



Istituto Statale Ettore Conti

Istituto Tecnico Industriale - Liceo Scientifico Tecnologico Via A. De
Vincenti, 11 - 20148 Milano Tel. 02 405008-9; Fax 02 40070327
www.ettoreconti.mi.it - E-mail: info@ettoreconti.mi.it
Certificazione Regione Lombardia

CENTRALE DIDATTICA FOTOVOLTAICA



Da oggi è possibile trasformare la propria abitazione in una piccola centrale elettrica grazie ad una fonte inesauribile e non inquinante: **il sole**.

La soluzione è installare sul tetto o a terra un impianto fotovoltaico ed usufruire degli incentivi provenienti dal meccanismo di incentivazione pubblica "in **conto energia**". Attraverso di esso l'energia elettrica prodotta dall'impianto viene remunerata per venti anni dal Gestore dei Servizi Elettrici (GSE Spa).

Il "**conto energia**" incentiva l'energia prodotta da impianti di piccole, medie e grandi dimensioni connessi alla rete, in altri termini idonei sia per le piccole utenze domestiche che per le grandi aziende.

IL PRODOTTO

Un impianto fotovoltaico è costituito da un insieme di apparecchiature che consentono di trasformare direttamente l'energia solare in energia elettrica.

Gli impianti per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica presentano diversi vantaggi, tra i quali i più significativi sono:

assenza di qualsiasi tipo di emissioni inquinanti;

risparmio dei combustibili fossili;

estrema affidabilità poiché non esistono parti in movimento (vita utile superiore a 25 anni);

costi di manutenzione ridotti al minimo;

modularità del sistema (per aumentare la taglia basta aumentare il numero dei moduli).

Una prima classificazione delle tipologie di impianti fotovoltaici può essere la seguente:

impianti autonomi funzionanti in isola (stand-alone);

impianti collegati in parallelo alla rete elettrica pubblica (grid connected);

Questi ultimi generalmente non dispongono di dispositivi di accumulo di energia (batterie) e in caso di black-out non possono garantire l'elettricità all'utente proprietario dell'impianto.

E' importante sapere che l'incentivo statale in conto energia può essere richiesto solamente per impianti connessi alla rete.

Una ulteriore classificazione può essere fatta in base alla potenza degli impianti:

impianti di potenza **non superiore** a 20kWp;

impianti con potenza **superiore** a 20kWp.

La prima tipologia raccoglie un insieme di impianti particolarmente indicati per installazione su immobili di privati cittadini, di attività commerciali e di piccole aziende; una realizzazione simile comporta limitati oneri amministrativi e gestionali ed ha il vantaggio di poter usufruire del servizio di "Scambio di energia alla pari" (Net-Metering) erogato dalla società distributrice dell'energia elettrica.

CAMPO FOTOVOLTAICO



REGOLATORE DI TENSIONE



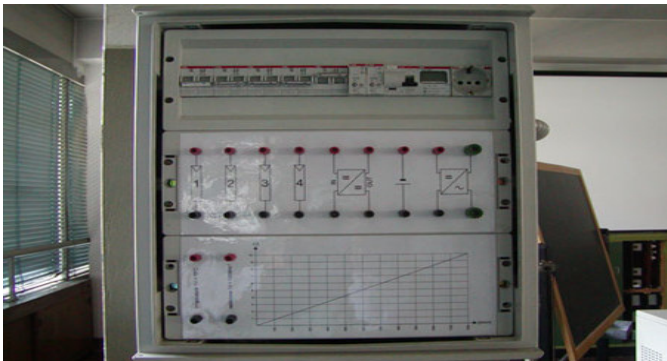
INVERTER



SOLARIMETRO



QUADRO ELETTRICO DI INTERFACCIA



UTENZA



Un impianto fotovoltaico standard connesso alla rete è costituito dai componenti evidenziati nello schema a fianco. Le funzioni dei dispositivi mostrati sono le seguenti:

- i moduli fotovoltaici**, elemento essenziale dell'impianto, captano la radiazione solare durante il giorno e la trasformano in energia elettrica in corrente continua;
- l' inverter**, trasforma l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata rendendola idonea alle esigenze delle comuni apparecchiature elettriche (lampade, elettrodomestici, alimentatori, computer...);

misuratori di energia, sono dispositivi che servono a controllare e contabilizzare la quantità di energia elettrica prodotta e scambiata con la rete.

Un impianto fotovoltaico deve essere installato con le superfici dei pannelli esposte a sud. Installazioni con esposizione verso sud-est o sud-ovest sono ammesse, prevedendo che, una volta in esercizio, l'impianto abbia una leggera perdita di produttività rispetto alla soluzione con esposizione ottimale.

Per quanto riguarda l'inclinazione dei pannelli, l'inclinazione di 30 gradi rispetto al piano è quella che in Italia permette di avere la massima produzione annua di energia. In questo caso l'incidenza di una differente inclinazione sulla potenzialità produttiva dell'impianto è minore, ad esempio se contenuta tra +/- 10 gradi può essere trascurata.

Tra le varie soluzioni che il cliente può scegliere per installare un impianto fotovoltaico, la scelta dell'integrazione architettonica nell'edificio deputato ad accogliere l'impianto permette di ottenere un aumento dell'incentivo statale in conto energia, oltre ad un gradevole effetto estetico.

Vantaggi economici

Il proprietario di un impianto fotovoltaico al quale sia stato concesso l' incentivo in conto energia ha la possibilità di recuperare il capitale speso per la realizzazione dell' impianto durante gli anni di funzionamento dello stesso.

In particolare il beneficio economico per un impianto con potenza inferiore ai 20 kWp connesso alla rete con il servizio di "Scambio sul posto" è costituito da due componenti:

- 1) l' incentivo statale erogato per venti anni dal GSE, in base a tutta l' energia prodotta dall' impianto;
- 2) il risparmio sulla bolletta elettrica, in base alla quota di energia prodotta dall' impianto che riesca a coprire l' energia consumata dalle proprie utenze.

Ciò si verifica quando l' energia elettrica immessa

annualmente in rete non supera quella ritirata. Nel caso contrario, sarà comunque possibile non perdere il beneficio del risparmio in bolletta se l' eccesso di energia immessa nell' anno considerato sarà consumato nell' arco dei 3 anni successivi.

Queste caratteristiche rendono particolarmente interessante la scelta di coprire il capitale necessario alla realizzazione di un impianto fotovoltaico con un finanziamento bancario. In questo caso gli esborsi relativi le rate di restituzione del finanziamento possono essere coperti dai ricavi percepiti mediante l' incentivo in conto energia e i risparmi sui consumi di energia elettrica.

LA RADIAZIONE SOLARE

Radiazione Solare → l'energia elettromagnetica emessa dai processi di fusione dell'idrogeno contenuto nel sole.

Densità di Potenza → radiazione solare per unità di tempo e di superficie.

Fuori l'atmosfera terrestre la potenza incidente su di una superficie unitaria, perpendicolare ai raggi solari, assume un valore di circa **1360 W/m²** (variabilità del $\pm 3\%$ dovuta all'ellitticità dell'orbita terrestre), questo valore prende il nome di **Costante Solare**.

Sulla superficie terrestre, a livello del mare, in condizioni meteorologiche ottimali e sole a mezzogiorno, la densità di potenza è di circa **1000 W/m²**

La radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre si distingue in:

- (1) diretta
- (2) diffusa
- (3) riflessa

Le porzioni di radiazione (1), (2) e (3) ricevuta da una superficie dipendono da:

- (a) condizioni meteorologiche
- (b) inclinazione della superficie
- (c) presenza di superfici riflettenti

- Scelta della tensione di esercizio

L'intensità della radiazione solare incidente su una superficie al suolo è influenzata dall'angolo di inclinazione della radiazione stessa: → più piccolo è l'angolo che i raggi del sole formano con una superficie orizzontale → maggiore è lo spessore di atmosfera che essi devono attraversare

LA CONVERSIONE FOTOVOLTAICA

La conversione diretta dell'energia solare in energia elettrica, utilizza il fenomeno fisico, denominato "Effetto Fotovoltaico"

I principali semiconduttori utilizzati sono:

- **Silicio (Si)**
- **Germanio (Ge)**
- **Arseniuro di Gallio (GaAs)**
- **Solfuro di Cadmio (CdS)**
- **Solfuro di Rame (Cu₂S)**
- **Celle a giunzione multipla (Tandem)**

Tipologie di celle fotovoltaiche

La maggior parte delle celle fotovoltaiche attualmente in commercio è costituita da semiconduttori in silicio per i seguenti motivi:

- Disponibilità pressoché illimitata (risorse del pianeta)
- Largo utilizzo nell'industria elettronica
- Possibilità di riciclare gli scarti dell'industria elettronica

Celle al silicio monocristallino

• Gemmazione e crescita cristallina - Il silicio a cristallo singolo è ottenuto da un processo detto *melting* a partire da cristalli di silicio di elevata purezza che, una volta fusi, vengono fatti solidificare a contatto con un seme di cristallo.

Celle al silicio policristallino

- Forma - Il silicio policristallino è caratterizzato dalla presenza di più cristalli aggregati fra di loro con forme, dimensioni ed orientamenti differenti;
- Costi contenuti – (rispetto al silicio monocristallino)

Celle al silicio amorfo

- Forma – Il semiconduttore, sotto forma di gas, è depositato in strati dell'ordine di $10\mu\text{m}$ su qualsiasi superficie (tecnica dei film sottili);
- Instabilità delle prestazioni elettriche
- Tecnica della giunzione multipla
- Costi contenuti – (rispetto al silicio policristallino)

Collegamenti

La connessione elettrica tra le celle fotovoltaiche è ottenuta per mezzo di due contatti metallici, uno sulla faccia esposta e l'altro su quella opposta, normalmente ottenuti per evaporazione sotto vuoto di metalli a bassissima resistenza elettrica ed effettuando successivi trattamenti termici al fine di assicurarne la necessaria aderenza alla superficie della cella. Mentre la metallizzazione posteriore copre tutta la faccia, quella frontale esposta alla luce deve avere una configurazione geometrica tale da consentire un buon compromesso tra trasparenza alla radiazione incidente e massima raccolta degli elettroni liberi nel processo di conversione

I Sistemi Fotovoltaici

Il sistema fotovoltaico è un insieme di componenti meccanici, elettrici ed elettronici che concorrono a captare e trasformare l'energia solare disponibile, rendendola utilizzabile dall'utenza in energia elettrica.

Nella fase di progettazione di un campo fotovoltaico devono essere effettuate alcune scelte che ne condizionano il funzionamento:

- Configurazione serie-parallelo dei moduli del campo
- Scelta della strutture di sostegno

- Distanza minima tra le file dei pannelli per non avere ombreggiamento

Ricavi

L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico viene convertita dall'**inverter** e immessa nella rete locale a bassa tensione.

Il primo contatore (contatore 1) posizionato dal gestore GSE a valle dell'inverter, conteggia tutta l'energia prodotta dall'impianto, e riconosce al produttore, per venti anni, a seconda della classe di appartenenza definita in base alla potenza, delle tariffe incentivanti che variano al variare della tipologia di impianto e della potenza; in particolare vengono distinte le seguenti tipologie di impianto:

1. *Impianto non integrato* (es. impianto al suolo)
2. *Impianto parzialmente integrato* (es. impianti a tetto aderenti alla superficie della copertura)
3. *Impianto integrato* (es. pensiline con copertura costituita da moduli fotovoltaici)

Le nuove tariffe del Conto Energia 2009 sono ridotte del 2% rispetto alle tariffe del 2008, per gli impianti che entreranno in funzione dal 1 Gennaio 2009.

Quindi, gli incentivi fotovoltaici che saranno erogati per gli impianti collegati alla rete elettrica nell'anno 2009 verranno calcolati partendo dalle seguenti tariffe incentivanti:

Potenza P (kW)	Tipo Impianto		
	<i>Non integrato</i>	<i>Parzialmente integrato</i>	<i>Integrato</i>
$1 \leq P \leq 3$	0,392	0,4312	0,4802
$3 < P \leq 20$	0,3724	0,4116	0,4508
$P > 20$	0,3528	0,392	0,4312

Progetto e costi di una centrale da 3kWh al silicio monocristallino

Impianto fotovoltaico, montato € **18.322,22 + IVA 10 %** (da **6.000,00 € a 7.000,00 € al kWh**)

Moduli monocristallino 175 W x 17 € **13.322,22 €.**

Montaggio € **1.500,00**

Inverter Power-one 4.2 kW, IP 65 doppio canale € **2.000,00**

Progetto, accessori, quadri e staffe. € **1.500,00**

L'impianto è esposto verso **sudest** Con inclinazione: **30°**

Calcoli per l'impianto

Si può realizzare un impianto di **Potenza nominale** pari a: **2,975 kWp**

Produzione attesa annua di: **3.968,16 kWh/anno +/-5%**

L'impianto occupa una **superficie lorda totale di moduli fotovoltaici: 22,1 mq**, con moduli di silicio monocristallino **Sharp 175 W**

Calcoli economici

Tariffa riconosciuta dal Conto Energia: 0.49 € a kWh prodotto dall'impianto

1. Ricavo **annuale** pagato dal G.S.E. per 20 anni: 1.850,00 Euro (pari a 154 € al mese)

2. Risparmio **annuale** valutato al costo medio attuale dell'energia: 758,00 Euro (pari a 63,20 € al mese)

3. ricavo ventennale pagato dal GSE per 20 anni € **37.000,00** IVA esclusa.

Investimento totale € **18.322,22 + IVA 10 %**

Ricavo totale in 20 anni . € **52.160,00** IVA esclusa

Utile di esercizio teorico ventennale € **33.837,78**

**CENTRALE DIDATTICA FOTOVOLTAICA REALIZZATA
DA DOCENTI E NON DOCENTI DELLA
SPECIALIZZAZIONE DI**

ELETTROTECNICA E AUTOMAZIONE

**Prof. Antonio Stranges
Prof. Roberto Rizzello
Prof. Giorgio Costantino
Prof. Roberto Procopio
Prof. Francesco Mirabile
Prof. Stefano Covri
Prof. Moreno Grassini
Sig. Primo Ghidini
Sig. Mario Oldani**



Istituto Statale Ettore Conti

Istituto Tecnico Industriale - Liceo Scientifico Tecnologico
Via A. De Vincenti, 11 - 20148 Milano Tel. 02 405008-9;
www.ettoreconti.mi.it - E-mail: info@ettoreconti.mi.it

Certificazione Regione Lombardia