

# Installazioni fotovoltaiche Cod. ER

## Capitolo 15

### ER – 145 Come dimensionare un impianto fotovoltaico *STAND-ALONE*

#### Introduzione al fotovoltaico

##### 1.1 Generalità sugli impianti fotovoltaici.

###### Gli impianti fotovoltaici sono suddivisi in due principali categorie:

- Impianti fotovoltaici connessi alla rete o grid connect:

sono impianti che sono connessi alla rete elettrica nazionale. Durante il giorno producono energia elettrica e la immettono nella rete, mentre durante la notte i carichi da alimentare prelevano l'energia direttamente dalla rete.

- Impianti fotovoltaici a isola o stand alone: non sono connessi a nessuna rete di distribuzione.

Di giorno producono energia e la accumulano, mentre nelle ore notturne l'energia accumulata, viene rilasciata per alimentare le varie utenze.

Tale impianto, grazie all'omonimo effetto fotovoltaico trasforma direttamente l'energia solare in energia elettrica. L'effetto fotovoltaico è quel fenomeno fisico che avviene quando la radiazione del sole colpisce dei semiconduttori opportunamente drogati, permettendo la produzione di energia elettrica.

###### Vantaggi fondamentali dell'uso di questa tecnologia, sono:

- L'assenza di emissioni inquinanti;

- Il fatto che più si usa questa tecnologia per ricavare l'energia elettrica, meno si usano le altre tecnologie che provengono da fonti non rinnovabili, come ad esempio il nucleare e le centrali termoelettriche: questo comporta quindi minor inquinamento e minor consumo di combustibili fossili;

- La fonte primaria, ovvero la radiazione del sole, è infinita e a costo zero;

- Generare l'energia direttamente nel luogo dove viene consumata, evita di dover attingere da fonti distanti diversi km, generando risparmio in termini sia di materiali che di riduzione delle perdite di trasporto e di trasformazione dell'energia elettrica;

- L'affidabilità degli impianti fotovoltaici, soprattutto quando non vi sono parti in movimento (normalmente un impianto è garantito fino a di 25 anni);

- I ridotti costi di esercizio e di manutenzione;

- La modularità del sistema: se si vuole aumentare o diminuire la potenza dell'impianto basta incrementare o ridurre il numero di pannelli;

- L'energia solare non produce rumore e non emette sostanze odorose;

- Con l'impianto fotovoltaico l'utente diventa indipendente e produttore dell'energia che consuma: perciò lo sfruttamento di questa risorsa viene affrontata in modo più consapevole, consentendo di evitare alcuni sprechi.

##### 1.2 Impianti fotovoltaici a isola

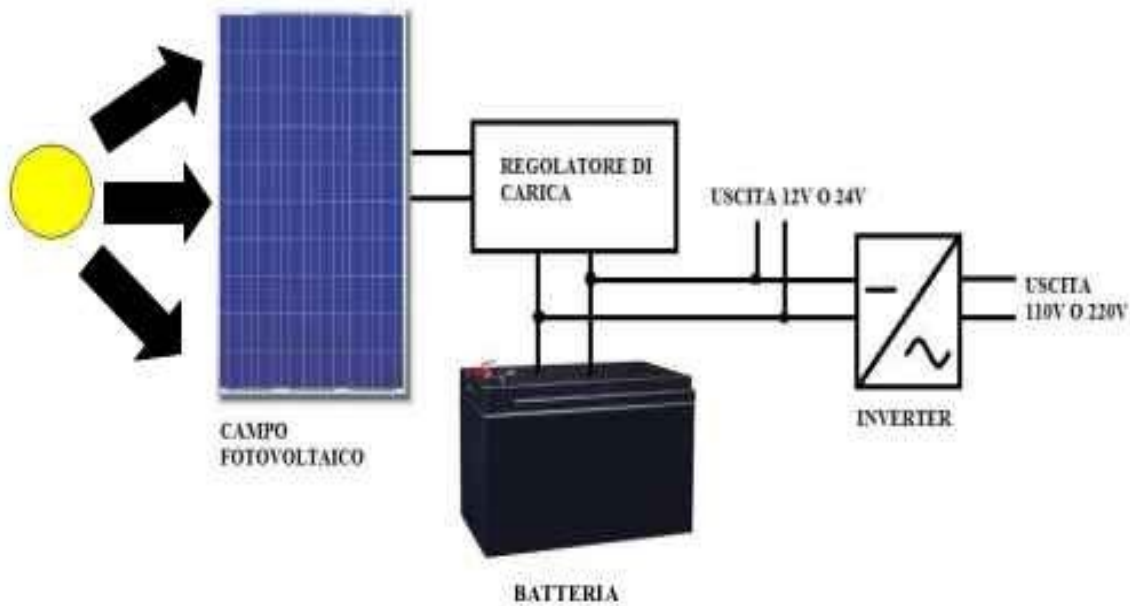
Gli impianti fotovoltaici stand-alone, sono caratterizzati dall'assenza dell'allaccio alla rete di distribuzione. Essendo tali impianti autosufficienti, sono spesso le soluzioni ideali per edifici molto isolati (baite, alpeggi, rifugi alpini, case isolate, ecc.), sistemi d'illuminazione, segnaletica sulle strade, impianti pubblicitari, ripetitori radio, stazioni di rilevamento e trasmissioni dati, sistemi per il pompaggio dell'acqua, alimentazioni dei servizi nei camper o nelle imbarcazioni.

In pratica tutte applicazioni in luoghi distanti dalla rete elettrica nazionale: basti pensare che per la realizzazione di 1 km di linea elettrica bisogna prevedere una spesa di almeno 40.000 €. In questi casi, soddisfare autonomamente tutto il fabbisogno elettrico diventa molto conveniente. Infine, se si considera che spesso gli edifici isolati dalla rete sono situati in località ambientali di grande importanza, come i parchi naturali e le aree montane, allora il ricorso alla tecnologia fotovoltaica appare ancora più necessario.

Se per un impianto fotovoltaico connesso alla rete si vuole massimizzare l'irradiazione annuale e quindi la produttività dell'impianto, dal momento che i surplus e i deficit di energia elettrica vengono comunque compensati dalla rete di distribuzione, per un impianto fotovoltaico a isola dotato di accumulatori elettrochimici si desidera massimizzare la radiazione giornaliera e minimizzare il divario tra il mese più favorevole (con irradiazione solare maggiore) e quello meno favorevole (con irradiazione solare minore). Nello specifico, per determinare la potenza nominale del generatore fotovoltaico in modo da assicurare l'autosufficienza dell'impianto, è necessario imporre che la produzione di energia elettrica dell'impianto nel mese più sfavorevole risulti maggiore dell'assorbimento delle medesima da parte dei dispositivi di consumo. Ciò comporta un surplus di energia nei mesi più favorevoli che purtroppo non verrà assorbito dagli accumulatori ma sprecato: questo è l'inconveniente derivante dal non essere allacciati alla rete.

### **Come si può osservare dalla Figura 1.1 i principali componenti di un impianto fotovoltaico a isola generalmente sono:**

- **IL PANNELLO FOTOVOLTAICO:** è l'insieme dei moduli fotovoltaici dedicati alla trasformazione dell'energia solare in energia elettrica;
- **IL REGOLATORE DI CARICA:** è un sistema che serve a gestire e a stabilizzare l'energia prodotta. Normalmente l'energia elettrica che arriva dai moduli fotovoltaici ha una tensione stabilizzata di 12 o 24 Volts. Il regolatore di carica deve: visionare il funzionamento dell'impianto, proteggere le batterie di accumulo da un eccesso di carica, gestire il flusso di energia dai moduli verso le batterie, e quello di scarica, dalle batterie verso l'utenza o addirittura dalle batterie verso il pannello (ore notturne). Grazie al regolatore di carica, le batterie di accumulo danno il massimo delle prestazioni e hanno una maggiore durata;
- **LE BATTERIA D'ACCUMULO:** è il sistema chimico dedicato ad accumulare l'energia elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici, per consentirne un uso differito nel tempo. Il dimensionamento degli accumulatori costituisce un punto critico della progettazione, condizionando la resa, l'affidabilità e la vita utile dell'impianto. La capacità energetica degli accumulatori deve garantire un certo numero di giorni di autonomia;
- **L'INVERTER:** è il sistema di conversione della corrente continua in corrente alternata. Questo dispositivo è utilizzato nei casi dove l'utenza ha necessità di corrente alternata. La corrente in uscita dall'inverter ha normalmente una tensione standard pari a 110 o 220 volt per consentire l'alimentazione dei dispositivi elettronici di destinazione;
- **UTENZA:** dispositivi alimentati dall'impianto fotovoltaico.



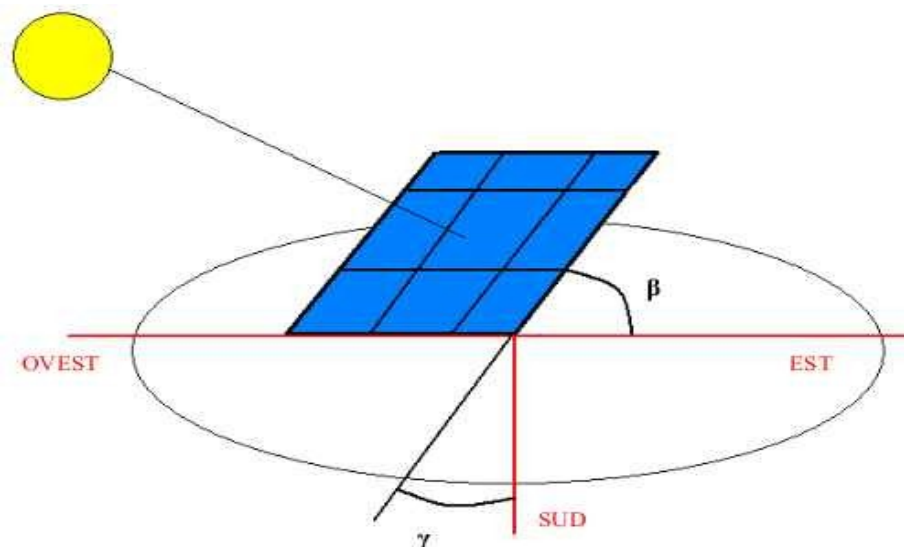
**Figura 1.1** Rappresentazione di un impianto fotovoltaico a isola

## 2.1 Inclinazione e orientamento dei pannelli fotovoltaici.

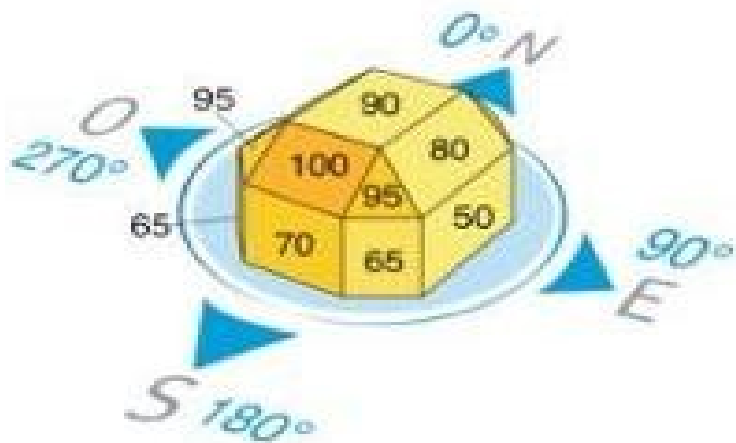
Da quanto si è detto finora risulta che la posizione ottimale per il pannello fotovoltaico è quella in cui:

- La superficie del pannello si trovi in posizione perpendicolare rispetto ai raggi solari incidenti su di essa;
  - L'orientamento migliore per la superficie del dispositivo è rivolto verso il sud, per l'emisfero boreale, così facendo il pannello sarà esposto al Sole per un numero maggiore di ore.
- L'impianto fotovoltaico sia disposto su una superficie con buona capacità riflettente.

Come accennato qui sopra il massimo rendimento di un pannello fotovoltaico si ha quando i raggi solari che incidono sulla sua superficie sono perpendicolari a essa. In realtà l'incidenza della radiazione solare sulla superficie del pannello varia in funzione della latitudine e rispetto al moto del Sole che varia sia durante il giorno e sia durante l'anno.



**Figura 2.2** Inclinazione e orientamento di un pannello fotovoltaico



**Figura 2.2 Resa di un pannello fotovoltaico rispetto al suo posizionamento**

Per quanto riguarda l'orientamento, il pannello fotovoltaico andrebbe fissato con la superficie rivolta verso il Sud: questo permette di avere una radiazione solare incidente sulla superficie del pannello mediamente maggiore nel corso dell'intera giornata. Buoni valori si hanno anche con pannelli rivolti verso Sud-Est o Sud-Ovest, con un scostamento rispetto al Sud di 45°. L'angolo che determina lo scostamento nei confronti dell'orientamento ottimale del Sud, viene detto angolo di Azimut  $\gamma$ . I valori positivi di quest'angolo indicano un orientamento dei moduli verso Ovest; viceversa, i valori negativi indicano uno scostamento verso Est; con valore zero il pannello è rivolto perfettamente verso Sud.

## 2.2 Tipologia dei pannelli fotovoltaici

In commercio esistono svariate tecnologie per realizzare una cella fotovoltaica, ma la più comune è quella che utilizza come semiconduttore il silicio. Il motivo di questa ampia diffusione è dovuto alla grande disponibilità di silicio sul nostro pianeta e allo sviluppo del campo dell'elettronica che utilizza già ampiamente questo semiconduttore e permette economie di scala. La Tabella 2.4 mostra le varie tecnologie con i loro rendimenti.

Tipologia cella	Rendimento cella
Silicio monocristallino	14-17%
Silicio policristallino	12-14%
Silicio amorfo	4-6% singolo 7-10% tandem
CdTeS (telluro di cadmio- solfuro di cadmio)	11%
GaAs (arseniuro di gallio)	32%
CIS, CIGS, CIGSS (leghe a base di diseleniuro doppio di rame e iridio)	12%

**Tabella 2.4 Rendimento delle varie categorie di celle**

## 3.1 Accumulatore.

Questo argomento è uno dei più critici e difficili per l'analisi progettuale di un impianto fotovoltaico a isola. L'accumulatore in un impianto fotovoltaico stand-alone ha il compito di immagazzinare l'energia prodotta dal campo fotovoltaico (durante le ore di luce) e renderla disponibile quando l'utilizzatore ne fa richiesta (magari quando la radiazione solare scarseggia). La batteria è l'elemento dell'impianto con minor longevità (6-8 anni); questo fa sì che risulti anche essere l'elemento il cui costo impatti maggiormente nell'economia dell'impianto.

Inoltre questo componente necessita di manutenzione. È buona cosa, quando è possibile, collocare le batterie in locali esenti da umidità, polveri e fumi nocivi ed è preferibile avere anche un impianto di areazione. Le caratteristiche e il funzionamento dell'accumulatore varia a seconda della chimica che governa il processo di accumulo dell'energia.

**Le tipologie di batterie ricaricabili che il dispositivo (il regolatore di carica) riesce a supportare sono:**

- Batterie al piombo: sono comunemente usate negli autoveicoli per alimentare il motorino d'avviamento. Il loro primo vantaggio è il basso costo. Riescono a fornire un'elevata potenza istantanea e possono funzionare a basse temperature. Sono facili da produrre. Hanno una bassa efficienza energetica. Non sono adatte a scariche troppo prolungate a causa del fenomeno della solfatazione. Hanno perdite di capacità dovute a stress meccanici, le dimensioni e il peso ne limitano l'utilizzo in alcune applicazioni;

- Batterie al Nichel-Cadmio (NiCd): sono usate in apparecchiature portatili dell'elettronica di consumo. Hanno una vita molto lunga e sono più difficili da danneggiare. Possono essere caricate e scaricate molto più velocemente delle batterie al piombo, ma sono più costose. Risentono dell'effetto memoria;

Batterie al Nichel-metallo idruro (NiMh): questa tecnologia ha ormai sostituito le batteria al Nichel-Cadmio e rispetto a quest'ultime hanno il vantaggio di avere una maggiore efficienza energetica. Anch'esse vengono usate in apparecchiature portatili. Sono anche state usate in veicoli ibridi.

Risentono di un leggero effetto memoria e quando non utilizzate tendono a scaricarsi più velocemente degli altri tipi; Batterie agli ioni di litio (Li-Ion): vengono utilizzate in tutti i dispositivi ad alta tecnologia di ultima generazione. Hanno un'efficienza energetica, numero di cicli di carica e scarica e prestazioni complessive molto maggiori rispetto alle altre batterie descritte, a discapito di costi maggiori. Hanno bisogno di una minima manutenzione. Non soffrono dell'effetto memoria e hanno una bassa corrente di auto-scarica. Il principale svantaggio è rappresentato da un degrado progressivo anche quando non viene utilizzata; - Batterie al litio-polimero (Li-Poly): sono simili alle batterie agli ioni di litio (infatti, gli utilizzi sono gli stessi). Hanno un'efficienza energetica maggiore, ma il ciclo di vita risulta minore. Uno dei principali vantaggi di queste batterie ricaricabili è che possono assumere qualsiasi forma, fattore molto importante in tecnologie dove gestire lo spazio disponibile è essenziale.; -Batterie al litio-ferro-fosfato (LiFePO<sub>4</sub>): sono sempre batterie che usano la chimica del litio. I principali vantaggi rispetto alle altre batterie al litio sono una maggior resistenza termica, una maggior resistenza all'invecchiamento, una bassa corrente di autoscarica, maggior cicli di utilizzo, e la caratteristica che se sottoposte a grossi carichi hanno una ottima stabilità in tensione. In più sono molto più sicure delle precedenti.



**Batteria "DEEP CYCLE" per utilizzazione fotovoltaica**

## LE PRESTAZIONI DI UNA BATTERIA

Le batterie sono dispositivi elettrochimici sensibili al clima, alla storia dei cicli di carica/scarica, alla temperatura ed all'età. Le prestazioni della vostra batteria dipendono quindi dal clima, dal posto in cui sta e dalle modalità di utilizzo. Per ogni Ah che prelevate dalla vostra batteria avrete bisogno di pompare 1,5 Ah per farla tornare allo stesso stato di carica. Questa stima varia con la temperatura, il tipo e l'età della batteria. In una tipica batteria al piombo, la tensione è di circa 2 V per cella, indipendentemente dalle dimensioni di quest'ultima. L'elettricità fluisce non appena si crea un circuito fra i terminali positivo e negativo, cosa che accade quando si connette alla batteria un carico, cioè un apparecchio utilizzatore di corrente. Quando si maneggia una batteria occorre sempre usare grande cautela, poiché un suo uso improprio può provocarne l'esplosione. In particolare, la carica e la scarica di una batteria in un impianto fotovoltaico stand-alone deve essere gestita da un cosiddetto *regolatore di carica*.

### 4) PERCHÈ OCCORRE USARE BATTERIE "DEEP CYCLE"

Le batterie sono classificate in base ai loro cicli. Le batterie possono avere cicli "superficiali", cioè con una scarica compresa fra il 10% ed il 15% della loro capacità totale, o cicli "profondi" fino al 50% od all'80%. Le batterie del primo tipo sono quelle impiegate nelle comuni automobili: servono essenzialmente per avviare una macchina, per cui sono progettate per fornire diverse centinaia di ampere per pochi secondi, poi l'alternatore riprende a caricarle e la batteria viene rapidamente ricaricata. Quindi, le batterie delle automobili non sono adatte per gli impianti fotovoltaici stand-alone. Le batterie a ciclo profondo, invece, forniscono pochi ampere per centinaia di ore prima di venire ricaricate, e sono capaci di numerosi cicli profondi, per cui sono il tipo ideale per l'impiego in impianti fotovoltaici. Dunque, attenzione a non scambiare batterie che sono progettate per utilizzi diversi e scegliete batterie *deep cycle* per immagazzinare l'energia dei vostri pannelli fotovoltaici. Ma ecco una utile guida a riguardo.

### 5) I VARI TIPI DI BATTERIE AL PIOMBO-ACIDO IN COMMERCIO

Esistono vari tipi di batterie al piombo acido: (1) le *batterie di avviamento*, che hanno cicli superficiali e sono usati nell'industria dell'auto; (2) le *batterie piombo-calcio*, che sono anch'esse a ciclo superficiale ed erano usate dalle compagnie telefoniche; (3) le *batterie sigillate*, che sono a tenuta di liquidi e possono operare in qualsiasi posizione senza perdita di acido, ma il loro stato non può essere controllato; (4) le vere *batterie deep-cycle*, specificamente progettate per un utilizzo a ciclo profondo, per cui tendono ad avere delle piastre più grandi e più spesse, e risultano l'ideale per gli impianti stand-alone alimentati con energie rinnovabili. Le batterie deep-cycle non si rovinano se viene usata gran parte della loro capacità prima di essere ricaricate e sopravvivono a centinaia - se non a migliaia - di cicli con scarica fino all'80%. Si raccomanda, comunque, di non scaricarle più del 50% e di lasciare un 30% per le emergenze. Non usate il restante 20%: meno i cicli sono profondi e più la batteria durerà.

### 6) L'inverter

L'inverter è quel dispositivo in grado di convertire una corrente continua, in questo caso generata dall'impianto fotovoltaico, in una corrente alternata.

**Le funzionalità principali dell'inverter sono:**

- Tensione in uscita sinusoidale pura.;
- Eccellente comportamento in sovraccarico.;
- Protezione ottimale della batteria;
- Riconoscimento automatico del carico;
- Massima affidabilità.

**Gli ultimi modelli d'inverter presentano anche funzioni elettroniche di protezione.**

**Tra le principali risultano le seguenti:**

- Protezione da scarica profonda;
- Disinserzione in caso di sovratensione della batteria;
- Protezione da sovratemperatura e sovraccarico;
- Protezione contro il cortocircuito;
- Protezione contro l'inversione di polarità mediante fusibile interno;
- Allarme acustico in caso di scarica profonda o surriscaldamento.

**Inoltre i diodi LED indicano gli stati di funzionamento.**



**Figura 6.1 Inverter Steca AJ 1000-1**



## **7) IL REGOLATORE DI CARICA**

### **Regolatore di carica da 15 Amp**

I regolatori di carica sono uno dei componenti più importanti di un impianto fotovoltaico stand-alone. Il regolatore di carica serve a prolungare la durata delle batterie utilizzate per immagazzinare l'energia elettrica prodotta dai pannelli fotovoltaici. La funzione principale del regolatore di carica è quella di impedire la sovraccarica delle batterie.

Se le batterie vengono sovraccaricate in modo routinario, la loro aspettativa di vita si riduce notevolmente. Il regolatore di carica, pertanto, rileva la tensione della batteria e riduce o interrompe la corrente di carica quando la tensione raggiunge un valore sufficientemente elevato. Ciò è particolarmente importante con le batterie sigillate, dove non si può sostituire l'acqua persa durante il sovraccarico. L'unica eccezione alla necessità del regolatore di carica è quando la fonte di ricarica è molto piccola e la batteria, al suo confronto, molto grande: in pratica, esso non serve se un modulo fotovoltaico produce l'1,5% della portata di corrente della batteria o meno.

## **7.1) LA CORRENTE NOMINALE DEI REGOLATORI DI CARICA**

I regolatori di carica sono classificati in base alla corrente nominale (in ampere) che possono gestire. Normalmente, si richiede che i regolatori di carica possano sopportare una sovracorrente del 25% per un periodo di tempo limitato. Ciò permette al vostro regolatore di carica di sopravvivere a un'occasionale "effetto nuvola", quando la luce del sole aumenta in maniera notevole e rapida. Il superamento dell'ampereaggio previsto dalle specifiche di un determinato regolatore di carica, può distruggerlo. Un regolatore di carica fotovoltaico impedisce anche inversioni di corrente durante la notte. Il flusso di corrente inversa è quella piccola corrente che può fluire di notte verso i pannelli fotovoltaici proveniente dalla scarica delle batterie, sebbene la loro perdita di potenza attraverso questa via sia insignificante. Infatti, solo negli impianti fotovoltaici più grandi la corrente inversa è significativa, e in ogni caso quasi tutti i regolatori di carica gestiscono questo tipo di corrente in modo automatico.

## **7.2) SCELTA DI UN REGOLATORE DIMENSIONATO ALL'IMPIANTO**

Le principali caratteristiche di un regolatore di carica, che troverete indicate nelle sue specifiche (*datasheet*), sono: (1) la *corrente nominale solare*, cioè la corrente massima proveniente dai pannelli fotovoltaici, pari alla somma delle correnti nominali degli stessi qualora essi vengano collegati tutti in parallelo fra loro; (2) la *corrente nominale di carico*, che dipende da quella max assorbita dagli apparecchi utilizzatori in corrente continua ivi collegati direttamente, o eventualmente dall'inverter che precederà gli apparecchi alimentati in alternata e alta tensione (tipicamente, 110 V o 220 V); (3) la *tensione del sistema*, che può essere 12 V, 24 V o 48 V. Occorre assicurarsi che la corrente massima (cioè quella nominale) proveniente dall'insieme dei pannelli FV sia inferiore a quella nominale del regolatore di carica per quell'ingresso, e che la corrente massima assorbita dal carico sia inferiore a quella nominale del regolatore di carica, nonché che le tensioni di ingresso e di uscita siano le stesse del regolatore.

## **8) DIMENSIONAMENTO SOMMARIO DI UN IMPIANTO FV AD ISOLA**

Il dimensionamento di un impianto fotovoltaico stand-alone dipende dalle proprie necessità, in particolare dalla potenza massima assorbita (in watt) dai carichi che vogliamo usare e dal tempo di utilizzo degli stessi. Supponiamo di voler alimentare un carico da 100 W a 12 V per 10 ore al giorno, pari a un consumo giornaliero di 1,0 kWh. Poiché  $W = V \times I$ , la corrente  $I$  richiesta sarà di 100 W: 12 V = 8,3 A. Un eventuale inverter, che lavora a 12 V in ingresso, dovrà quindi assorbire una corrente di 8,3 A erogata dalla batteria. Sia la batteria che il regolatore di carica (i quali lavorano a 12 V) devono essere adeguati nel fornire una corrente doppia: 16 A. Infine i moduli fotovoltaici, ciascuno dei quali ha una tensione in uscita di 12 V, devono essere collegati in parallelo fra loro e avere una potenza nominale totale di circa 0,7 kW, pari a 4 moduli fotovoltaici da 180 W. L'energia elettrica giornaliera prodotta dall'impianto in questione sarà, al massimo (luglio), di 3,0 kWh ed, al minimo (dicembre), di 1,2 kWh.



## **8.1) SISTEMI FOTOVOLTAICI *STAND-ALONE* CON O SENZA BATTERIE**

Gli impianti fotovoltaici ad isola possono operare con o senza le batterie. Le batterie ne aumentano il costo e la manutenzione in maniera sostanziale, ma permettono di usare l'elettricità anche di notte o quando non c'è energia elettrica, come ad es. quando è nuvoloso o c'è un black-out. I sistemi fotovoltaici stand-alone sono normalmente progettati per fornire una certa corrente elettrica sufficiente per alimentare carichi in corrente continua (DC) o alternata (AC). I carichi possono essere alimentati solo dall'impianto fotovoltaico o usare la rete elettrica come fonte elettrica di backup.

Nei sistemi stand-alone senza batterie, l'energia prodotta viene utilizzata immediatamente: applicazioni molto comuni sono l'alimentazione diretta di carichi in corrente continua, di pompe d'acqua e di apparati per le telecomunicazioni, ma con un inverter si possono alimentare anche carichi in alternata. Ovviamente, essi funzionano solo quando c'è il sole, mentre se si usano le batterie per ben il 100% del tempo.

## **8.2) UN PICCOLO IMPIANTO *STAND-ALONE* CON I KIT FOTOVOLTAICI**

Gli impianti ad isola possono essere realizzati acquistando separatamente i singoli componenti oppure comprando direttamente un kit fotovoltaico. I kit fotovoltaici sono di solito confezioni che comprendono pannelli fotovoltaici in numero tale da fornire almeno 500 W di potenza - sufficienti per alimentare determinati carichi dedicati o apparecchi utilizzatori in "modalità di sopravvivenza" - ma vi sono pure kit da 3-4 kW e oltre. Essi includono, inoltre: un inverter, che fornisce la corrente alternata a 230 V usata dai normali apparecchi domestici; delle batterie, che accumulano la carica elettrica fornita dai moduli fotovoltaici; un regolatore di carica, che gestisce la carica delle batterie evitando che si rovinino per il sovraccarico. Un sistema stand-alone di questo tipo, da 500 W di potenza, con 6 ore di sole al giorno può alimentare un efficiente frigorifero per 24 ore, un televisore per 7 ore, una lampada a incandescenza da 60 W per 10 ore, un forno a microonde per 10 minuti, delle lampadine a led per numerosi giorni.

## **ER – 145 COME DIMENSIONARE UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO *STAND-ALONE***

### **1) PASSO 1: DETERMINARE I PROPRI CONSUMI**

Stilate una lista di tutti gli apparecchi che intendete collegare al vostro impianto fotovoltaico stand-alone. Qui di seguito troverete una lista dei consumi tipici (in watt) di alcuni comuni elettrodomestici, riportati sulla targhetta obbligatoria o sulle specifiche del prodotto. Separate gli apparecchi alimentati o alimentabili in corrente continua (DC) da quelli in corrente alternata (AC). A questo punto, su un foglio elettronico tipo Excel riportate, per ognuno di essi, su una riga il nome dell'apparecchio, la potenza assorbita (in watt), il tempo giornaliero di utilizzo previsto (in ore o minuti), la quantità di apparecchi di quel tipo, il consumo giornaliero di energia in kWh (= consumo orario in kW x numero di ore). Dopodiché, sommate i consumi in kWh dei vari apparecchi per conoscere il consumo elettrico totale giornaliero: ad es., 2 kWh = 2000 Wh. Dividendo questo valore per la tensione della batteria, 12 V, ho la corrente totale giornaliera (in Ah):  $2000:12 = 166$  Ah che le batterie dovranno poter erogare.

Elettrodomestico	Potenza (W)	
	Min	Max
Asciugacapelli	500	1800
Aspirapolvere	700	1900
Condizionatore	700	1200
Deumidificatore	200	500
Ferro da stiro	1000	2200
Forno	1800	2200
Forno a microonde	700	1500
Frigorifero	100	300
Frullatore e mixer	100	500
Griglia	1300	1800
Idromassaggio	800	2500

Elettrodomestico	Potenza (W)	
	Min	Max
Lampada (alogeno)	25	500
Lavabiancheria	1850	2700
Lavastoviglie	2000	2200
Robot da cucina	300	800
Scaldabagno	1000	1200
Stereo	150	300
Stufa elettrica	1000	2000
Televisore	100	600
Tostapane	500	900
Umidificatore	500	750
Ventilatore a soffitto	50	100

## 2) PASSO 2: OTTIMIZZATE LA VOSTRA DOMANDA DI POTENZA ELETTRICA

A questo punto, è importante analizzare la vostra domanda di potenza elettrica e cercare di ridurre il più possibile le vostre necessità. Pertanto, identificate prima gli apparecchi utilizzatori che nel vostro caso consumano più energia (come frigoriferi, lavatrici, lavastoviglie, scaldabagni, pompe per l'acqua, luci esterne, etc.) e cercate di eliminarli oppure di trovare soluzioni alternative per impiegarli, ad esempio sostituendoli con apparecchi a gas o alimentati in corrente continua (DC), poiché la trasformazione da DC ad AC comporta delle perdite di elettricità. Inoltre, sostituite le lampadine a incandescenza, al neon, fluorescenti compatte ed alogene presenti in tutta la casa con lampadine o altri sistemi di illuminazione a led, che forniscono lo stesso livello di luminosità con un'assorbimento elettrico assai più basso, tanto che rientrerete della spesa in circa 1 anno. Infine, se c'è un grosso carico che non potete eliminare, cercate di usarlo solo durante le ore di massimo del sole. Insomma, cercate di essere creativi!

## 3) PASSO 3: DIMENSIONAMENTO DEL PACCO-BATTERIE

La corrente elettrica (in Ah) che le vostre batterie dovranno essere in grado di fornire è 1,2 volte quella calcolata al Passo 1, per compensare le perdite elettriche delle batterie durante i cicli di carica/scarica. Dovete inoltre decidere quanti giorni di autonomia dovrà fornire il vostro pacco-batterie, semplicemente moltiplicando il precedente valore della corrente elettrica da erogare per il numero di giorni in questione. È consigliabile prevedere qualche giorno di autonomia nel caso di maltempo. Inoltre, dovete tenere in considerazione il valore di assorbimento massimo (potenza di picco) delle vostre applicazioni, e di conseguenza la corrente massima che occorre poter erogare con il pacco-batterie, il quale va mantenuto a temperatura ambiente (15°-30°C). Se avete la possibilità di ricaricare le batterie anche attraverso un generatore non fotovoltaico (ad es. eolico), queste potranno venire sottodimensionate. Ricordatevi che è bene non scaricare una batteria oltre il 50% - massimo 80% - della sua capacità.



### **Batterie a gel predisposte per fotovoltaico**

#### **Guida di base per la stima di un sistema solare fotovoltaico semplice.**

Al fine di poter dimensionare il sistema correttamente, è necessario annotare la potenza di ciascun apparecchio che consumerà l'energia del nostro sistema.

#### **Prenderemo come esempio i requisiti di alimentazione di un camper con i seguenti consumi:**

2 x 15W Lampadine a basso consumo 12VDC

1 x 60W Pompa acqua 12VDC

1 x 48W 12VDC Frigo

1 x 50W 240VAC TV

1 x 600W 240VAC Microonde

**(Notare che un forno a microonde di 600W consumerà circa 900W di potenza)**

## **4. Calcolare i carichi nelle differenti tensioni (AC e DC)**

### **Calcolare il totale dei carichi DC e AC:**

#### **Carichi DC**

Illuminazione - 2 luci di 15W DC - entrambe utilizzate 2 ore al giorno = 60Wh/day

Pompa - 1 x 60W Pompa DC - usata 1/4 d'ora al giorno = 15Wh/day

Frigorifero - 1 x 48W Frigo - funziona 8 ore al giorno = 384Wh/day

**Totale per carichi DC = 459Wh/day**

## Carichi AC

Televisione - 1 x 50W - utilizzata 2 ore al giorno = 100Wh/day

Forno a microonde - 1 x 900W - usato 15 min = per 225Wh/day

Totale per carichi AC = 325Wh/day

Considerando l'efficienza dell'inverter del 85% = 382Wh al giorno (es. 325 / 0.85)

**Totale per carichi AC e DC = 841Wh al giorno**

## 5. Calcolo potenza fotovoltaica da installare

Aspettatevi una media utilizzabile di circa 5 ore di sole al giorno al massimo rendimento.

**Richiesta di ingresso da parte dei pannelli solari = (841Wh / 5 ore) \* 1,4 = 235W**

Nota: Il fattore 1,4 utilizzato in questa formula è un fattore che abbiamo riscontrato nella pratica e che può essere utilizzato per semplificare i calcoli per sistemi di base.

Per garantire che l'alimentazione adeguata prodotta nei mesi invernali, utilizzare 4,0-4,5 ore di sole al giorno invece di 5.

## 6. Scelta dei pannelli solari o kit fai da te

Al fine di ottenere la potenza minima necessaria di 235W, si può scegliere la seguente configurazione o superiore:

**2 x 123W di pannelli solari che, una volta collegati in parallelo, forniranno 246W a 14,32 Amps (celle solari con il 16% di efficienza).**

## 7. Regolatori di Carica

La corrente di corto circuito nominale dei pannelli solari scelti sarà di circa 8.1 ampere ciascuno, per un totale di 16,2 ampere.

Selezionare un regolatore solare che è in grado di gestire la **corrente di corto circuito totale: 16,2 x 1,25 = 20.25 Amps**

Per esempio possiamo scegliere un regolatore da 30Amp.

Notare che è necessario avere un margine del 25% già che i pannelli solari possono superare la potenza nominale in particolari condizioni di temperatura e irraggiamento. Un regolatore 30A inoltre consentirà un pannello supplementare in futuro.

## 8. Inverter

Selezionare un inverter in grado di fornire la massima potenza prevista di carico in AC. In questo esempio, il carico massimo che dovrebbe sopportare è il microonde e TV accese nello stesso momento. Quindi il totale sarebbe  $900W + 50W = 950W$ .

Inoltre, l'inverter deve essere in grado di sopportare picchi durante l'accensione di queste apparecchiature.

Un inverter da 1000W sembrerebbe essere adatto, ma uno da 1200W - 1500W sarebbe raccomandato.

Scegliamo un inverter da 1200W a onda sinusoidale pura.

Nota: Un inverter a onda sinusoidale pura è la scelta migliore, ma se il budget è limitato, si potrebbe anche scegliere un inverter a onda sinusoidale modificata fin quando le apparecchiature alimentate non hanno motori.

## 9. Batterie

Selezionare una batteria, o una combinazione di batterie, che è in grado di fornire il consumo totale di energia, senza essere scaricata più del 70%.

Nella maggior parte dei casi si raccomanda che le batterie siano dimensionate in modo da avere circa 3 o 4 giorni di back-up di capacità. Ciò consente di ridurre la scarica durante giornate di pioggia o nuvoloso, il che allunga la vita delle batterie.

Con 3 giorni di capacità di stoccaggio, il dimensionamento della batteria (a 12V) sarebbe il seguente:

$$\text{Ah richiesto} = (841\text{Wh} * 3/12 \text{ V}) / 0,7 * 1,1 = 330\text{Ah}.$$

Nota: Il fattore 1,1 che viene utilizzato in questa formula, è perché normalmente le batterie hanno una efficienza del 90%.

### **AfriCad può accompagnarvi in tutte le fasi di elaborazione del vostro progetto:**

- **studio preliminare;**
- **analisi dei costi;**
- **costruzione prototipo;**
- **scelta dei materiali e delle tecnologie di produzione con il miglior rapporto qualità – prezzo;**