



voltimum

DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO

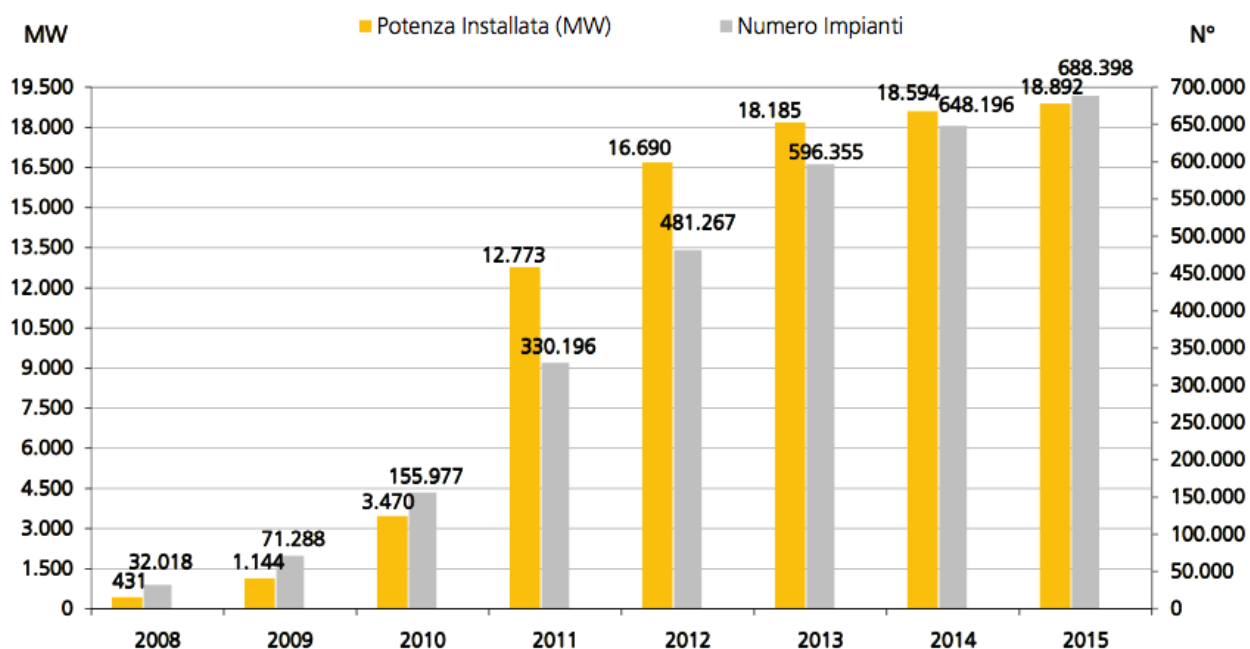
Sommario

Tecnologia.....	3
I moduli	3
Dimensionamento.....	5
La potenza del modulo	6
La quantità di superficie	6
Radiazione diffusa, diretta e riflessa.....	6
Orientamento e angolazione	7
Ombreggiamento	8
Potenza e producibilità dell'impianto	9
Simulatori per il dimensionamento degli impianti	9
Dimensionare un impianto isolato dalla rete	9
Impianti connessi alla rete e accumulo.....	10

Il fotovoltaico tra dimensionamento e tecnologia

Negli ultimi dieci anni – anche grazie all’incentivo denominato Conto energia – la tecnologia fotovoltaica ha registrato una grandissima espansione: ad oggi **il numero degli impianti fotovoltaici installati nel nostro Paese ammonta a 688.398**, per una potenza di 18.892 Mega Watt (fonte: GSE, dati 2015), equivalente a più di un decimo della potenza complessiva degli impianti che producono energia elettrica in Italia (125.533 MW - fonte Terna, dati 2014). La cessazione dell’incentivo denominato “Conto energia”, terminato nel luglio del 2013, ha fatto registrare senz’altro un netto calo delle installazioni; le quali, però, non si sono arrestate del tutto.

Evoluzione della potenza e della numerosità degli impianti fotovoltaici



Rapporto statistico GSE. Energia da fonti rinnovabili in Italia 2015

Insomma, anche in assenza di incentivi specifici e grazie al progressivo calo del prezzo dei pannelli, registrato negli ultimi anni, **rimane comunque conveniente installare un impianto fotovoltaico**, soprattutto se pensato per l’autoconsumo.

È da precisare che, ad oggi, la produzione di energia da fonte fotovoltaica può accedere a altre agevolazioni come le detrazioni fiscali del 50%, lo Scambio sul Posto e il Ritiro dedicato. Agevolazioni che certo incidono sul ritorno economico dell’investimento, ma non in modo così cospicuo come accaduto fino al 2013 con il Conto energia.

Se pensiamo, inoltre, ai **vincoli europei** relativi all’energia prodotta da fonti rinnovabili di cui si sta discutendo in questi mesi all’interno del cosiddetto *Pacchetto per l’energia pulita* e al

contesto internazionale, per cui le previsioni più caute stimano che, nel 2030, circa due terzi della popolazione mondiale consumerà energia elettrica prodotta dal sole (fonte EIA – Energy International Agency), è facile pensare che il fotovoltaico, insieme alle altre fonti rinnovabili, **svolgerà un ruolo sempre più consistente** nel fornirci energia per alimentare le nostre utenze elettriche.

Alla luce di questi mutamenti nel modo di produrre energia - foriere di nuove opportunità di lavoro per le aziende e di risparmio per i consumatori -, vediamo di illustrare cosa offre oggi il mercato in termini di tecnologia fotovoltaica, quali sono i principali criteri da tenere in conto per dimensionare un impianto.

Tecnologia

Un impianto fotovoltaico è composto da un **insieme di componenti**:

- i moduli o pannelli fotovoltaici,
- gli inverter,
- i quadri elettrici e i cavi di collegamento,
- le strutture di sostegno e fissaggio dei moduli.

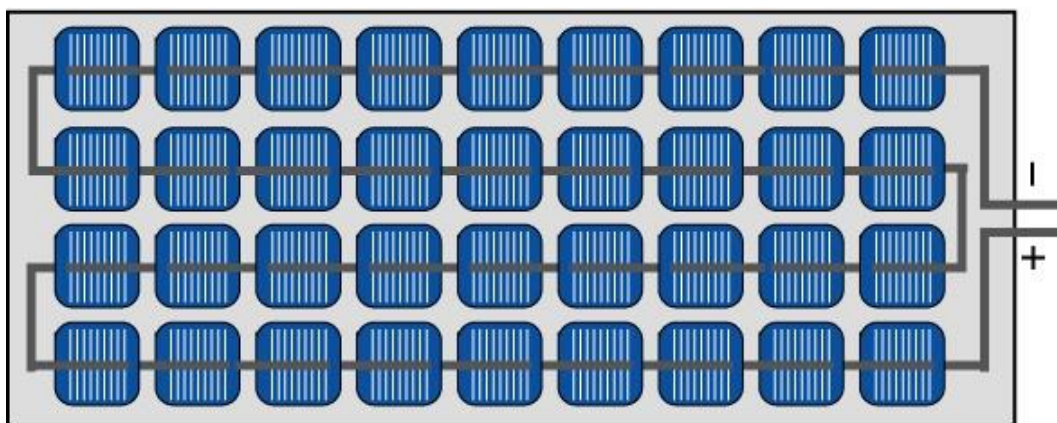
Possono far parte di un impianto fotovoltaico anche le batterie, utili all'immagazzinamento dell'energia. Esse sono d'obbligo quando l'impianto non è collegato alla rete pubblica (si parla di impianti in isola o isolati,); non necessarie, ma spesso utili, quando l'impianto è collegato alla rete (vedi oltre in questo articolo).

Analizziamo nel dettaglio le **componenti principali dell'impianto fotovoltaico** e cioè i moduli e gli inverter.

I moduli

Il modulo è la parte costituente dell'impianto: più moduli collegati tra loro, fanno l'impianto. Ogni modulo è grande mediamente 1,5 metri quadrati e ne esistono di diverse tipologie. Tra le più diffuse sul mercato, ricordiamo:

- **i moduli in silicio monocristallino**: realizzato con wafer di silicio la cui struttura è omogenea (i cristalli sono orientati in un'unica direzione), sono caratterizzati da decine di celle collegate tra loro in serie, di forma ottagonale, con una colorazione uniforme blu scuro o nera e presentano rendimenti più elevati, dovuti alla purezza del silicio utilizzato (la loro efficienza di conversione della luce solare in energia elettrica si attesta tra il 16 e il 21%);



- **i moduli in silicio policristallino:** realizzati con wafer di silicio ottenuto da scarti di lavorazione, la loro struttura non è omogenea (i cristalli sono orientati in più direzioni). Anch'essi sono tipicamente composti da decine di celle di forma generalmente quadrata e di colore blu, non uniforme. Il loro rendimento è inferiore rispetto ai moduli in silicio monocristallino (tra l'11 e il 17% circa);
- **i moduli a film sottile:** realizzati depositando il materiale semiconduttore su un supporto di vetro, di plastica o di altro materiale, ha una struttura uniforme senza la presenza di celle. La colorazione e il rendimento dipendono dal materiale semiconduttore utilizzato: quello più comune è il silicio amorfo, ma esistono moduli realizzati anche con tellurio di cadmio, solfuro di cadmio, arseniuro di gallio, ecc. Se la loro adattabilità li fa rendere appetibili per particolari installazioni, i loro rendimenti non sono troppo elevati (tra l'8 e il 12% circa).



Gli inverter

Il raggio di sole che colpisce il pannello fotovoltaico interagisce con gli elettroni del materiale semiconduttore di cui è costituito, in particolare con quelli periferici, che si allontanano dall'atomo di silicio e producono un flusso di corrente elettrica.

Questo **flusso di corrente è di tipo continuo** (CC). Per poterla utilizzare, occorre trasformarla in

corrente alternata (CA), cioè il tipo di corrente che “scorre” nella rete pubblica e che viene utilizzata dagli utenti.

Il compito di **trasformare la corrente continua prodotta dai moduli in corrente alternata a 220 volt** è eseguito dagli inverter.

Oltre a ciò, l'inverter svolge anche le seguenti funzioni:

- regola la frequenza e la tensione dell'energia elettrica,
- protegge il sistema da cortocircuiti o sovratensioni di rete,
- monitora il funzionamento dell'impianto,
- segnala eventuali guasti interni.



Dimensionamento

Per dimensionare un impianto fotovoltaico **occorre tener conto di una serie di fattori** che, inevitabilmente, interagiscono tra loro: il fabbisogno dell'utenza, le condizioni climatiche, la tecnologia fotovoltaica, il tipo e la quantità di superficie a disposizione, la sua posizione, eventuali superfici non utilizzabili a causa di fenomeni di ombreggiamento, ecc.

La procedura che, generalmente, si segue è di individuare in prima battuta il **fabbisogno di energia elettrica dell'utenza** che l'impianto fotovoltaico deve servire. A partire da essa si individua, poi, la potenza complessiva dei moduli necessari a soddisfarla.

La potenza complessiva di picco dell'impianto, di prima approssimazione, è calcolata in base alle superfici a disposizione, sulla base delle planimetrie dell'area interessata.

La potenza del modulo

Determinare la potenza che può erogare un modulo fotovoltaico non è semplice, visto che tutto dipende dall'intensità dell'irradiazione solare, la quale è proporzionale all'irraggiamento incidente sul modulo.

Per ovviare a tale problema e stabilire in maniera standard la potenza di un modulo, si è scelta un'unità di misura denominata "**kiloWatt di picco**" (kWp) o, più, comunemente "potenza di picco".

Essa è quella **potenza che viene generata da un modulo assoggettato ad un irraggiamento standardizzato** e equivalente a 1.000 Watt su metro quadro in condizioni nominali, cioè con pressione di 1 atmosfera e temperatura di 25 gradi centigradi.

Conosciuta la potenza necessaria per soddisfare i bisogni dell'utenza, poniamo 3 kW, e la potenza del modulo, poniamo 150 kWp, vorrà dire che l'impianto adatto a quel tipo di utenza dovrà essere costituito da 20 moduli.

Ma è così semplice dimensionare un impianto? Non proprio. Oltre alla quantità di energia necessaria all'utente e la potenza nominale dei moduli, occorre tener conto e mettere in correlazione tra loro alcuni altri fattori. Vediamoli insieme.

La quantità di superficie

Posto che un modulo, mediamente, ha dimensioni che si aggirano intorno agli 80 cm di lato per 1,40-1,60 metri di altezza (lo scarto dipende dalla dimensione delle celle), se l'impianto deve essere installato sul tetto di un'abitazione e la superficie non è sufficiente ad ospitare i 20 moduli necessari per arrivare a 3 kW di potenza, cosa si fa?

Qui entra in gioco il tipo di tecnologia fotovoltaica: quando si hanno a disposizione "**piccole**" **superfici**, occorre per forza **scegliere dei moduli che abbiano un rendimento maggiore** di quello utilizzato nell'esempio sopra indicato, in modo da diminuire il numero di pannelli. Si sceglieranno, in questo caso, moduli in silicio monocristallino che hanno una maggiore resa rispetto alle altre tipologie di pannelli presenti sul mercato.

Se, invece, si ha a disposizione una superficie maggiore, come quella di un capannone industriale o un ampio terreno, allora si possono scegliere dei moduli che abbiano un rendimento e, quindi, una potenza di picco inferiori. Naturalmente, anche i costi saranno più contenuti.

Radiazione diffusa, diretta e riflessa

La radiazione solare che colpisce la terra si distingue in:

- **radiazione diretta**, essa colpisce una qualsiasi superficie con un unico e ben definito angolo di incidenza;
- **radiazione diffusa**, essa incide su una superficie con vari angoli;
- **radiazione riflessa**, essa proviene dal terreno o da specchi d'acqua o da altre superfici come, ad esempio, pareti di edifici contigui.

L'analisi della **radiazione solare influisce molto sulla producibilità dell'impianto** e sul tipo di tecnologia da utilizzare: dove, come nel nord Italia, c'è una percentuale maggiore di energia riflessa per via della presenza cospicua di umidità, è più indicato utilizzare i moduli in silicio monocristallino, perchè più adatti a catturare l'energia della luce diffusa. Al contrario il policristallino è più indicato in zone del centro-sud Italia, perché più adatto a catturare la luce diretta del sole.

Queste indicazioni di massima, utili per dare un'idea dell'importanza della radiazione solare per il dimensionamento dell'impianto, non esauriscono certamente il tema. In altri termini, possiamo dire che lo scopo fondamentale dell'analisi dell'andamento della radiazione solare - che muta a seconda della latitudine, dell'ora del giorno e del periodo dell'anno - è determinare

le modalità ottimali di orientamento dei pannelli e predisporre una accurata analisi di producibilità annua dell'impianto.

Orientamento e angolazione

La **posizione dell'impianto rispetto ai punti cardinali e la sua angolazione** sono altri due fattori da considerare quando si dimensiona un impianto. Nel primo caso si parla di angolo di Azimut bioclimatico e nel secondo caso di angolo di Tilt.

L'**angolo di Tilt** definisce l'inclinazione dei pannelli rispetto al piano orizzontale, dove 90° indica una posizione perfettamente verticale dei moduli (è il caso di pannelli installati su una parete di un edificio) e 0° indica una posizione perfettamente orizzontale, per esempio su una superficie piana.

L'angolazione ottimale di un impianto, dipende molto dalla zona geografica in cui è ubicato: nel **nord Italia**, l'impianto dovrebbe avere un angolo di Tilt dell'ordine dei **33° circa**, mentre nelle zone del **centro-sud**, siccome il sole ha un'eclittica più alta, l'angolo di Tilt va abbassato e posto intorno ai **22-23°**.

L'**Azimut** definisce, invece, l'angolo di orientamento Nord-Sud. L'**Azimut ottimale** per un impianto fotovoltaico è quello che vale 0°, e cioè quando esso è **rivolto completamente a Sud**. Tuttavia non sempre ciò è possibile, in specie se l'impianto viene installato sul tetto di un edificio, che ha già una sua ben definita posizione rispetto ai punti cardinali. In ogni caso, l'Azimut non influisce in maniera decisiva sulle prestazioni dell'impianto: un pannello con un angolo di Tilt di 25° rivolto a Sud produce circa il 15% in più, rispetto a un pannello con il medesimo angolo di Tilt ma rivolto perfettamente a Est (Azimut -90°) o a Ovest (Azimut 90°). Per avere un'idea più precisa sull'**interconnessione di questi due fattori**, riportiamo di seguito una tabella che rappresenta la produzione annua, stimata in kWh, di moduli fotovoltaici installati in tre città italiane (Milano, Roma e Siracusa).

Tilt	Est	Sud-Est					Sud	Sud-Ovest					Ovest
	-90°	-75°	-60°	-45°	-30°	-15°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Milano (Kwh / anno)													
90°	531	602	664	713	749	768	771	765	744	706	656	594	524
80°	617	694	761	817	859	883	889	880	854	810	753	685	609
70°	696	775	845	904	949	975	983	972	943	897	837	766	687
60°	766	844	914	972	1020	1040	1050	1040	1010	965	905	835	757
50°	824	898	964	1020	1060	1090	1100	1090	1060	1010	996	890	816
40°	871	938	997	1050	1090	1110	1120	1110	1080	1040	991	930	863
30°	906	962	1010	1050	1090	1110	1110	1100	1080	1050	1010	956	900
20°	932	973	1010	1040	1060	1080	1080	1080	1060	1040	1010	968	927
10°	949	971	991	1010	1020	1030	1030	1030	1020	1010	989	968	946
0°	956	956	956	956	956	956	956	956	956	956	956	956	956
Roma (Kwh / anno)													
90°	574	646	705	750	781	796	802	806	800	775	731	671	598
80°	673	751	818	872	912	935	945	945	931	896	844	776	696
70°	764	846	918	977	1020	1050	1060	1060	1040	1000	942	871	787
60°	846	928	1000	1060	1110	1140	1150	1150	1120	1080	1020	951	867
50°	917	995	1060	1120	1170	1200	1210	1210	1180	1140	1090	1020	936
40°	975	1050	1110	1160	1210	1230	1240	1240	1220	1180	1130	1060	991
30°	1020	1080	1130	1180	1220	1240	1250	1240	1230	1190	1150	1100	1030
20°	1060	1100	1140	1180	1200	1220	1230	1220	1210	1190	1150	1110	1070
10°	1090	1110	1130	1150	1160	1170	1180	1180	1170	1150	1140	1120	1090
0°	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Siracusa (Kwh / anno)													
90°	706	787	849	891	913	915	913	913	908	885	843	781	699
80°	823	914	986	1040	1070	1090	1090	1090	1070	1030	979	906	817
70°	932	1030	1110	1170	1210	1230	1240	1230	1200	1160	1100	1020	924
60°	1030	1120	1200	1270	1320	1340	1350	1340	1310	1260	1200	1120	1020
50°	1110	1200	1280	1340	1390	1420	1430	1420	1390	1340	1270	1190	1100
40°	1180	1260	1330	1390	1440	1460	1470	1460	1430	1390	1330	1250	1170
30°	1230	1300	1360	1410	1450	1470	1480	1470	1450	1410	1360	1290	1220
20°	1270	1320	1370	1400	1430	1450	1460	1450	1430	1400	1360	1320	1270
10°	1300	1320	1350	1370	1380	1390	1400	1390	1380	1370	1350	1320	1290
0°	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310

Stime su impianto fotovoltaico con potenza nominale di 1 Kwp con pannelli in silicio cristallino- Fonte: simulatore PVGIS

Ombreggiamento

Per ottenere un dimensionamento ottimale è necessario anche **individuare eventuali superfici non utilizzabili a causa di fenomeni di ombreggiamento**, dovuti a palazzi vicini, alberi, impiantistica di servizio presente sui tetti, ecc.

Se un modulo è parzialmente ombreggiato può, infatti, essere soggetto o a un calo di produzione o a produzione nulla, con conseguente **riduzione o completa perdita di produzione** dell'intera stringa, all'interno della quale il modulo è inserito.

Quando si sceglie la superficie su cui installare l'impianto occorre, quindi, fare particolare attenzione alla presenza di elementi che possano proiettare un'ombra sui moduli durante le diverse ore della giornata.

In generale, dato un elemento avente una determinata altezza, i pannelli che dovessero essere installati nelle sue prossimità andranno posti ad una **distanza di almeno 3 volte superiore** all'altezza dell'elemento medesimo.

Anche i pannelli tendono a farsi ombra tra loro, in specie se posti su strutture di supporto. In tal caso, ogni fila di pannelli dovrà essere distanziata dalla fila precedente di una distanza pari a 3 volte l'altezza della fila precedente.

Potenza e producibilità dell'impianto

Abbiamo già detto che la procedura per valutare un corretto dimensionamento parte dal fabbisogno dell'utenza. Ma cosa si intende con ciò? **Il fabbisogno di energia è la quantità di energia elettrica consumata dall'utente in un arco temporale** e si esprime in kilowattora (kWh).

Ciò che, solitamente, si prende in considerazione per il dimensionamento di un impianto è il consumo medio annuo, un dato reperibile facilmente in bolletta.

Questo valore va diviso per i kWh che mediamente produce in un anno un kWp. Il risultato dà la potenza che deve avere l'impianto fotovoltaico per soddisfare i bisogni dell'utenza presa in considerazione.

Spieghiamo meglio con un esempio: prendiamo il caso di una famiglia di 3 persone che abita nel nord Italia e vuole installare un impianto fotovoltaico sul tetto di casa propria.

Dai dati delle bollette si evince che questa famiglia consuma 2.500 kWh all'anno. Sappiamo che nel Nord Italia, mediamente, un kWp produce 1.200 kWh. Allora avremo:

$$2.500 \text{ kWh elett.} / 1.200 \text{ kWp anno} = 2,05 \text{ kW}$$

La potenza dell'impianto utile a soddisfare il fabbisogno di energia dell'utenza presa in considerazione è, dunque, di 2,05 kW.

Il calcolo esemplificativo appena effettuato ha considerato una producibilità media per kWp. Tuttavia, nella realtà, il corretto dimensionamento deve stimare attentamente la producibilità annua dell'impianto, valutando e **mettendo nella giusta correlazione tutti i fattori** prima analizzati e cioè: il tipo di radiazione solare, l'orientamento, l'angolazione, la quantità di superficie a disposizione, il rendimento dei moduli, ecc.

Simulatori per il dimensionamento degli impianti

Per valutare la convenienza e la fattibilità di un impianto fotovoltaico, in via preliminare, si può utilizzare uno dei tanti simulatori disponibili sul web. Si tratta di **software interattivi** che, partendo da una serie di parametri inseriti dall'utente, danno come risultato alcuni dati specifici sull'impianto fotovoltaico "ideale". Tenendo conto anche degli incentivi e delle agevolazioni ad oggi disponibili (detrazioni Irpef del 50% e Scambio sul posto), alcuni simulatori calcolano anche **il rendimento economico dell'impianto fotovoltaico**, utile per calcolare i tempi medi di ritorno dell'investimento.

Dimensionare un impianto isolato dalla rete

Gli impianti fotovoltaici che alimentano utenze **prive di collegamento con la rete elettrica**, vanno dimensionati con particolare cura, perché esse devono poter disporre di energia elettrica anche quando il sole non c'è (durante la notte o nei giorni con cielo coperto).

Ciò rende **indispensabile la presenza di un sistema di accumulo** di energia elettrica, realizzabile grazie a un sistema di batterie. L'impianto isolato, va, quindi, dimensionato in modo da soddisfare non solo le richieste dell'utenza, ma anche l'accumulo di energia elettrica che deve essere utilizzata nei momenti in cui la radiazione solare non è disponibile.

Impianti connessi alla rete e accumulo

Il collegamento alla rete risulta particolarmente utile per le fonti energetiche aleatorie, cioè non programmabili come la fonte solare. Lo scambio di energia elettrica con la rete permette di immettere in essa l'energia prodotta e non utilizzata nelle ore di maggiore insolazione e di prelevarla durante le ore notturne o nelle giornate in cui il cielo è coperto. Insomma, una forma di **"accumulo virtuale"** che utilizza la rete come strumento di immagazzinamento dell'energia. Questo **scambio di energia è valorizzato economicamente** ed è definito **Scambio sul posto**, una forma di agevolazione introdotta dalla legge 133/1999 e a cui si può accedere facendo richiesta al Gestore dei servizi energetici (GSE).

Fino a qualche anno fa, questa era l'unica opzione che si poteva adottare per chi volesse installare un impianto fotovoltaico collegandolo alla rete elettrica nazionale.

Oggi, invece, **grazie ai progressi tecnologici** in materia di accumulo di energia e all'emanazione della **delibera dell'Autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico n. 574/2014/R/eel** - la quale ha per la prima volta fornito le regole per l'integrazione dei sistemi di accumulo di energia nel sistema elettrico nazionale -, **associare un sistema di accumulo a un impianto fotovoltaico collegato in rete può avere i suoi vantaggi** sia in termini economici che funzionali.

I sistemi di accumulo possono essere installati anche successivamente alla realizzazione dell'impianto, anche dopo molti anni.

Le uniche cose da tenere in conto sono:

- la **disponibilità di uno spazio per l'alloggiamento** del sistema di accumulo, le cui dimensioni variano a seconda della potenza che si vuole immagazzinare (per maggiori informazioni vedi l'articolo pubblicato su Voltimum.it "[Il dimensionamento di un sistema di accumulo](#)");
- la **scelta della tecnologia più adatta ai bisogni**; sul mercato se ne trovano di diverso tipo: batterie di accumulo con tecnologie ad alta temperatura, al nichel, al nichel- cadmio, al piombo, agli Ioni di litio, ecc.

