in bolletta**
- **6) Costi ammortizzati in pochi anni**
- **7) Manutenzione minima degli impianti**
- **8) Rispetto dell'ambiente** → riduzione CO2 nell'ambiente.

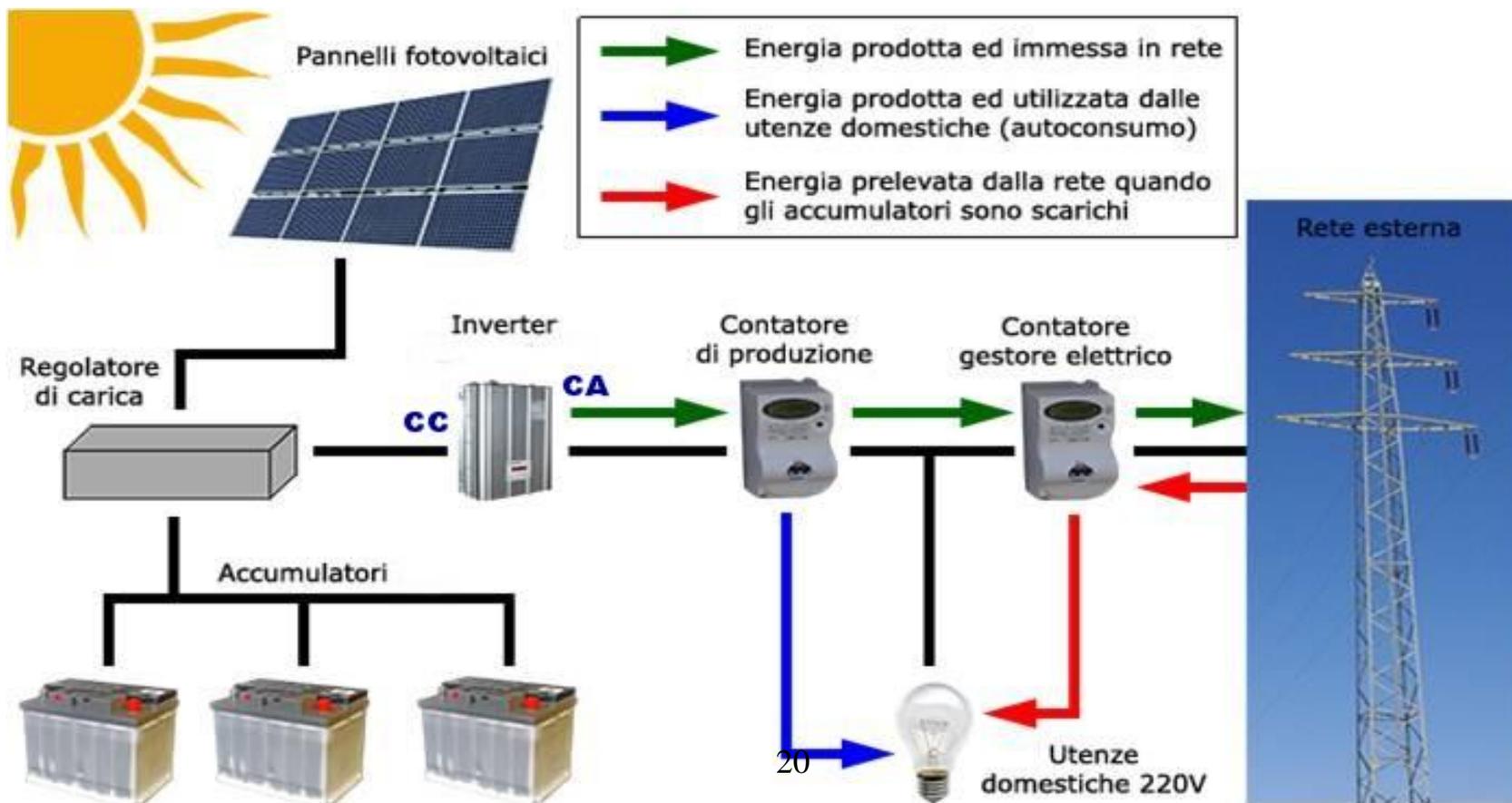
# IFV con accumulo



# Schema generale IFV con accumulo

In questi ultimi anni sono sempre più interessanti **gli IFV residenziali con accumulo**, grazie anche allo sviluppo tecnologico delle batterie al litio .

Recuperare l'energia fotovoltaica prodotto in eccesso di giorno per poterla usare di notte o comunque in altri periodi. **La funzione "accumulo" è quindi energeticamente in alternativa allo scambio con la rete esterna .**



Gli IFV con batterie di accumulo **sono una novità** degli ultimi anni in quanto prima, in regime di incentivi, non erano permessi dal GSE.

→ Sviluppo in Italia a partire dal 2014 grazie anche al progressivo calo dei prezzi delle batterie e al loro miglioramento tecnologico.

→ **L' IFV con accumulo si sta sviluppando soprattutto nel mercato residenziale allargato ( fascia 3-20 kWp ).**

**L'utente domestico può scegliere liberamente la modalità di approvvigionamento di energia elettrica guadagnando non solo economicamente, ma anche a livello di indipendenza energetica.**

→ Le batterie per l'accumulo possono essere montate successivamente all'installazione dei pannelli quando è più chiara la dinamica dei flussi energetici con e dalla rete esterna.

• ***Mediamente senza sistema di accumulo la quota di autoconsumo ( cioè svincolato dalla rete) arriva a circa il 40% mentre con il sistema di accumulo si può arrivare anche oltre 80%.***

# Fotovoltaico e Accumulo e-mobility

Un' altra promettente applicazione del FV abbinato all'accumulo è quella che si sta verificando nel settore **dell'e-mobility ( auto elettriche)** dove sempre di più si stanno scoprendo i benefici e le potenzialità dei sistemi di accumulo.

→ **il settore energetico verso nuovi campi di sviluppo tecnologico e sociale.**

→ **Parallelamente alla crescita della e-mobility, si stanno studiando e offrendo soluzioni intelligenti che abbinano il Fotovoltaico e le ricariche delle batterie delle auto elettriche in sistemi integrati ed interconnessi.**

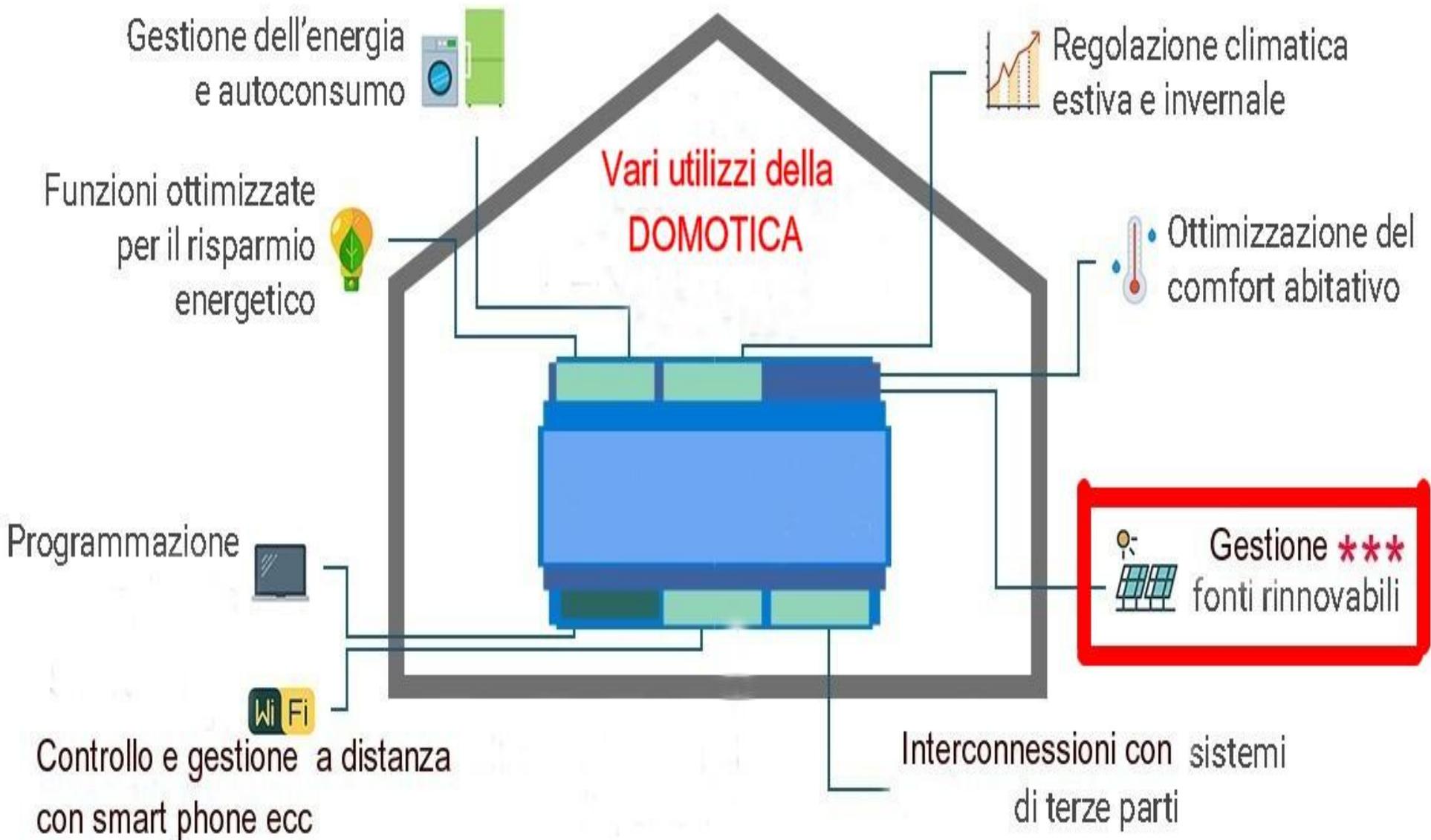
# La Domotica nel Fotovoltaico

## Domotica



UTE 18-19

# Domotica per la casa



# La Domotica oggi e domani

**L'uomo al centro della casa** → un nuovo modo di concepire la casa, gli spazi domestici.

La casa costruita a misura di chi la abita → le scelte di progettazione, i vari dispositivi, gli arredamenti non possono più prescindere dalle esigenze delle persone che la vivono.

**dunque → integrazione tra persone ed ambiente.**

La Domotica moderna non è soltanto tecnologia, ma **la scienza che studia l'automazione e il controllo a distanza delle funzioni e dei processi di un ambiente abitativo.**

Domotica → unione di due parole “domus” + “robotica” connubio che significa insomma **automazione applicata alla casa.**

**La domotica quindi si avvale di tutte le tecnologie disponibili per controllare e gestire un ambiente abitativo.**

Una particolare branca della domotica si occupa di fornire un supporto tecnologico per l'assistenza delle persone disabili e anziane.

# Domotica e Tecnologia

Un sistema domotico è un insieme di tecnologie in grado di **monitorare** e **gestire** in maniera “ottimale” i processi funzionali dell’ambiente

→ monitoraggio e gestione in loco o a distanza manualmente o in modo automatico.

Un sistema domotico è composto essenzialmente da **tre elementi**:

- 1) un elemento che raccoglie **“un ingresso”**, ( → i **5 sensi** del corpo umano )
- 2) una centralina elettronica **“di gestione”** ( → il **cervello** umano)
- 3) ed un elemento che produce **“un’uscita”** ( → **arti funzionali** ).

Un esempio tipico e attuale è l’**impianto di riscaldamento regolato dalle valvole Termostatiche** ( per legge obbligatorio) .

Per ottimizzare i consumi si utilizzano valvole termostatiche automatiche e centraline elettroniche ( es il termostato) in grado di rilevare e gestire in automatico la temperatura in ogni ambiente .

Impostando in loco o a distanza la temperatura desiderata , il sistema gestisce in automatico l’attivazione e lo spegnimento dei caloriferi in base alla temperatura desiderata.

# Domotica e Fotovoltaico

- **massimizzazione autoconsumo di un IFV in maniera totalmente automatizzata e quindi ottimale.**
- **centralina elettronica** per gestire i flussi di energia utilizzata e prodotta dall'IFV.

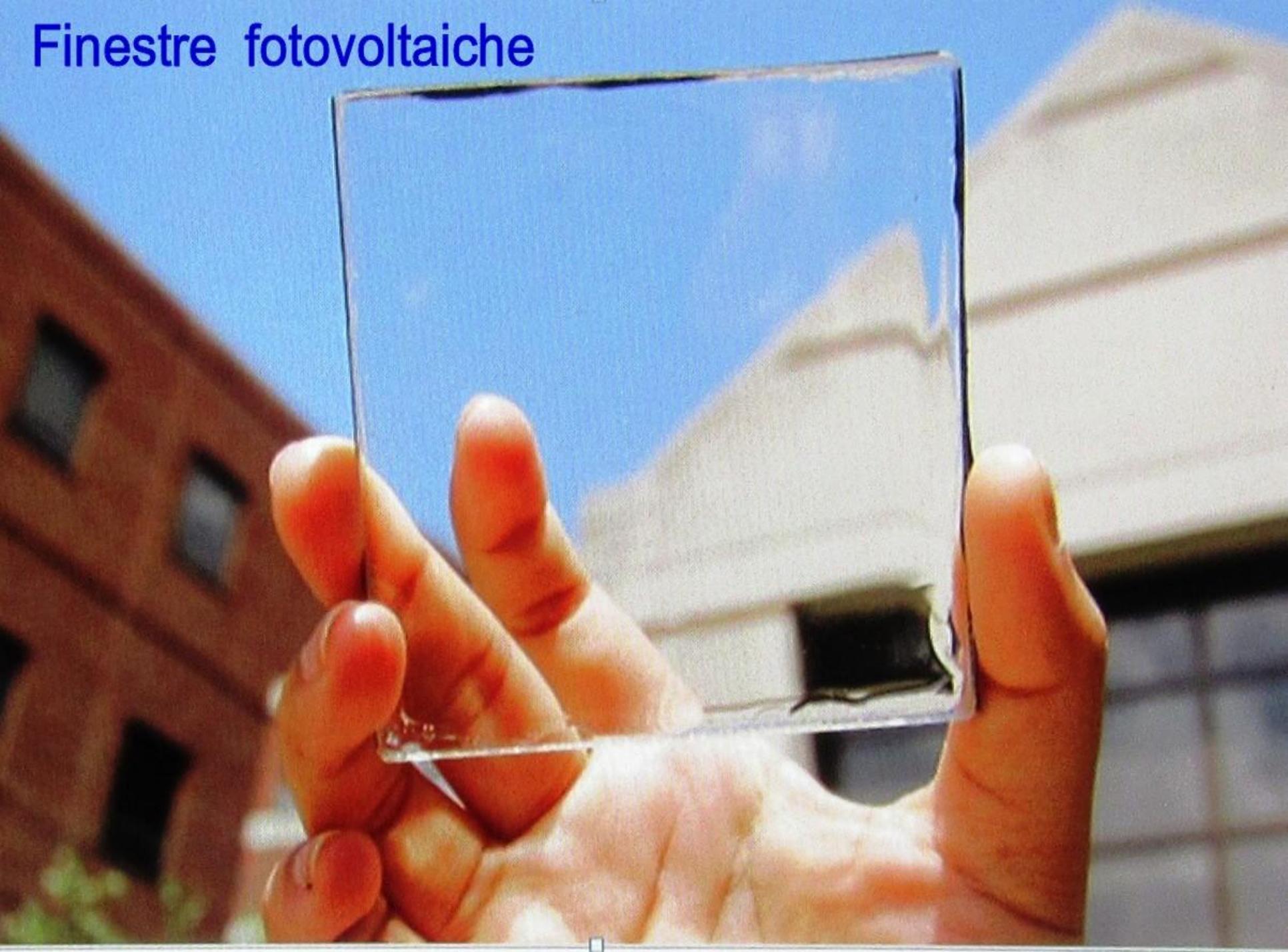
L'investimento in un IFV è veramente conveniente se si utilizza al massimo l'energia autoprodotta evitando di prelevarla dalla rete a costi nettamente superiori.

**La domotica al servizio del FV serve proprio a questo:** gestire in maniera efficace l'energia prodotta **per rendere massimo l'autoconsumo in sito cioè l'immediato** utilizzo riducendo al minimo i prelievi dalla rete.

**L' IFV produce energia nelle ore diurne** → per ottimizzare al massimo questa produzione bisogna spostare il più possibile i consumi elettrici nella fascia oraria di produzione utile dell'IFV.

**Di sera invece** il fabbisogno elettrico non può essere coperto dal IFV ma solo attingendo dalla rete esterna oppure da un eventuale impianto interno di accumulo ( batterie).

# Finestre fotovoltaiche



# Fotovoltaico trasparente

“ **Solar Window** “ → innovazione FV per la domotica che sta più di tutte prendendo piede .

Diffusi studi RS che sfruttano la chimica organica.

→ Rivestimenti trasparenti e fotosensibili in grado di generare elettricità dal vetro e dalle plastiche flessibili.

1 - sviluppo dei nuovi materiali in grado di produrre elettricità **sia da fonti naturali**, come il sole, sia **da fonti artificiali**, come le lampadine

2 - Possibilità di retrofit cioè applicare direttamente sul vetro di una finestra già montata **una pellicola trasparente fotosensibile** in grado di produrre energia elettrica.

3 - Molte RS nel mondo che stanno realizzando queste tecnologie con importanti investimenti.

Obiettivo generale → migliorare nettamente i livelli green energetici degli edifici

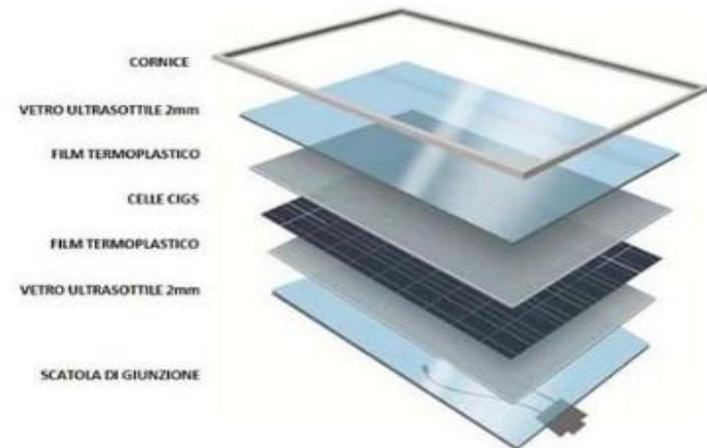
Tra le varie RS la tecnologia proposta da “**Next Energy Technologies** “ ( USA )

→ possibilità di assorbire **selettivamente raggi infrarossi e ultravioletti** e con costi di materie prime e produzione contenuti e tali da consentire la costruzione e /o la trasformazione di finestre e facciate per la produzione di energia rinnovabile in loco,.

# La finestra fotovoltaica tipica

Due principali tecnologie

- 1 - Due lastre di vetro tra le quali viene applicato un gel di silicio amorfo che ha il compito di “catturare” l’energia irradiata dal sole. I vetri delle finestre fotovoltaiche possono essere sia trasparenti che semi-trasparenti o colorati al fine di adattarsi al meglio alle varie esigenze architettoniche del luogo dove saranno installati.
- 2 – Due lastre di vetro con interposte lamine con celle FV → minor trasparenza con effetto mosaico



# Start up Glass to Power

## Università Bicocca di Milano

L'hanno chiamata “finestra intelligente”.

Lastre di plastica con incorporate **nanoparticelle** che catturano e concentrano la luce solare sui lati  
Tecnologia chiama **Lsc-Luminiscent Solar**

**Concentrator :**

nanocristalli inseriti nelle lastre di plexiglass che  
Convertono la luce del sole in raggi infrarossi,  
che percorrano la lastra fino a raggiungerne i bordi  
dove le celle FV perimetrali convertono i fotoni  
infrarossi in energia.

Calibrando il grado di trasparenza si ottengono  
diverse producibilità elettriche.

Maggior trasparenza → minore producibilità elettrica  
e viceversa.

**La tecnologia GlasstoPower è brevettata**



# *Valutazioni tecnico-economiche*

*Impatto  
Ambientale*



**UTE 18 - 19**

# Costo medio del kWh fotovoltaico

Dipende principalmente da quattro ordini di fattori:

- 1 – **FATTORI TECNOLOGICI** → efficienza dei pannelli FV ( i migliori sono in monosilicio) efficienza dell'inverter e dei vari componenti elettrici.
- 2 - **FATTORI GEOGRAFICI** → sito d'installazione e relativi valori di radiazione.  
zona climatica ( ore anno di soleggiamento )  
Riflessione suolo circostante, polvere,  
surriscaldamento
- 3 - **FATTORI IMPIANTISTICI** → posizionamento dei pannelli ( Tilt ottimale  $30^\circ$ ,  
Azimut ottimale  $0^\circ$  ), eventuali ombreggiature
- 4 - **FATTORI ECONOMICI** → principalmente costo dei pannelli FV, dell'Inverter ,  
costi di analisi e progetto

# Fattori tecnologici

	<b>Efficienza %</b>	<b>Rendimento IFV</b>
<b>Monosilicio</b>	<b>20</b>	<b>17,1 %</b>
<b>Polisilicio</b>	<b>18</b>	<b>15,4 %</b>
<b>SI Amorfo</b>	<b>12</b>	<b>10,3 %</b>
<b>Inverter</b>	<b>96 - 98</b>	<b>---</b>
<b>Regolatore</b>	<b>98</b>	<b>---</b>
<b>Quadri e cablaggi</b>	<b>99</b>	<b>---</b>
<b>Riflessione, polvere, surriscaldamento</b>	<b>90 - 92</b>	<b>---</b>

# Fattori geografici

( fonte Enea – GSE )

		Valori medi con rendimento totale FV $\eta = 17,1\%$ ( monosilicio)	
	<b>Radiazione media annua Tilt 30° Azimut 0° ( kWh/ mq )  A</b>	<b>1 mq produce in 1 anno  ( kWh )  ( A*0,171 )</b>	<b>1 kWp produce in 1 anno  ( kWh )</b>
<b>Area di Milano</b>	<b>1610</b>	<b>275</b>	<b>1120</b>
<b>Nord Italia</b>	<b>1560 - 1630</b>	<b>266 - 278</b>	<b>1100</b>
<b>Centro Italia</b>	<b>1630 - 1720</b>	<b>278 - 294</b>	<b>1300</b>
<b>Sud Italia Isole</b>	<b>1720 - 1820</b>	<b>294 - 311</b>	<b>1500</b>

# Fattori impiantistici

Coefficienti di correzione della potenza di picco in funzione di Tilt e Azimut  
( fonte: Phebus)

INCLINAZIONE ORIENTAMENTO		 0° 	 30° 	 60° 	 90° 
		EST 	SUD-EST 	SUD 	SUD-OVEST 
EST		0,93	0,90	0,78	0,55
SUD-EST		0,93	0,96	0,88	0,66
SUD		0,93	1,00	0,91	0,68
SUD-OVEST		0,93	0,96	0,88	0,66
OVEST		0,93	0,90	0,78	0,55



# Fattori economici

La voce di costo più rilevante di un IFV è costituita dai moduli fotovoltaici che incidono sul totale per il 35 – 50 % ( nella fascia di potenze da 3 a 1000 kWp).

	3 kWp	20 kWp	100 kWp	1000 kWp
Moduli	35%	47%	48%	49%
Inverter	8%	11%	12%	10%
Strutture di supporto	8%	12%	12%	12%
Cavi e quadri	16%	7%	9%	11%
Progettazione e installazione	33%	23%	19%	18%
TOTALE	100%	100%	100%	100%

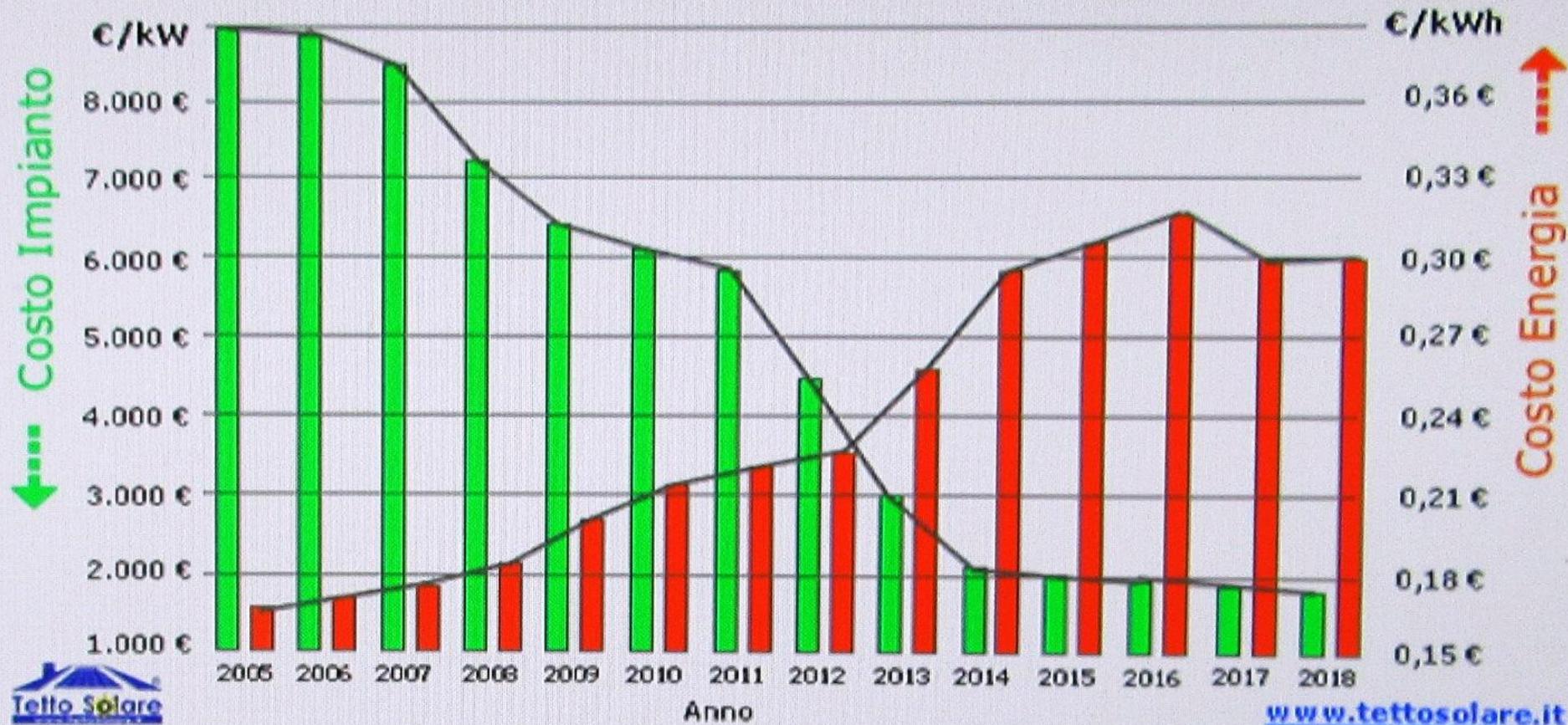
# Evoluzione 2005 – 2018 :

- Costo chiavi in mano per kWp IFV
- Costo energia elettrica per utenze medie domestiche

**Costo degli impianti fotovoltaici e Costo dell'energia (utente finale)**

**Costo a kW impianto fotovoltaico**  
 riferito ad impianto da 3kW chiavi in mano

**Costo finale energia a kWh**  
 riferito utenza da 3kW e 4500kWh  
 tasse e oneri e canone incluso



# Costi del Fotovoltaico

**Costi stimati 2018 -2019 ( escluso IVA ) di IFV (Si Policristallino)**

**Comprensivi di Progetto, certificazione, installazione, e collaudo.**

<b>Potenza ( kWp)</b>	<b>Standard a Suolo Costo €/ kWp</b>		<b>Con Inseguitore + ≈15% Costo €/ kWp</b>		<b>Integrato su Tetto Costo €/ kWp</b>
<b>3</b>	<b>5500-6000</b>	<b>1800 - 2000</b>	<b>6300 - 7000</b>	<b>2100 - 2300</b>	<b>Circa + 5-6 %</b>
<b>6</b>	<b>25500</b>	<b>5100</b>	<b>29000</b>	<b>5800</b>	<b>Circa + 5-6 %</b>
<b>20</b>	<b>22000- 27000</b>	<b>1100-1350</b>	<b>25000 - 31000</b>	<b>1250 - 1550</b>	<b>Circa + 5-6 %</b>

# Scambio sul posto GSE

Lo **scambio sul posto GSE (SSP)** consente di immettere in rete l'energia elettrica prodotta dall'IFV, non auto-consumata, per poi prelevarla quando è necessario.

**SSP funziona quindi come una batteria elettrica virtuale sempre disponibile in cui accumulare l'energia prodotta in eccesso per poi scaricarla successivamente quando serve.**

La necessità di avere un volano energetico è tipico degli IFV in quanto data la natura solare dell'energia primaria (variabile continuamente) non si potrà mai avere la perfetta corrispondenza temporale tra energia FV prodotta e energia consumata se non a consuntivo (circa) a fine anno.

**L'ideale, come già detto più volte, è di poter avere un auto consumo al 100% e quindi non avere la necessità di scambiare energia con la rete esterna.**

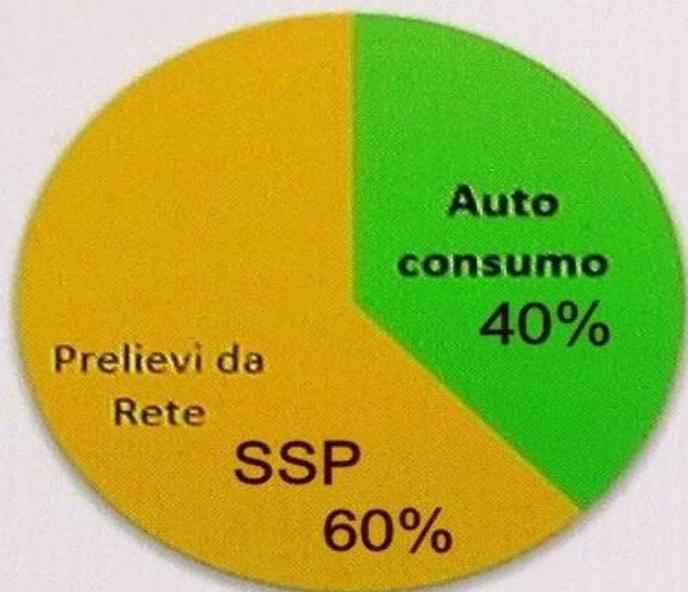
## Scelta della batteria FV di accumulo

Circa il 60% dei consumi domestici è concentrato nelle ore serali e notturne, quando l'IFV non produce → quindi solo il 40% dell'energia elettrica prodotta viene autoconsumata, mentre l'energia prodotta ma non utilizzata, viene ceduta alla rete che viene valorizzata in regime di SSP non conveniente per l'utente.

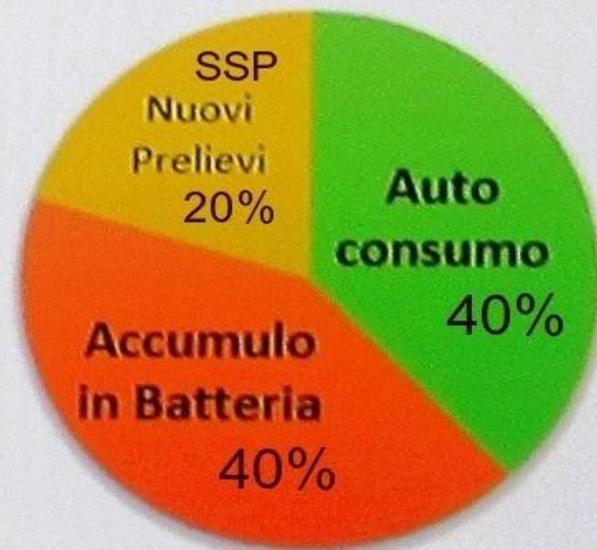
**Installare una batteria di accumulo nel proprio IFV residenziale consente di invertire questo rapporto e di abbattere i costi in bolletta grazie all'incremento dell'autoconsumo fino ad oltre l'80%.**

### IFV senza batteria

#### Autoconsumo Impianto Fv



### Obiettivo con Sistema di Accumulo



**Autocosumo con batteria FV 80%**

# Tipologia batteria FV

	<b>Piombo Acido</b>	<b>Nikel Cadmio</b>	<b>Ioni Litio</b>
<b>Profondità carica</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>80%</b>
<b>Efficienza</b>	<b>minore</b>	<b>media</b>	<b>maggiore</b>
<b>Durata</b>	<b>5 anni</b>	<b>6-8 anni</b>	<b>10-12 anni</b>
<b>Costo €/kWh</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>150</b>

**Redditività**

**degli IFV**

# Redditività degli IFV

In Rete si possono trovare **moltissimi esempi di valutazioni economiche di IFV**, che possono costituire validi riferimenti tecnico-commerciali anche se spesso sono finalizzati a sponsorizzazioni commerciali.

Nell'esaminare queste valutazioni vanno comunque tenuti presente **alcuni aspetti** che pur potendosi trascurare in prima approssimazione, **incidono in modo significativo** sulla reale redditività dell'investimento Fotovoltaico .

- l'incidenza della **manutenzione preventiva** dell'IFV che per quanto minima non va trascurata per mantenere in efficienza l'IFV (circa  $0.8 \pm 1\%$  del costo all'anno per IFV fissi, 1.25% per quelli con Inseguitori Solari).
- la naturale e inevitabile **diminuzione di efficienza dei Moduli FV** .  
I Costruttori garantiscono l'efficienza dei moduli (Si Cristallino) a circa l'85% di quella iniziale, nell'arco di 20 anni (circa  $-0.8\%$  all'anno).
- La necessità di **sostituire l'Inverter dopo 8-10 anni**. I Costruttori garantiscono gli Inverter per 5-8 anni .
- **Inflazione programmata** che incide sui costi dell'energia e dei materiali anche se è in parte compensata da una presumibile riduzione dei prezzi nel campo FV.

# CONFRONTO RISULTATI con SIMULATORE FV

**3,6 kWp → 4000kWh/anno**

**SENZA BATTERIE**

<b>Costo iniziale €</b>	<b>8.000</b>
<b>Vita utile</b>	<b>30</b>
<b>Tempo rientro payback</b>	<b>7</b>
<b>Resa totale €</b>	<b>24.090</b>
<b>Interesse %</b>	<b>6,7</b>
<b>CO2 evitata Ton</b>	<b>18</b>

**3,6 kWp → 4000 kWh/anno**

**CON BATTERIE LITIO**

<b>Costo iniziale €</b>	<b>10.000</b>
<b>Vita utile</b>	<b>30</b>
<b>Tempo rientro payback</b>	<b>8</b>
<b>Resa totale €</b>	<b>24.760</b>
<b>Interesse %</b>	<b>4,90</b>
<b>CO2 evitata Ton</b>	<b>35</b>

# Fotovoltaico e ambiente



# La conversione FV dell'energia solare è ritenuta la fonte rinnovabile più rispettosa dell'ambiente.

Gli impianti FV

- **non generano emissioni inquinanti** e, per la loro modularità, possono assecondare la morfologia dei siti di installazione.
- producono energia in prossimità dei carichi elettrici **evitando perdite di trasmissione.**

Il loro impatto ambientale, tuttavia, non può essere considerato nullo.

Un impianto FV non genera emissioni inquinanti durante il suo utilizzo, ma bisogna considerare quelle prodotte durante tutto il suo ciclo di vita (Life Cycle).

**Il Life Cycle Assessment ( LCA)** è una verifica quantitativa degli impatti ambientali associati ad un prodotto, un processo o un servizio .

Vengono analizzate le principali attività intraprese nel corso del suo ciclo vitale, **dalla culla alla tomba**, ossia attraverso le fasi di acquisizione dei materiali grezzi, di produzione, trasporto, uso, fino allo smaltimento ed il riuso

# Valore Ecologico di un IFV

Per calcolare il vantaggio ecologico di un IFV si usa il **CO2 Factor ( Kg/kWh)** rapporto tra la totale CO2 immessa nell'atmosfera e la corrispondente energia elettrica prodotta con i combustibili fossili tradizionali ( Gasoil, Gas, Carbone)

In Italia presi come riferimento i dati più recenti di produzione Enel si ottiene il seguente valore :

$$\text{CO2 Factor} = \text{Totale CO2} / \text{Energia totale} = \text{circa } 0,400 \text{ Kg/kWh}$$

**Di conseguenza :**

**Ogni kWh prodotto per via fotovoltaica evita l'immissione in atmosfera di circa 0,4 Kg di CO2**

**Esempio: un impianto FV familiare da 3,6 kWp nell'area milanese produce in media circa 4.000 kWh / anno con un risparmio di  $4.000 * 0,4 = 1.600$  Kg di CO2**



# Materiali FV presenti nei pannelli FV

Tecnologia Fotovoltaica	Metalli
Silicio cristallino	Stagno, Piombo, Rame, Boro, Fosforo, Titanio, Argento, Alluminio
Silicio amorfo e microcristallino	Stagno, Piombo, Indio, Germanio, Zinco, Boro, Fosforo, Rame, Argento, Alluminio, Cromo
CdTe	Cadmio, Tellurio, Stagno, Indio, Rame, Piombo, Zolfo, Piombo, Argento
CIGS	Molibdeno, Rame, Indio, Gallio, Selenio, Cadmio, Zinco, Boro, Piombo, Argento, Alluminio

# The energy payback time of solar panels



Un sistema FV necessita di notevole quantità di energia per la sua fabbricazione, specie nella tecnologia del silicio cristallino .

Un tema fondamentale nella tecnologia FV è la **sostenibilità ambientale** dei pannelli, per quantizzare la quale è importante conoscere l'Energy Pay Back Time **(EPBT)** cioè il tempo necessario affinché l'impianto FV generi la stessa energia che è servita per produrlo.

**Il valore di EPBT dipende notevolmente dalla tecnologia FV impiegata.**

Per valutare l'EPBT è necessario calcolare il Ciclo di Vita del prodotto con **analisi LCA** (Lyfe Cycle Assessment) che tiene conto di tutti i costi energetici e ambientali di un IFV durante l'intero arco di vita, comprendendo estrazione e trattamento delle materie prime, fabbricazione, trasporto, uso (vita utile) eventuale riciclo e smaltimento finale.

Se il valore risultante di EPBT è inferiore al periodo di vita utile dell'impianto, i pannelli FV costituiscono una soluzione sostenibile.

# EPBT ( Energy Pay Back Time)

Il calcolo dell'EPBT viene fatto tenendo presente vari fattori:

- Irraggiamento medio annuo, potenza specifica per mq di pannello, rendimento medio di conversione dell'energia elettrica e per una certa efficienza delle apparecchiature elettriche ed elettroniche dell'IFV.

Dati sperimentali hanno messo in evidenza valori medi dell'EPBT per pannelli in silicio cristallino:

- **se installati nel Norditalia → EPBT = circa 6-7 anni.**
- **se installati nel Suditalia → EPBT = circa 4-5 anni**

Considerando che la vita utile di un impianto fotovoltaico arriva fino a 30 anni, ne consegue che la tecnologia FV risulta energeticamente sostenibile.

**UTE 18-19**

**Il mercato FV --> e-mobility**



# I Numeri del Mercato Fotovoltaico

Tra le molti fonti di dati reperibili in RETE, segnalo le più complete e aggiornate per quanto riguarda l'energia in generale e le rinnovabili ( liberamente scaricabili ) :

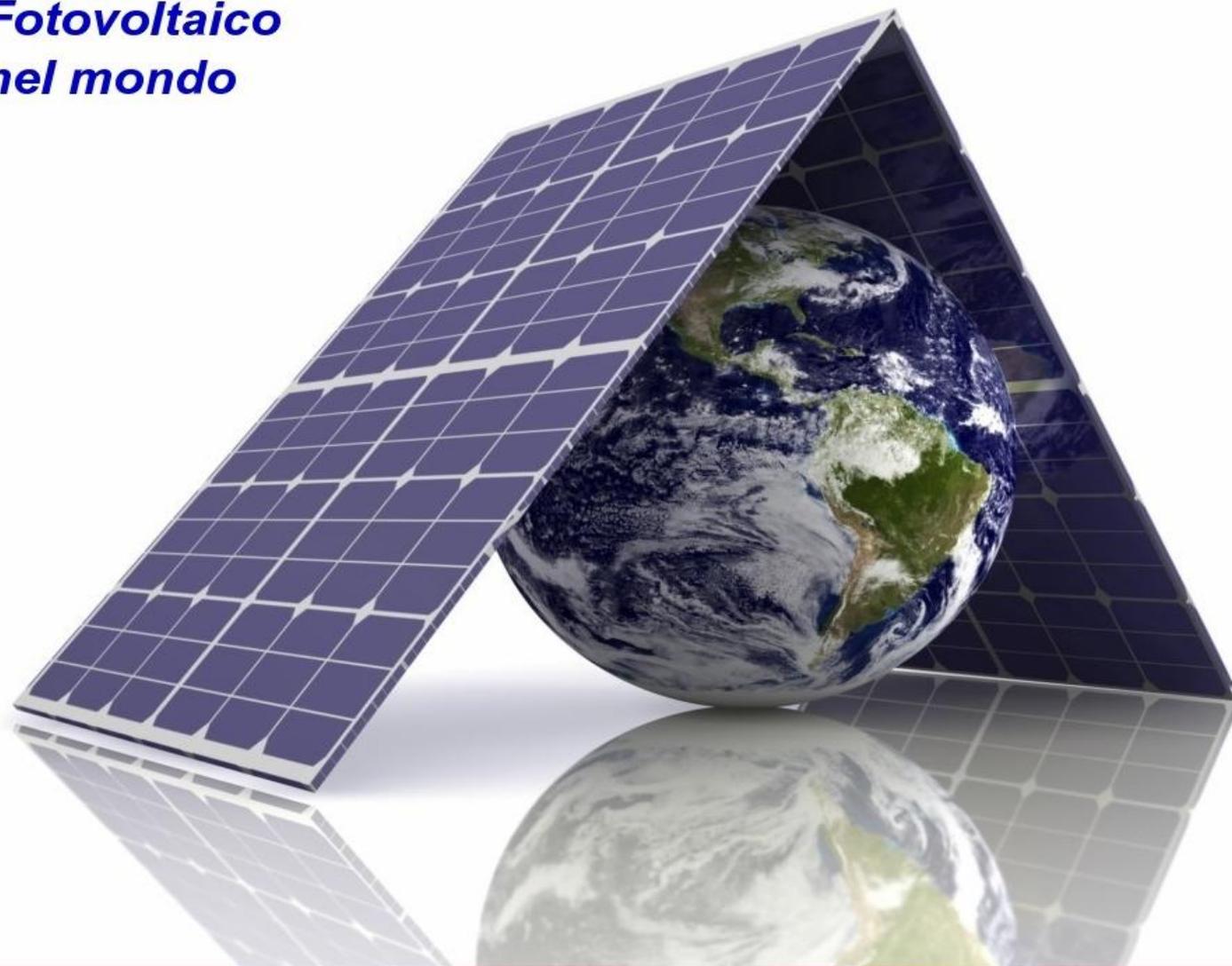
## 1 - a livello mondiale ed europeo

- GMO - Global Market Outlook 2018-2022
- REN21 - Global Status Report 2018
- Euroserver Report 2018
- PV Status Report European Commission
- Solar Power Europe

## 2 - a livello Italia

- GSE Rapporto fotovoltaico 2017 ( ultimo disponibile)
- Terna rapporto mensile Sistema Elettrico 31-1-2019
- Atlasole che fornisce i dati degli impianti FV incentivati
- Quale energia.it IFV a fine 2018

**Fotovoltaico  
nel mondo**



# LE RINNOVABILI NEL MONDO A FINE 2017

(fonte REN21 2018)

Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2017

73.5%

Non-renewable  
electricity

( nel 2016  
75,5% )



26.5%

Renewable  
electricity

( nel 2016  
24,5% )

16.4%  
Hydropower

( nel 2016  
16,6% )



5.6% Wind power  
( nel 2016 4% )

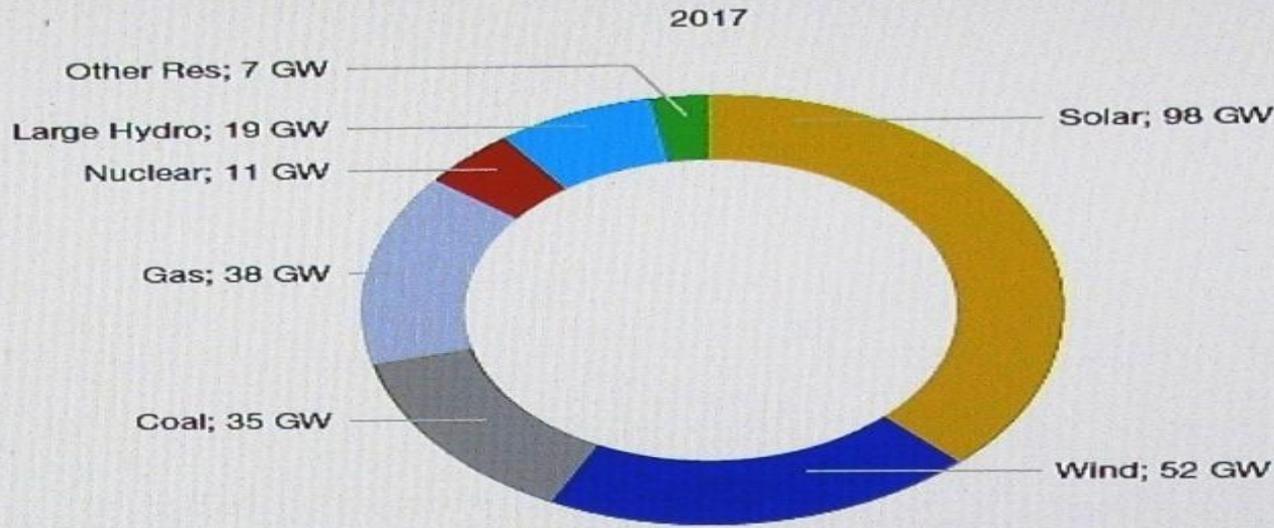
2.2% ( nel 2016 2% )  
Bio-power

1.9% ( nel 2016 1,5% )  
Solar PV \*\*\*

( nel 2016 idem )  
0.4% Ocean, CSP and  
geothermal power

# Il FV sul podio energetico mondiale

POWER GENERATING CAPACITY ADDED IN 2017  
BY MAIN TECHNOLOGY

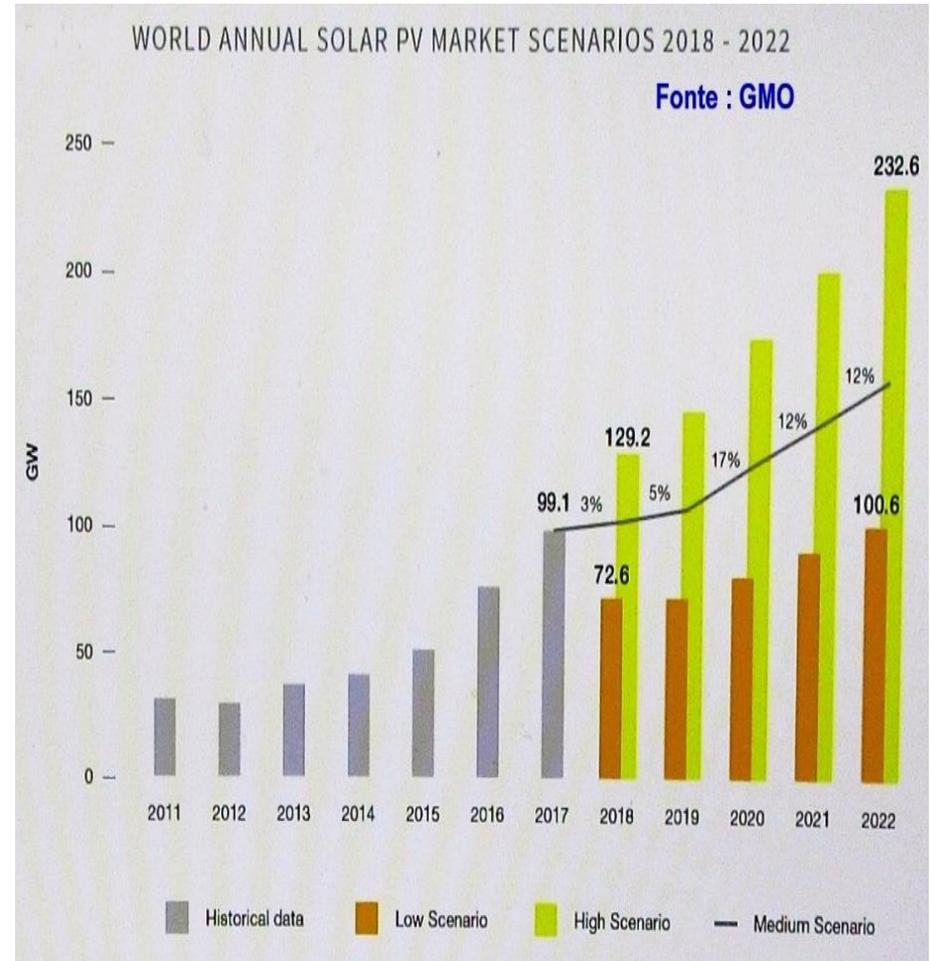
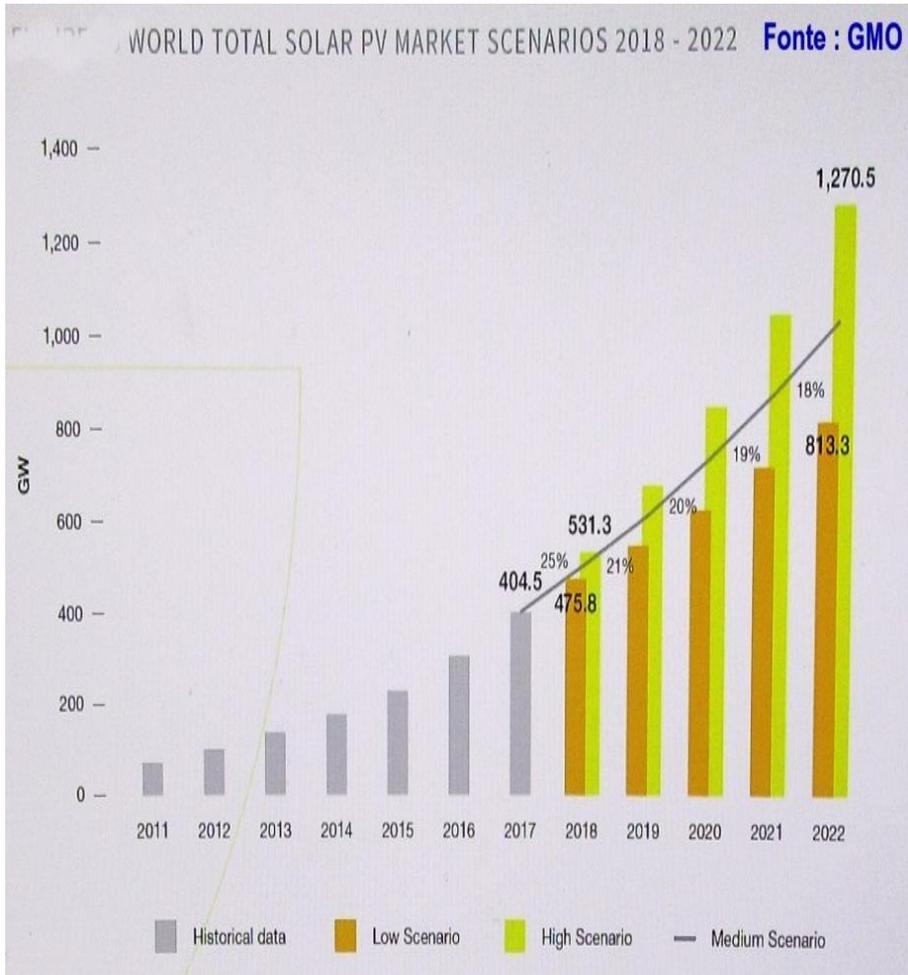


**Totale mondiale installato 260 GW**  
**di cui FV 98 GW --> 37,7 %**

**Fonte : GMO**

**Solar is the fastest**  
growing power generation source

# Previsioni 2017 del FV nel quinquennio 2018-2022





# Capacità FV EU28 cumulata a fine 2016-2017 ( MWp )

( fonte euroobserver 2018 )

	2016	2017
Germany	40 714	42 337
Italy	*** 19 283	*** 19 682
United Kingdom	11 912	12 776
France	7 702	8 610
Spain	4 716	4 725
Belgium	3 325	3 610
Netherlands	2 049	2 903
Greece	2 604	2 606
Czechia	2 068	2 070
Romania	1 372	1 374
Austria	1 096	1 269
Bulgaria	1 028	1 036
Denmark	851	906
Portugal	513	579
Slovakia	533	528
Hungary	235	344
Poland	187	287
Slovenia	233	247
Sweden	153	244
Luxembourg	122	128
Malta	93	112
Cyprus	84	110
Finland	35	74
Lithuania	70	74
Croatia	56	60
Ireland	6	16
Latvia	1	1
Estonia	0	0
<b>Total EU 28</b>	<b>101 041</b>	<b>106 707</b>

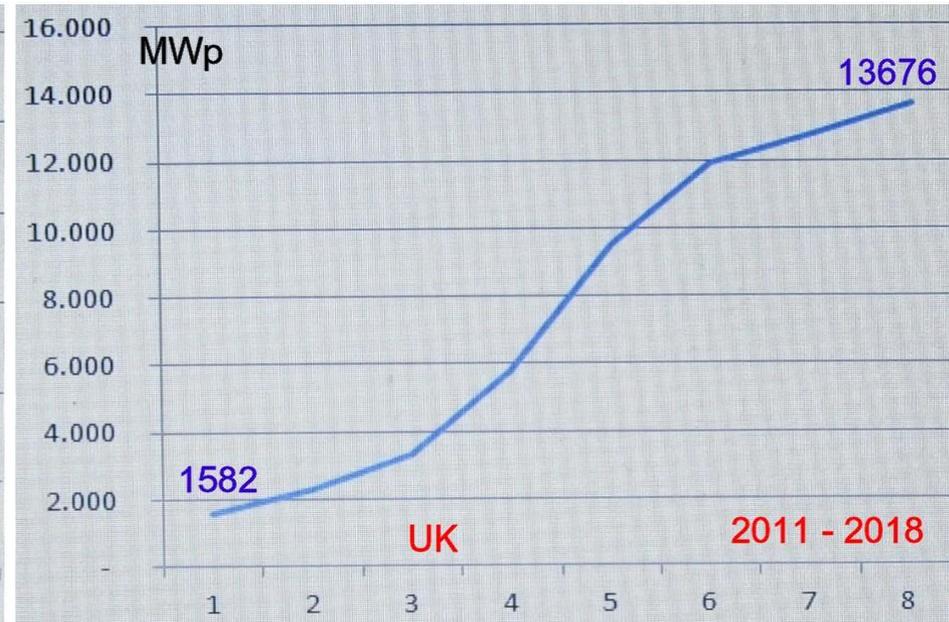
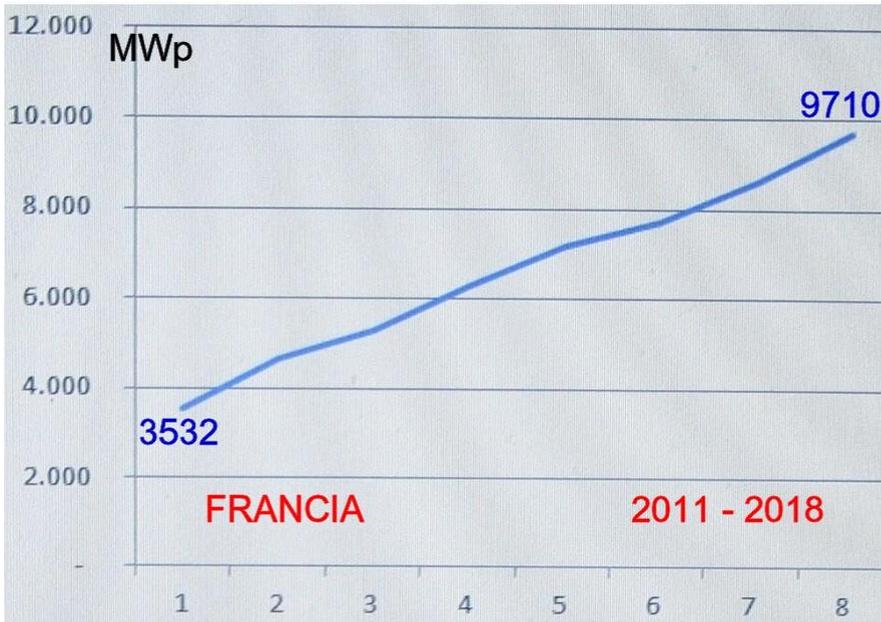
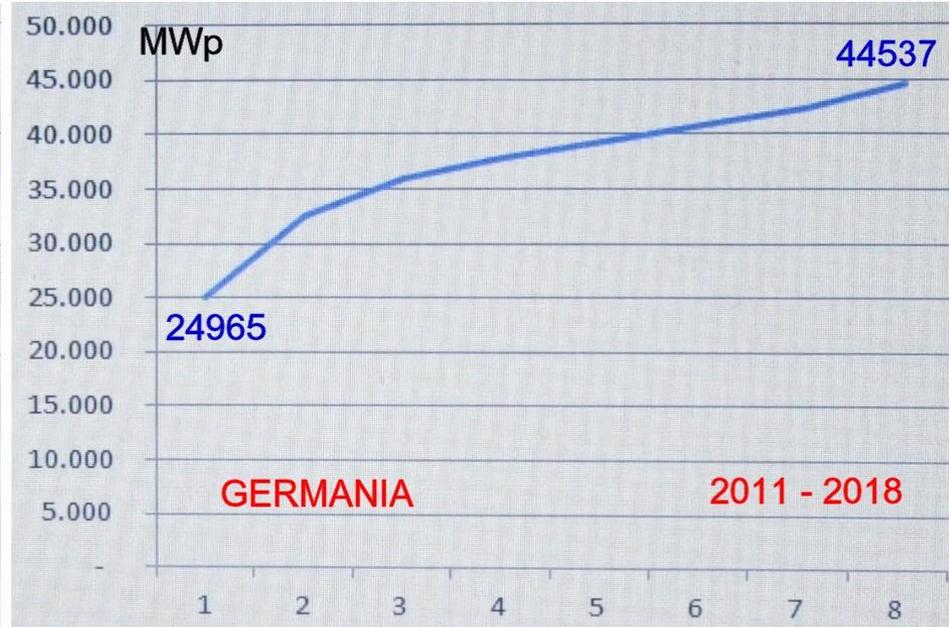
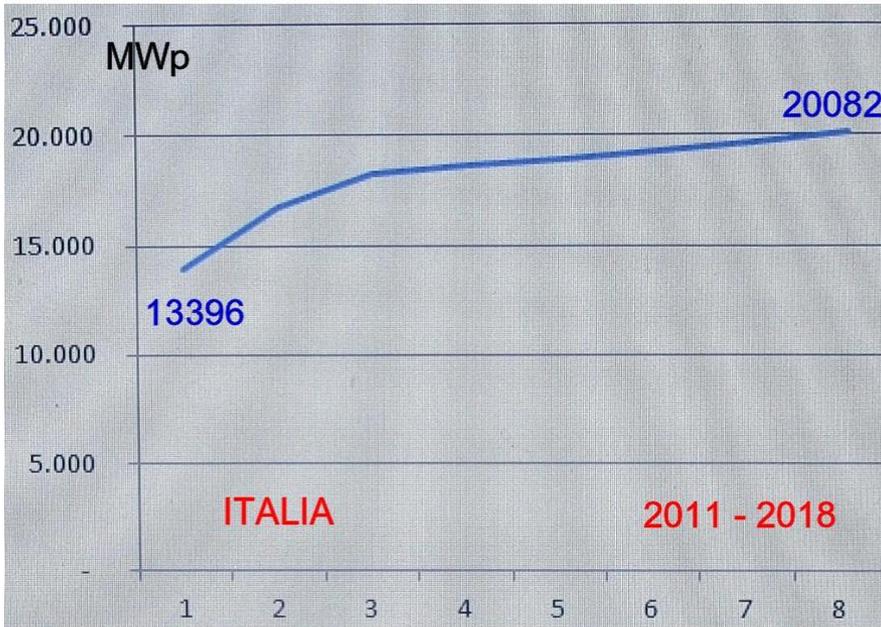
# Storico potenza FV installata in EU28 ( MWp )

( elaborazioni da : EurObserver + GMO + PV Status Report EUC)

\* per il 2018 solo dopo giugno 2019 saranno disponibili dati consolidati)

	AL 31-12- 2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	( 2018*)
<b>Italia</b>	<b>13.396</b>	<b>3.369</b>	<b>1.462</b>	<b>385</b>	<b>298</b>	<b>370</b>	<b>402</b>	<b>( 400 )</b>
<b>D</b>	<b>24.965</b>	<b>7.609</b>	<b>3.310</b>	<b>1.899</b>	<b>1.456</b>	<b>1.475</b>	<b>1.623</b>	<b>( 2200 )</b>
<b>F</b>	<b>3.532</b>	<b>1.132</b>	<b>613</b>	<b>975</b>	<b>904</b>	<b>560</b>	<b>890</b>	<b>( 1100 )</b>
<b>GB</b>	<b>1.582</b>	<b>713</b>	<b>1.031</b>	<b>2.448</b>	<b>3.763</b>	<b>2.375</b>	<b>864</b>	<b>( 1000 )</b>
<b>E</b>	<b>4.261</b>	<b>228</b>	<b>102</b>	<b>21</b>	<b>49</b>	<b>55</b>	<b>9</b>	<b>nd</b>
<b>Altri</b>	<b>5.781</b>	<b>3.619</b>	<b>3.404</b>	<b>1.155</b>	<b>1.450</b>	<b>1.288</b>	<b>1.880</b>	<b>( 4300 )</b>
<b>TOTALE ANNO</b>	<b>53.517</b>	<b>16.674</b>	<b>9.922</b>	<b>6.883</b>	<b>7.920</b>	<b>6.123</b>	<b>5.668</b>	<b>( 9000 )</b>
<b>Totali fine anno</b>	<b>53.517</b>	<b>70.191</b>	<b>80.113</b>	<b>86.996</b>	<b>94.916</b>	<b>101.039</b>	<b>106.707</b>	<b>( 115.000 )</b>

# Andamento FV 2011-2018



## ***Il Fotovoltaico in Italia***



# IFV installati in Italia 2017-2018

( fonte GSE-Terna )

Regione	2017		
	N. impianti	Potenza (MW)	Produzione lorda (GWh)
Lombardia	116.644	2.227	2.317
Veneto	106.211	1.853	2.032
Emilia Romagna	79.835	1.983	2.351
Piemonte	54.204	1.572	1.812
Lazio	50.296	1.325	1.755
Sicilia	49.796	1.377	1.959
Puglia	46.253	2.632	3.781
Toscana	40.870	791	956
Sardegna	34.536	749	1.009
Friuli Venezia Giulia	32.012	521	562
Campania	30.401	784	940
Marche	26.539	1.071	1.376
Calabria	23.456	514	671
Abruzzo	19.092	723	938
Umbria	17.636	471	585
Provincia Autonoma di Trento	15.919	180	191
Liguria	8.171	103	111
Provincia Autonoma di Bolzano	8.160	241	263
Basilicata	7.826	366	505
Molise	3.913	176	237
Valle D'Aosta	2.244	23	26
<b>ITALIA</b>	<b>774.014</b>	<b>19.682</b>	<b>24.378</b>

Regione	Numero	Potenza [MW]
PIEMONTE	57.114	1.609,27
VALLE D'AOSTA	2.342	23,79
LOMBARDIA	124.464	2.296,91
TRENTINO ALTO ADIGE	24.850	427,64
VENETO	113.483	1.907,50
FRIULI VENEZIA GIULIA	33.478	523,33
LIGURIA	8.741	106,63
EMILIA ROMAGNA	84.726	2.028,38
TOSCANA	43.024	810,69
UMBRIA	18.594	478,52
MARCHE	27.634	1.078,37
LAZIO	53.991	1.355,10
ABRUZZO	20.056	735,22
MOLISE	4.033	173,72
CAMPANIA	32.323	801,55
PUGLIA	48.173	2.653,24
BASILICATA	8.062	362,23
CALABRIA	24.498	533,05
SICILIA	52.461	1.389,07
SARDEGNA	35.947	783,81
<b>Totale</b>	<b>817.994</b>	<b>20.078</b>

# IFV in Italia 2017 - 2016 per fasce di potenza

( fonte GSE-Terna )

Potenza	2017			2016			Δ (2017-2016)		
	Numero	Potenza (MW)	Produzione Lorda (GWh)	Numero	Potenza (MW)	Produzione Lorda (GWh)	Numero	Potenza (MW)	Produzione Lorda (GWh)
1<=P<=3	262.214	716	826	245.054	673	730	7,00%	6,39%	13,15%
3<P<=20	447.332	3.267	3.762	421.968	3.103	3.381	6,01%	5,29%	11,27%
20<P<=200	52.591	4.123	4.625	51.311	4.033	4.270	2,49%	2,23%	8,31%
200<P<=1.000	10.739	7.353	9.367	10.614	7.303	8.535	1,18%	0,68%	9,75%
1.000<P<=5.000	950	2.335	3.094	948	2.331	2.771	0,21%	0,17%	11,66%
P>5.000	188	1.890	2.703	183	1.827	2.418	2,73%	3,45%	11,79%
<b>Totale</b>	<b>774.014</b>	<b>19.682</b>	<b>24.378</b>	<b>730.078</b>	<b>19.269</b>	<b>22.104</b>	<b>6,02%</b>	<b>2,14%</b>	<b>10,29%</b>

# Fotovoltaico - e-mobility



**binomio vincente ?**

# FV per l'auto elettrica

La mobilità elettrica può integrarsi , nel territorio , in un sistema connesso alla produzione di energia rinnovabile grazie anche ad una **gestione efficiente** e attiva dei **processi di carica e scarica** . Con vantaggi tecnologici, economici ed ambientali.

In questa ottica la **soluzione IFV con accumulo** sarà sempre più importante ed economicamente conveniente.

- Possibilità di gestire e ottimizzare l'energia solare prodotta con le esigenze elettriche dell'utente e lo scambio energetico con l'auto elettrica.
- Gestire la carica scarica delle auto elettriche viste come dispositivi che assorbono energia ma, avendola immagazzinata, possono cederla all'occorrenza, rendendo più efficiente la gestione globale energetica in un'ottica di **smart city**.
- Esistono già nel mercato sistemi che avviano la ricarica quando vi è disponibilità di energia verde con la possibilità di comandare la ricarica a distanza.

# Quale futuro per il FV nella e-mobility ?

A conclusione riporto un altro stralcio “virgolettato” dell’articolo della **Europea Commission JRC** dello scorso dicembre 2018 in merito al FV in Europa e nel Mondo

*... “ there are huge ( immense) opportunities for PV in the future if the right policy measures are taken... European Union needs to increase its capacity from 115 GW at the end of 2018 to more than 631 GW by 2025.*

*In case of a transition to a sustainable transport sector, i.e. electrification and synthetic fuels, these numbers would increase by a factor of two “ ...*

UTE San Donato 2018 – 2019

[waitingman@libero.it](mailto:waitingman@libero.it)

A richiesta email,  
copia completa previo codice iscrizione UTE

*Grazie per la partecipazione*

