

il cambiamento è alla luce  
del sole



# Il risparmio energetico nelle aziende e nelle abitazioni

Ing. Christian Speranza



il cambiamento è alla luce  
del sole



Energie Rinnovabili e scenario di riferimento

Geotermia

Fotovoltaico

Solare termico

Eolico

Idroelettrico

Il fabbisogno energetico mondiale dipende attualmente in larga parte dalle fonti fossili che *vengono ricavate da risorse limitate che con il tempo diminuiscono, divenendo* contemporaneamente antieconomiche ed eccessivamente impattanti sotto il profilo ambientale.

Inoltre la distribuzione delle risorse di combustibili fossili tra i vari Paesi, ed il bisogno di ampliare l'accesso alle risorse di energia, ha condotto a significativi punti nevralgici: l'instabilità politica dei Paesi produttori di energia, la manipolazione delle forniture di energia, la competizione per il possesso delle fonti energetiche, attentati o sabotaggi alle infrastrutture di rifornimento, non ultimi incidenti e disastri naturali..

Più del 70% dell'aumento della domanda energetica da qui a 10 anni proverrà dai Paesi emergenti, con la sola Cina che conta per il 30% (le economie e la popolazione di questi paesi crescono molto più rapidamente di quelle dei paesi OCSE (Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico) spostando il baricentro della domanda mondiale di energia).

Quasi la metà dell'aumento del consumo di energia primaria mondiale è impiegato nella generazione di energia elettrica ed un quinto viene assorbito dal settore del trasporto quasi interamente sotto forma di combustibili derivati dal petrolio.

La dipendenza del sistema energetico italiano dall'estero, di cui la fattura energetica evidenzia le conseguenze in termini economici, **si è stabilizzata da alcuni anni all'85,6%**

Il valore medio nell'Unione Europea è prossimo al **56%**



il cambiamento è alla luce  
del sole



La soluzione:

**ENERGIE RINNOVABILI**

Sono da considerarsi fonti rinnovabili di energia quelle fonti che, a differenza dei combustibili fossili e nucleari, possono essere considerate virtualmente inesauribili.

Questo perché il loro ciclo di produzione, o riproduzione, ha tempi caratteristici al minimo comparabili con quelli del loro consumo.

Le fonti rinnovabili comprendono la fonte primaria dell'energia solare che investe il nostro pianeta e quelle energie che da essa derivano.

Sono dunque generalmente considerate "fonti di energia rinnovabile" il sole, il vento, il mare, il calore della Terra, ovvero tutte quelle fonti il cui utilizzo non ne pregiudica la disponibilità nel futuro, mentre quelle "non rinnovabili" sono limitate nel futuro sia perché hanno lunghi periodi di formazione - di molto superiori a quelli di consumo attuale - (in particolare fonti fossili quali petrolio, carbone, gas naturale), sia perché sono presenti in riserve non inesauribili sulla scala dei tempi umana.

Se la definizione in senso stretto di "energia rinnovabile" è quella prima enunciata, spesso vengono usate come sinonimi anche le locuzioni "energia sostenibile" e "fonti alternative di energia". Esistono tuttavia delle sottili differenze:

**Energia sostenibile** si tratta di un approccio ampio che non riguarda solo la produzione energetica, ma anche il suo utilizzo, inserendosi pertanto in un'ottica complessiva di sviluppo sostenibile: ricomprende dunque anche l'aspetto dell'efficienza degli usi energetici.

**Fonti alternative di energia** sono invece tutte quelle fonti di energia "non fossili", ovvero diverse dagli idrocarburi o dal carbone; rientra tra queste, ad esempio, anche l'energia nucleare, considerata alternativa all'uso di idrocarburi e carbone.

## PUNTI DI FORZA

Hanno un potenziale sovrabbondante rispetto ai bisogni umani: per produrre l'energia elettrica consumata dai paesi dell'EU sarebbe sufficiente ricoprire di moduli fotovoltaici il 2,6% della superficie del deserto del Sahara.

Producono energia pulita, praticamente esente da emissioni di gas serra e da emissioni inquinanti.

Sono capaci di produrre grandi quantità di energia e la tecnologia degli impianti di produzione è affidabile.

Sono modulari e di facile uso.

## PUNTI DI DEBOLEZZA

### Tecnici

- Alto costo e difficoltà di raggiungimento della competitività economica
- Intermittenza casuale della fornitura di energia dovuta alla variabilità dell'irraggiamento solare e dei parametri climatici, e quindi basso valore economico

### Sociali

- Occupazione di ampie zone di terreno con gli impianti di generazione (a parità di energia prodotta occorre occupare un'area 100 volte più estesa di quella necessaria per gli impianti convenzionali)
- Modifica del paesaggio delle aree occupate per la produzione dovuta alle grandi estensioni degli impianti
- Rumore prodotto dalle grandi turbine eoliche durante il loro funzionamento



il cambiamento è alla luce  
del sole



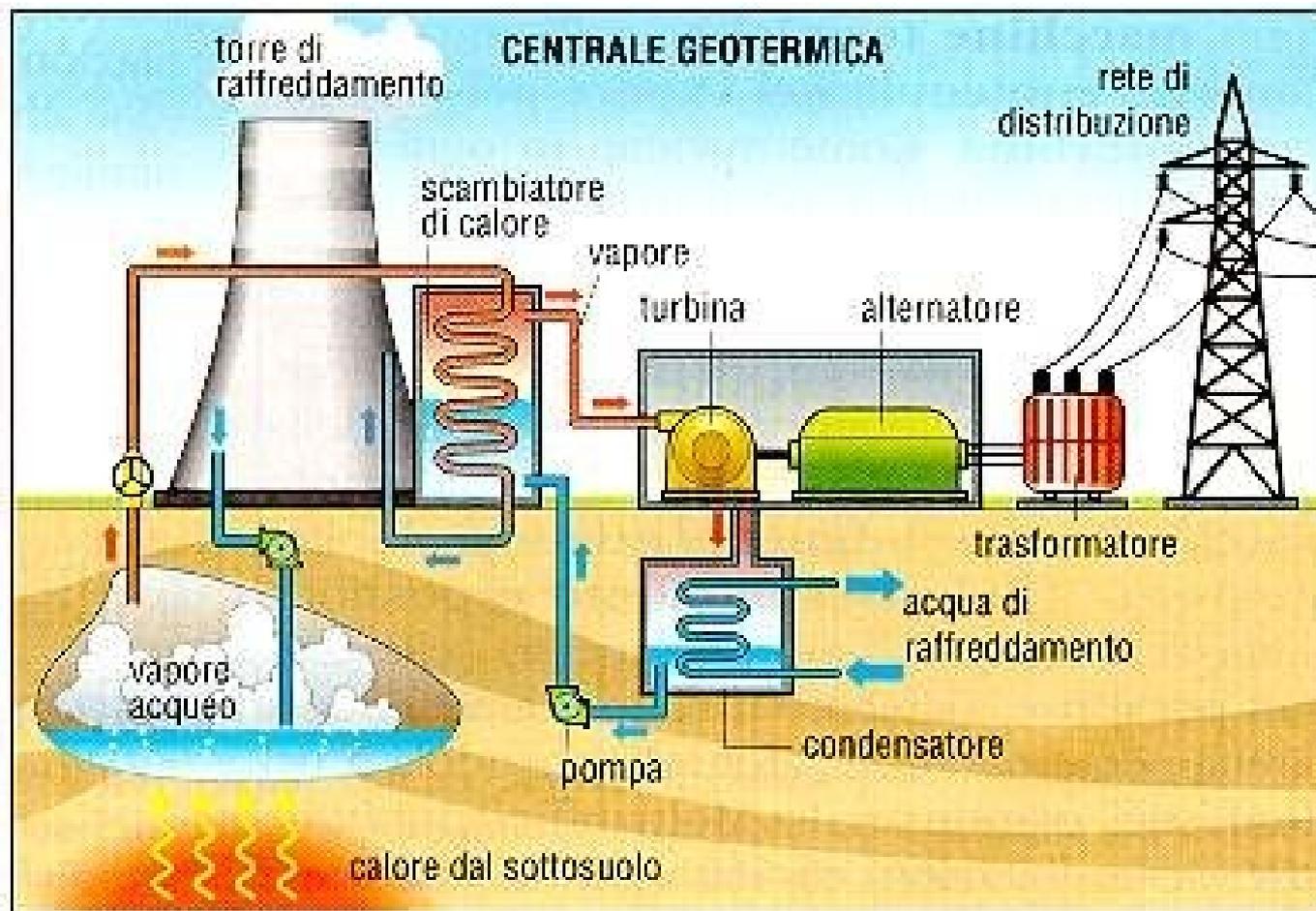
# GEOTERMIA

Il termine “geotermia” deriva dal greco “geos”=”terra” e “thermòs”=”calore” ed il significato letterale è “calore della Terra”.

L’energia geotermica è quella fonte di energia che deriva dal calore immagazzinato nella crosta terrestre.

Esistono due diverse forme di geotermia, a seconda della temperatura delle risorse sotterranee e delle diverse tecnologie impiegate.

La produzione di elettricità da fonte geotermica in grandi impianti termoelettrici - il "geotermoelettrico"- avviene utilizzando risorse geotermiche ad alta temperatura. L'Italia è stato il primo Paese al mondo ad utilizzare la geotermia ad alta temperatura per produrre energia elettrica. La prima centrale geotermica fu realizzata a Larderello (PI), nel lontano 1913; da allora il numero degli impianti, concentrati in Toscana, è cresciuto fino a raggiungere una potenza installata complessiva di oltre 800 MW.

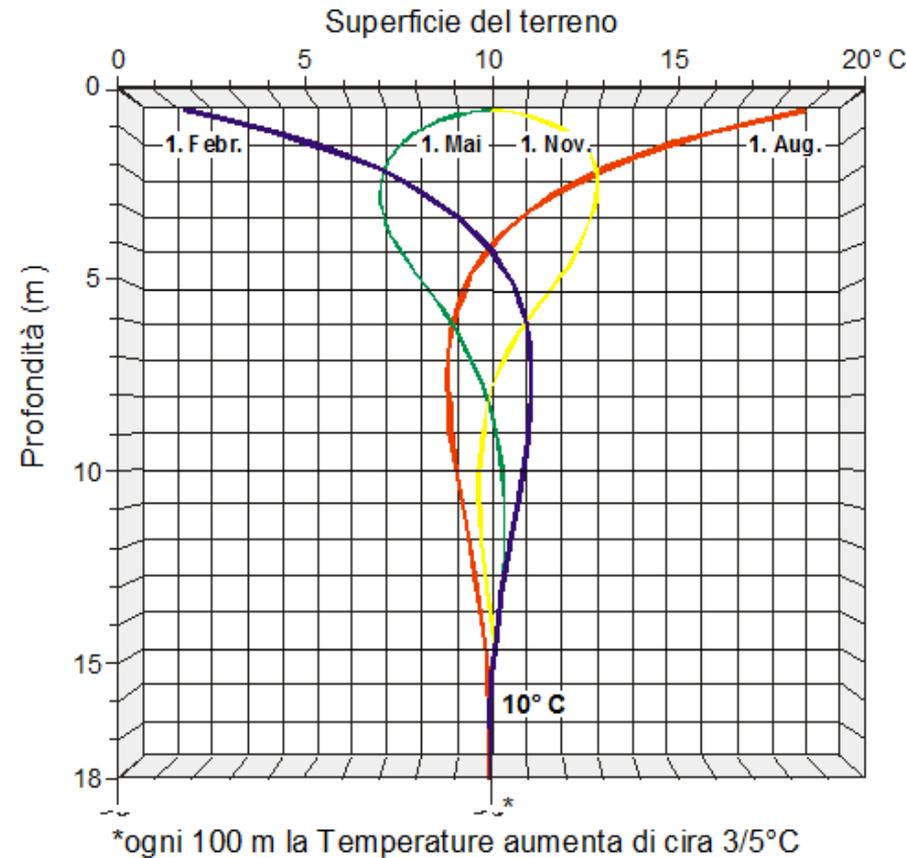


Esiste anche “un'altra geotermia”, che sfrutta il calore degli strati più superficiali del terreno per riscaldare (e anche raffrescare), mediante pompe di calore: si tratta della geotermia a bassa temperatura ideale per le applicazioni di piccola scala, in quanto:

- sfrutta la temperatura costante del terreno (o dell'acqua di falda) negli strati più superficiali. Utilizza quindi una fonte di calore diffusa pressoché ovunque, mentre le centrali geotermoelettriche sorgono soltanto in zone con "anomalie geotermiche", cioè in cui la temperatura del sottosuolo è molto alta;
- integra o sostituisce efficacemente i tradizionali impianti domestici di climatizzazione. Grazie ad una pompa di calore produce caldo e freddo, consentendo notevoli risparmi sul riscaldamento invernale e sul condizionamento estivo;
- è una tecnologia consolidata e commercialmente matura con un trend in continua ascesa.

## Impianti geotermici a pompe di calore

Gli impianti geotermici a bassa temperatura si basano su una constatazione: mentre la temperatura nell'aria varia con una periodicità giornaliera ed annuale, la temperatura nel terreno risente delle variazioni esterne solo nei primi metri. La variazione di temperatura diminuisce con la profondità ed è trascurabile al di sotto dei 15 metri. Le temperature locali del terreno dipendono dal clima, dalle coperture del terreno e nevose, inclinazione, proprietà del suolo. Il terreno assorbe circa la metà dell'energia incidente del sole.



## I componenti dell'impianto

Gli elementi fondamentali di un impianto geotermico sono:

### Un sistema di captazione del calore

Di norma si tratta di tubature in polietilene che fungono da scambiatori di calore, sfruttando l'energia termica presente nel sottosuolo o nell'acqua. Le tubature possono essere interrate verticalmente nel terreno, anche a grandi profondità (sonde geotermiche verticali), oppure orizzontalmente a 1-2 metri di profondità (sonde o collettori orizzontali).

E' proprio la scelta del sistema di captazione, a seconda anche delle caratteristiche geologiche e climatiche del luogo scelto per l'installazione, a caratterizzare le diverse opzioni impiantistiche dei sistemi geotermici.

### La pompa di calore geotermica

Installata solitamente all'interno degli edifici, la pompa di calore geotermica è il cuore dell'impianto. Consente infatti di trasferire calore dal terreno o dall'acqua all'ambiente interno –in fase di riscaldamento- e di invertire il ciclo nella fase di raffrescamento.



Geotermia

il cambiamento è alla luce  
del sole



## Un sistema di accumulo e distribuzione del calore

Gli impianti geotermici sono particolarmente adatti per lavorare con terminali di riscaldamento/raffrescamento funzionanti a basse temperature (30-40°C), come ad esempio i pannelli radianti e i ventilconvettori .

I pannelli radianti rappresentano la migliore soluzione impiantistica: in inverno fanno circolare acqua calda a 30-35 °C e in estate acqua fredda a 18-20 °C, riscaldando e raffrescando con il massimo grado di comfort e risparmio energetico. I tradizionali radiatori, pur essendo in qualche caso utilizzabili per lavorare con una pompa di calore, risultano però assolutamente inadatti per raffrescare gli ambienti.

La presenza di un serbatoio di accumulo per l'acqua calda risulta indispensabile per immagazzinare il calore e quindi distribuirlo all'edificio –per il riscaldamento e per gli usi sanitari- quando vi è richiesta. L'integrazione tra geotermia ed eventuali impianti solari termici o caldaie a condensazione avviene proprio grazie al serbatoio d'accumulo, all'interno del quale l'acqua viene riscaldata tramite serpentine collegate ai diversi generatori di calore.



# Geotermia

il cambiamento è alla luce del sole



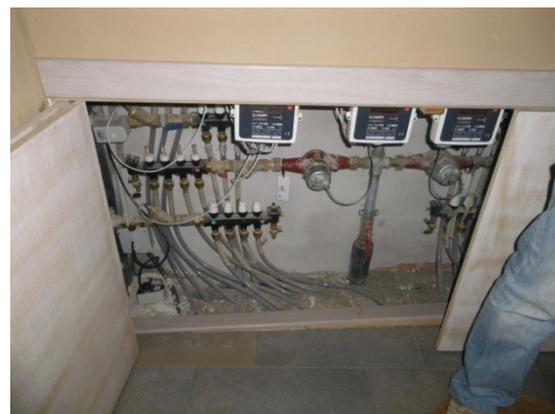
Geotermia

il cambiamento è alla luce  
del sole



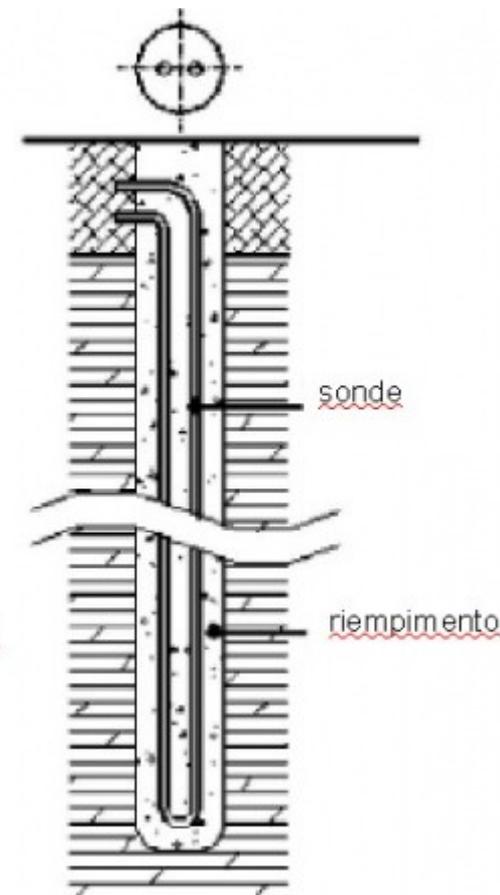
# Geotermia

il cambiamento è alla luce  
del sole



Le sonde possono essere installate a profondità variabili, anche a seconda delle caratteristiche geologiche del terreno, con valori normalmente compresi tra i 70 e 130 metri (ma in alcuni casi anche superiori). Necessitano di una perforazione nel terreno di circa 10-15 cm di diametro, che una volta completata risulta completamente invisibile.

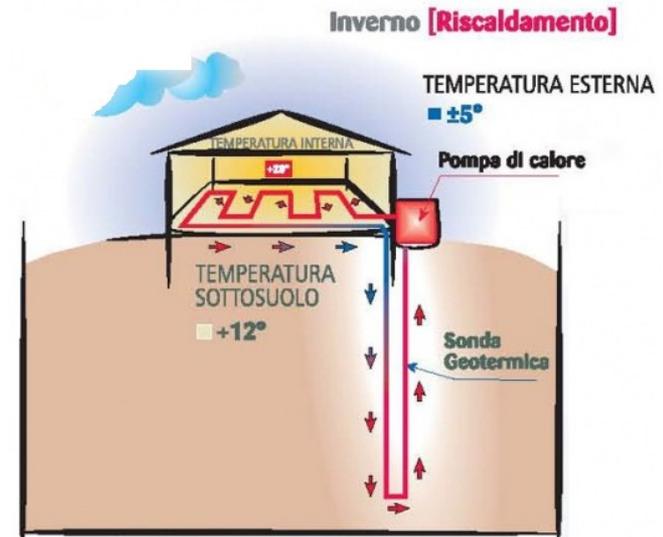
Dopo che le tubazioni sono state inserite, lo spazio tra le sonde ed il foro di perforazione viene riempito con una miscela composta normalmente di cemento e bentonite. La miscela, una volta solidificata, svolge delle funzioni fondamentali: aumenta lo scambio termico con il terreno, garantisce solidità strutturale alla colonna verticale e inoltre impermeabilizza il foro, impedendo così il passaggio di acqua tra due eventuali falde acquifere sovrapposte e scongiurando in questo modo possibili fenomeni di inquinamento idrico.



## Inverno - Riscaldamento:

In modalità riscaldamento il fluido di circolazione scende attraverso la sonda di mandata ad una temperatura inferiore a quella del terreno e risale ad una temperatura di 4-5° superiore, dopo avere estratto calore dal terreno per conduzione.

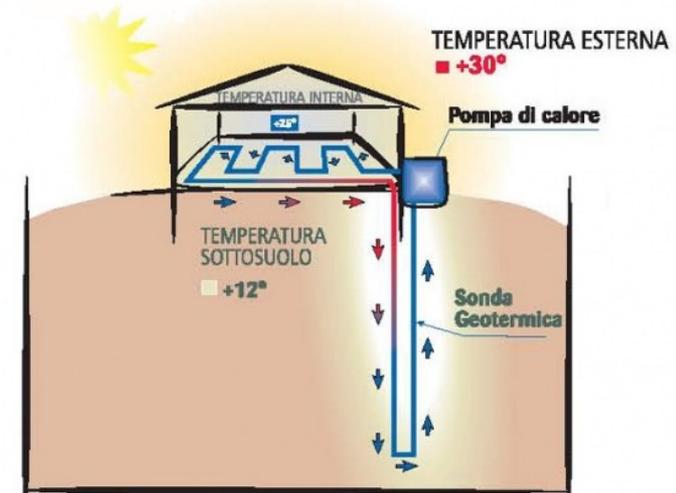
La pompa di calore è in grado di trasferire il calore estratto dal terreno all'impianto di distribuzione facendo uscire acqua ad una temperatura di 30-32° (nel caso dei pannelli radianti); l'acqua di ritorno dall'impianto rientra nella pompa di calore ad una temperatura di 4-5° inferiori, dopo avere ceduto calore all'ambiente.



## Estate - Raffrescamento attivo:

Il raffrescamento attivo (*active cooling* o *direct cooling*) presuppone il funzionamento della pompa di calore anche in estate. Il fluido di circolazione scende attraverso la sonda di mandata ad una temperatura superiore a quella del terreno (per esempio a 25-30°) e risale ad una temperatura di 4-5° inferiore, dopo avere “ceduto” calore al terreno. Anche in questo caso la pompa di calore trasferisce il calore dal corpo più caldo (ambiente), a quello più freddo (terreno) operando l’inversione del ciclo rispetto alla modalità di funzionamento invernale. In uscita dalla pompa l’acqua può raggiungere la temperatura necessaria per il raffrescamento con pannelli radianti o con i fancoil. Il raffrescamento attivo va’ abbinato alla deumidificazione degli ambienti.

Estate [Raffrescamento]



## Estate - Raffrescamento naturale

Il raffrescamento naturale (*natural cooling*, *free cooling* o *geocooling*) è una particolare applicazione, che permette un effetto di climatizzazione estiva semplicemente facendo circolare all'interno dei pannelli radianti l'acqua di ritorno dalle sonde geotermiche verticali.

E' necessaria la predisposizione specifica della pompa di calore. Anche in questo caso il raffrescamento naturale va abbinato alla deumidificazione degli ambienti.

Il natural cooling è il sistema di condizionamento più economico ed ecologico.

## Pompe di calore geotermiche

La pompa di calore geotermica rappresenta il cuore di ogni impianto geotermico a bassa temperatura; è un sistema centralizzato per il riscaldamento e/o raffreddamento che usa il terreno (/acqua) come scambiatore di calore. In particolare il terreno(/acqua) è una fonte di calore in inverno e un dissipatore di calore in estate.



La pompa di calore è una macchina in grado di estrarre calore da un corpo o un ambiente a bassa temperatura (la cosiddetta *sorgente fredda*) e di trasferirlo verso uno più caldo (il cosiddetto *pozzo caldo*). In teoria, il calore può essere estratto da qualsiasi fonte, non importa quanto freddo, ma una fonte più calda permette una maggiore efficienza. E' di tipo "reversibile": oltre a riscaldare durante l'inverno, nella stagione estiva funziona da condizionatore. Il nucleo della pompa di calore è un refrigeratore che funziona con un ciclo di compressione/espansione.

## Prestazioni e rendimenti delle pompe di calore

Una regola valida per tutti i sistemi a pompa di calore è che il loro rendimento sia inversamente proporzionale alla differenza di temperatura tra sorgente fredda e pozzo caldo.

In altre parole, all'aumentare della differenza di temperatura tra la fonte di calore e l'ambiente in cui il calore deve essere trasportato, diminuisce il rendimento del sistema.

Per questo motivo, le pompe di calore che sfruttano sorgenti fredde a temperature relativamente costanti, come il terreno e l'acqua, risultano di norma più efficienti rispetto a quelle che utilizzano sorgenti fredde estremamente variabili, come l'aria.

Per motivi analoghi, inoltre, le pompe di calore hanno prestazioni migliori se abbinate a sistemi di riscaldamento funzionanti a basse temperature, come i pannelli radianti.

Esistono due parametri principali, riportati entrambi sulla scheda tecnica delle pompe di calore, per misurarne e valutarne il rendimento: il COP e l'EER.

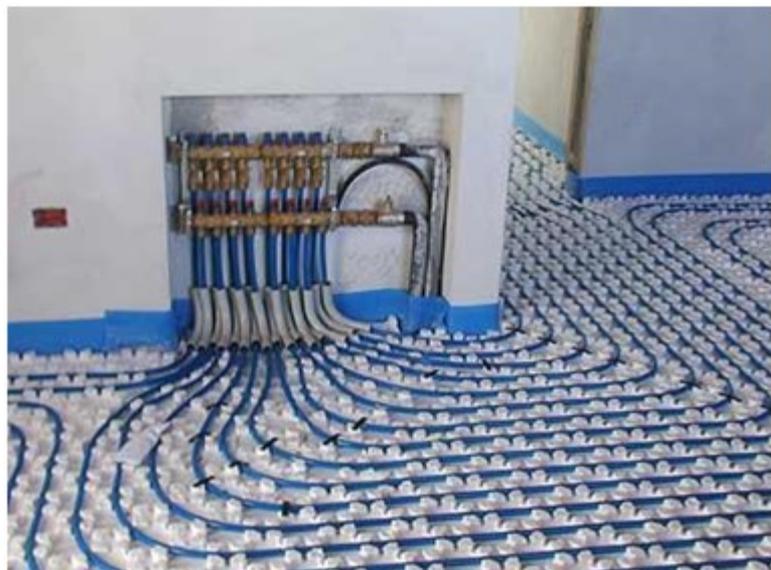
Il Coefficiente di Prestazione (COP) è il parametro che rappresenta il rapporto tra il calore utile fornito dalla pompa di calore e l'energia elettrica oppure il gas utilizzati per estrarre questo calore; dà quindi indicazioni sull'efficienza della pompa nella fase di riscaldamento.

Il COP è un parametro variabile in base alla tipologia di pompa di calore e alla differenza di temperatura tra la fonte di calore e l'ambiente da scaldare. Il COP delle pompe di calore elettriche presenta valori che vanno grossomodo da 3 a 5. Un COP pari a 4 significa che, per ogni kWh elettrico speso, la pompa di calore ne fornisce ben 4 sotto forma di energia termica.

L'indice di efficienza energetica (EER) è un parametro simile al COP, ma rappresenta il rendimento delle pompe di calore nella fase di raffrescamento anziché in quella di riscaldamento.

L'EER delle Pompe di calore elettriche presenta valori che vanno grossomodo da 3 a 5, quindi pressoché equivalenti al COP. Un EER pari a 4 significa che, per ogni kWh elettrico speso, la pompa di calore ne fornisce ben 4 sotto forma di energia frigorifera.

## Riscaldamento a pannelli radianti



In un sistema di riscaldamento basato su geotermico a bassa entalpia, il sistema di distribuzione del calore solitamente non utilizza i tradizionali radiatori che hanno bisogno di temperature di esercizio molto elevate (60-70°), ma nella maggioranza dei casi fa uso di terminali a bassa temperatura del tipo dei pannelli radianti a pavimento, soffitto o parete. Infatti, più è piccola la differenza di temperatura tra il terreno e il fluido dell'impianto di distribuzione

più è alta l'efficienza dell'impianto.

Il riscaldamento a pannelli radianti è una tecnologia per il riscaldamento di ambienti interni (e talvolta anche esterni) che sfrutta l'emissione di energia radiante da una sorgente di calore.

## Pannelli radianti

I pannelli radianti sono un sistema di tubazioni in materiale plastico, generalmente polietilene.

La soluzione impiantistica più comune prevede l'installazione dei tubi radianti (detti anche "serpentine") sotto il pavimento, ma c'è anche la possibilità di installarli a parete o nel soffitto.

Un importante aspetto degli impianti a pannelli radianti consiste nella possibilità di utilizzare le medesime tubature sia per il raffrescamento estivo per il riscaldamento invernale. Si tratta di impianti predisposti in primo luogo per riscaldare gli edifici; il raffrescamento, invece, è un ulteriore vantaggioso optional impiantistico.

La doppia funzione di riscaldare e raffrescare consente risparmi energetici in grado di ridurre in maniera significativa i tempi di ammortamento dell'impianto.

## I limiti dei radiatori tradizionali

Tutti gli impianti di riscaldamento a radiatori, specie se non di recente installazione, presentano alcuni aspetti critici sul fronte del comfort e del risparmio energetico.

Una prima criticità è imputabile al fatto di richiedere elevate temperature dell'acqua di circolazione, tra i 60° e gli 80 °C. Con un impianto a radiatori, quanto più aumenta la temperatura dell'acqua, tanto più è efficace il riscaldamento. Conseguentemente, però, aumenta anche il movimento ascensionale delle polveri e degli inquinanti contenuti nell'aria, che continuano a circolare negli ambienti interni.

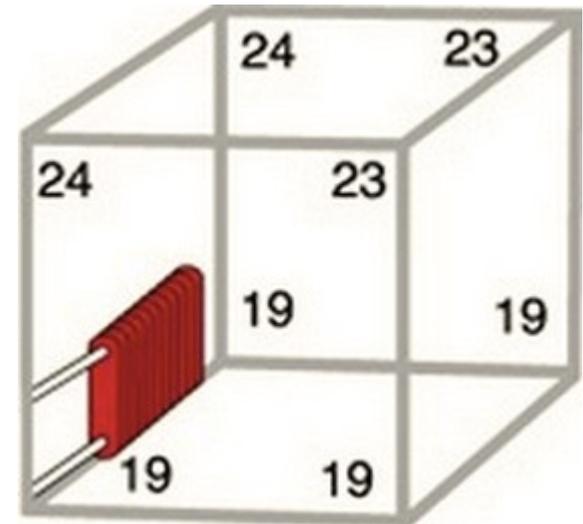
Questo è dovuto al fatto che i radiatori scaldano all'80% circa per convezione, movimentando quindi dell'aria calda, mentre solo il restante 20% è trasmesso per irraggiamento, che invece è la modalità di riscaldamento tipica dei pannelli radianti. L'aria calda, inoltre, essendo più leggera di quella fredda, tende ad accumularsi all'altezza del soffitto: si tratta del noto fenomeno della "stratificazione", che crea un'elevata differenza di temperatura tra il pavimento e il soffitto.

## Stratificazione delle temperature

Da non sottovalutare il fatto che temperature elevate possono causare anche un'eccessiva deumidificazione dell'aria.

Ci sono infine una serie di svantaggi dal punto di vista energetico e impiantistico:

- l'alta temperatura dell'acqua richiesta dai radiatori aumenta i consumi della caldaia
- parte del calore che attraversa i tubi viene dispersa nei muri
- i radiatori, a differenza dei pannelli radianti non possono essere utilizzati per raffrescare

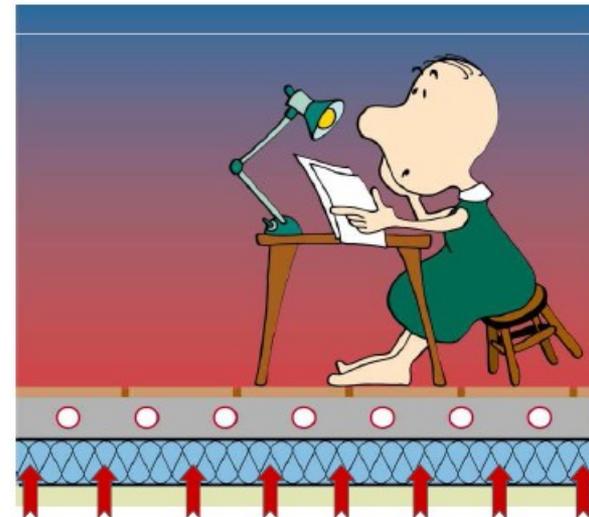
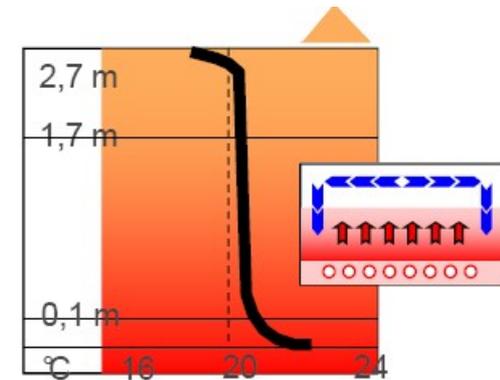


Stratificazione delle temperature

## Benessere termico.

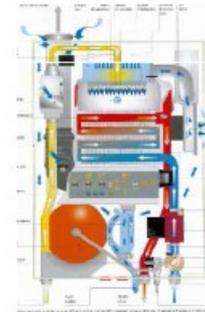
Gli impianti a pannelli garantiscono in ambiente le condizioni termiche ideali di comfort dovute principalmente a:

- temperatura più alta nella zona del pavimento (arti inferiori) e leggermente più fredda all'altezza del capo
- prevalenza di scambio per irraggiamento, che evita correnti d'aria fastidiose a soffitto e fredde a livello del pavimento



### Vantaggi dei sistemi radianti:

- benessere termico
- qualità dell'aria
- condizioni igieniche
- impatto ambientale (maggiori spazi per l'arredamento)
- calore utilizzabile a bassa temperatura
- risparmio energetico (elevati rendimenti in combinazione con sistemi di produzione ad alta efficienza quali caldaie a condensazione, pompe di calore, pannelli solari, geotermia a bassa entalpia)



Negli Stati Uniti si è superata oramai la soglia del milione di impianti geotermici installati in abitazioni private. L'Italia è un Paese a forte vocazione geotermica, ma l'uso del calore della Terra è ancora fortemente sottosviluppato.

Il sistema è conveniente in particolare in fase di progettazione di una nuova costruzione o in presenza di condizioni vantaggiose, ad esempio la presenza di determinati tipi di terreno o tariffe particolari per l'energia elettrica.

Una pompa di calore collegata ad una sola sonda geotermica a 100 m di profondità può estrarre dal suolo una potenza termica sufficiente per riscaldare un'abitazione di circa 100 metri quadrati. Spesso il sistema viene integrato con pannelli solari, utilizzando anche per fornire l'energia necessaria per funzionare alla pompa di calore.

Un impianto tipo può essere realizzato in soli 3-4 giorni.



il cambiamento è alla luce  
del sole



# FOTOVOLTAICO

## Il processo fotovoltaico

La parola *fotovoltaico* deriva da **foton=luce** e **voltaico**⇒ legato all'elettricità, e significa elettricità prodotta attraverso la luce.

L'effetto fotovoltaico fu notato per la prima volta dal fisico francese **Edmund Becquerel**: nel 1839 egli notò l'apparizione di una piccola corrente quando due elettrodi identici, all'interno di una debole soluzione conduttrice, venivano illuminati; bisogna aspettare però il 1954 per la creazione della prima cella fotovoltaica in silicio monocristallino, nei *Laboratori Bell* negli Stati Uniti.

Sviluppata alla fine degli anni Cinquanta nell'ambito dei programmi spaziali, la conversione fotovoltaica è una delle tecnologie che si ritiene possano dare un contributo importante per soddisfare la crescente domanda mondiale di energia elettrica senza alcuna emissione di gas ad effetto serra.

Su di essa, pertanto, si stanno concentrando investimenti ingenti sia nella realizzazione di impianti, sia in ricerca di nuovi materiali e tecnologie per ridurre i costi unitari di generazione del kWh prodotto.

In particolare negli ultimi anni la potenza installata a livello globale, sta crescendo a ritmi fortissimi. I principali organismi energetici internazionali stimano che nel 2020 la potenza fotovoltaica installata nel mondo possa raggiungere i 56.000 MW, con una produzione elettrica in grado di soddisfare quasi il 2% della domanda mondiale.

A questo sviluppo non è esente l'Italia, ove in particolare la generazione distribuita sta conoscendo un boom inimmaginabile pochi anni fa.

Il sistema fotovoltaico è un insieme di componenti meccanici, elettrici ed elettronici che concorrono a captare e trasformare l'energia solare disponibile, rendendola utilizzabile sotto forma di energia elettrica. Questo avviene sfruttando un fenomeno fisico, noto come effetto fotovoltaico (cioè la capacità che hanno alcuni materiali semiconduttori opportunamente drogati di generare elettricità quando esposti alla radiazione luminosa).

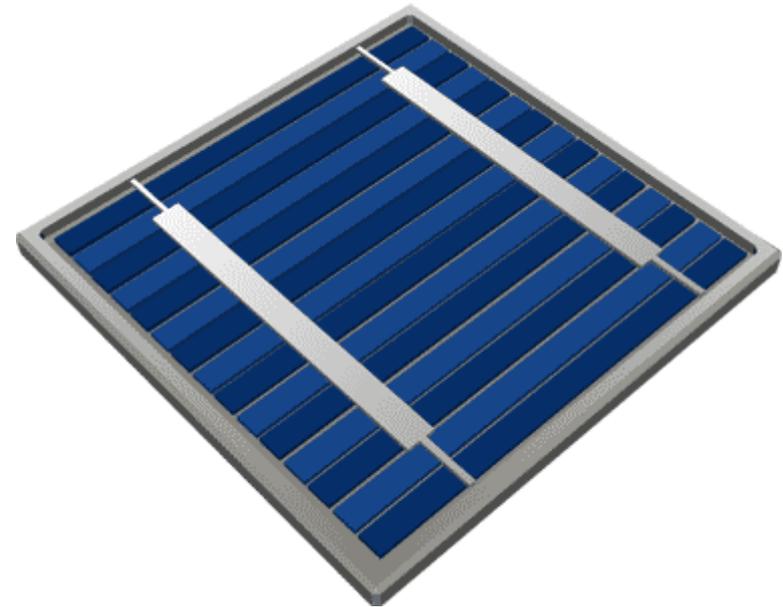
Quando i fotoni (le particelle di energia del sole) colpiscono una cella fotovoltaica, una parte di energia è assorbita dal materiale e alcuni elettroni, scalzati dalla posizione che occupano nella struttura atomica, scorrono attraverso il materiale semiconduttore (opportunamente trattato) producendo una corrente continua che può essere raccolta sulle superfici della cella. Più celle sono collegate in serie o in parallelo e impacchettate per formare un modulo, che rappresenta il componente base dell'impianto fotovoltaico.

I sistemi fotovoltaici possono essere suddivisi in due categorie: quelli connessi alla rete elettrica (*grid-connected*) e quelli isolati (*stand-alone*). Nei primi, la corrente continua generata viene inviata ad un convertitore (inverter) dal quale esce sotto forma di corrente alternata prima di essere immessa nella linea di distribuzione.

I secondi invece, gli impianti isolati, possono alimentare carichi sia in corrente continua (senza la presenza di un inverter) sia in corrente alternata, ma sono in genere dotati di accumulo. In questi sistemi fotovoltaici è necessario immagazzinare l'energia elettrica per garantire la continuità dell'erogazione anche nei momenti in cui non viene prodotta. Questo avviene mediante accumulatori elettrochimici (batterie). Il sistema connesso in rete, invece, non è provvisto di sistemi di accumulo in quanto l'energia prodotta durante le ore di insolazione viene immessa nella rete elettrica; viceversa, durante le ore di insolazione scarsa o nulla il carico locale viene alimentato dalla rete.

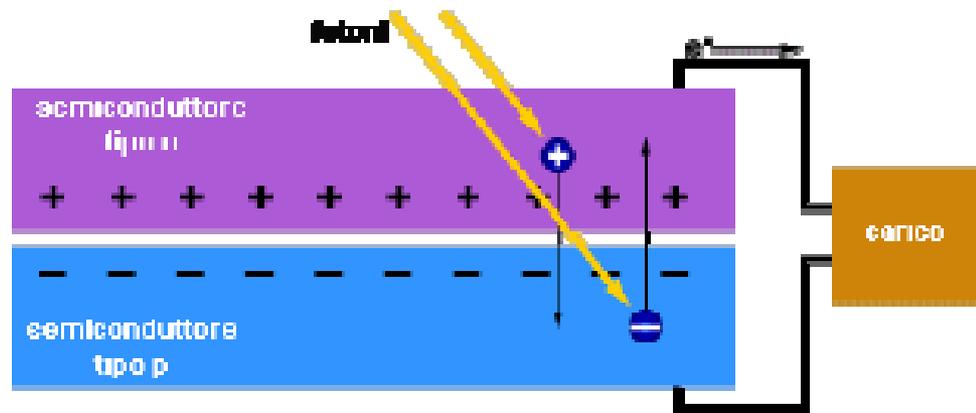
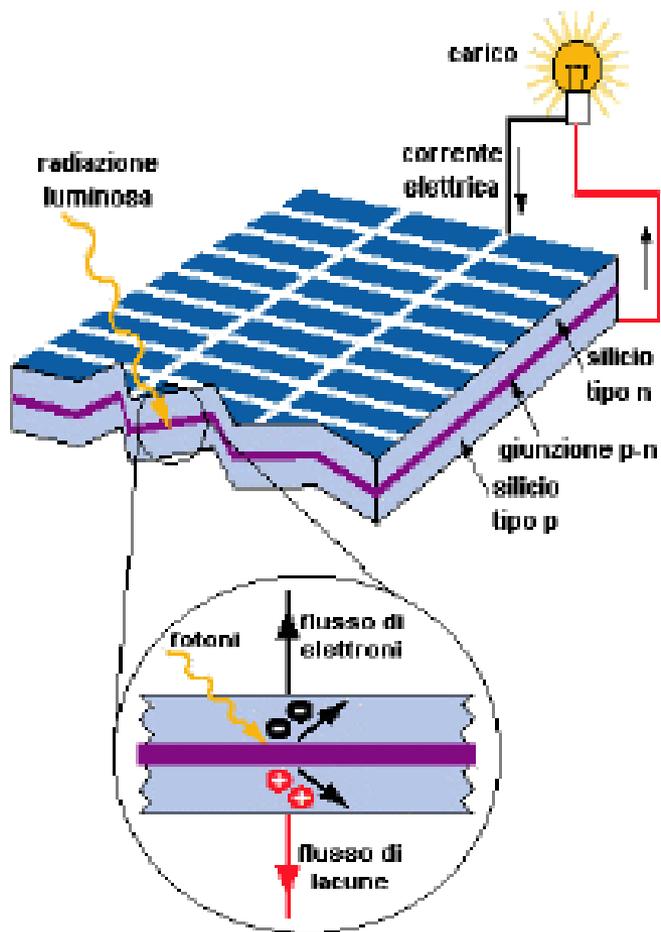
## Cella solare

Una **cella solare** costituisce il dispositivo elementare alla base di ogni sistema fotovoltaico per la produzione di elettricità. Una cella fotovoltaica è, in sostanza, un diodo di grande superficie che, esposto ai raggi del sole, converte la radiazione solare in elettricità. Le celle fotovoltaiche sono solitamente di colore blu che deriva dall'ossido di titanio presente nel rivestimento antiriflettente, fondamentale per ottimizzare la captazione dell'irraggiamento solare. La loro forma è quasi sempre quadrata e la misura può variare da quella delle più comuni (10 x 10 ) centimetri (12,5 x 12,5 centimetri o 15 x 15 centimetri) a quella delle più insolite.





# il cambiamento è alla luce del sole

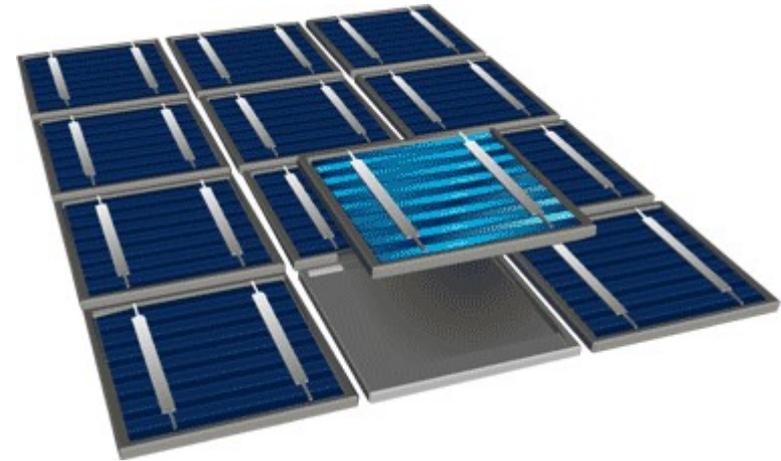


## Silicio Cristallino

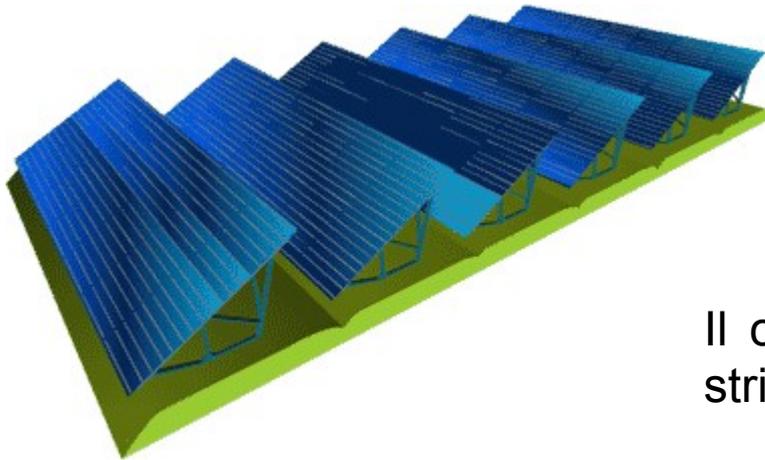
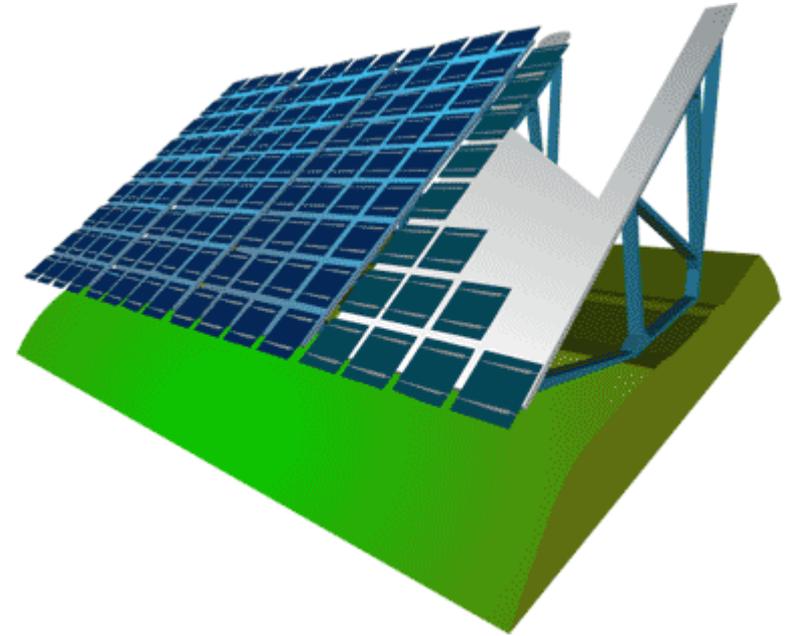


## Modulo fotovoltaico

Il modulo fotovoltaico, componente base dei sistemi fotovoltaici, è ottenuto dalla connessione elettrica di celle fotovoltaiche. I moduli fotovoltaici più comuni sono costituiti da 60 o 72 celle. Nella parte posteriore del modulo è collocata una scatola di giunzione in cui vengono alloggiati i diodi di bypass e i contatti elettrici. Il modulo fotovoltaico ha una dimensione di circa 1,6 mq e le taglie in commercio vanno fino ai 300 Watt di potenza per moduli con 72 celle.

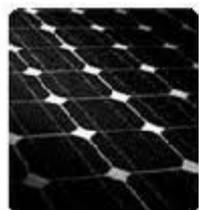
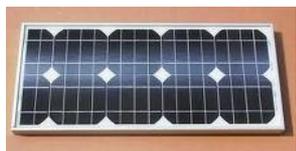


Al fine di fornire la potenza richiesta ad un impianto fotovoltaico, più moduli sono collegati elettricamente in serie costituendo una stringa.

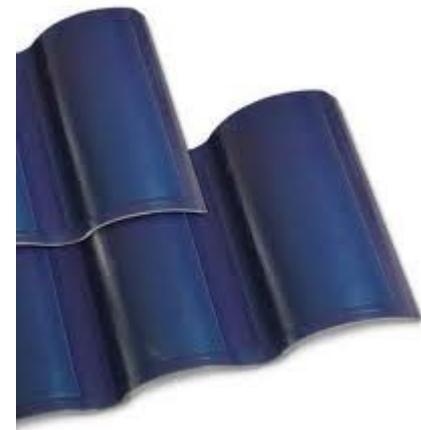


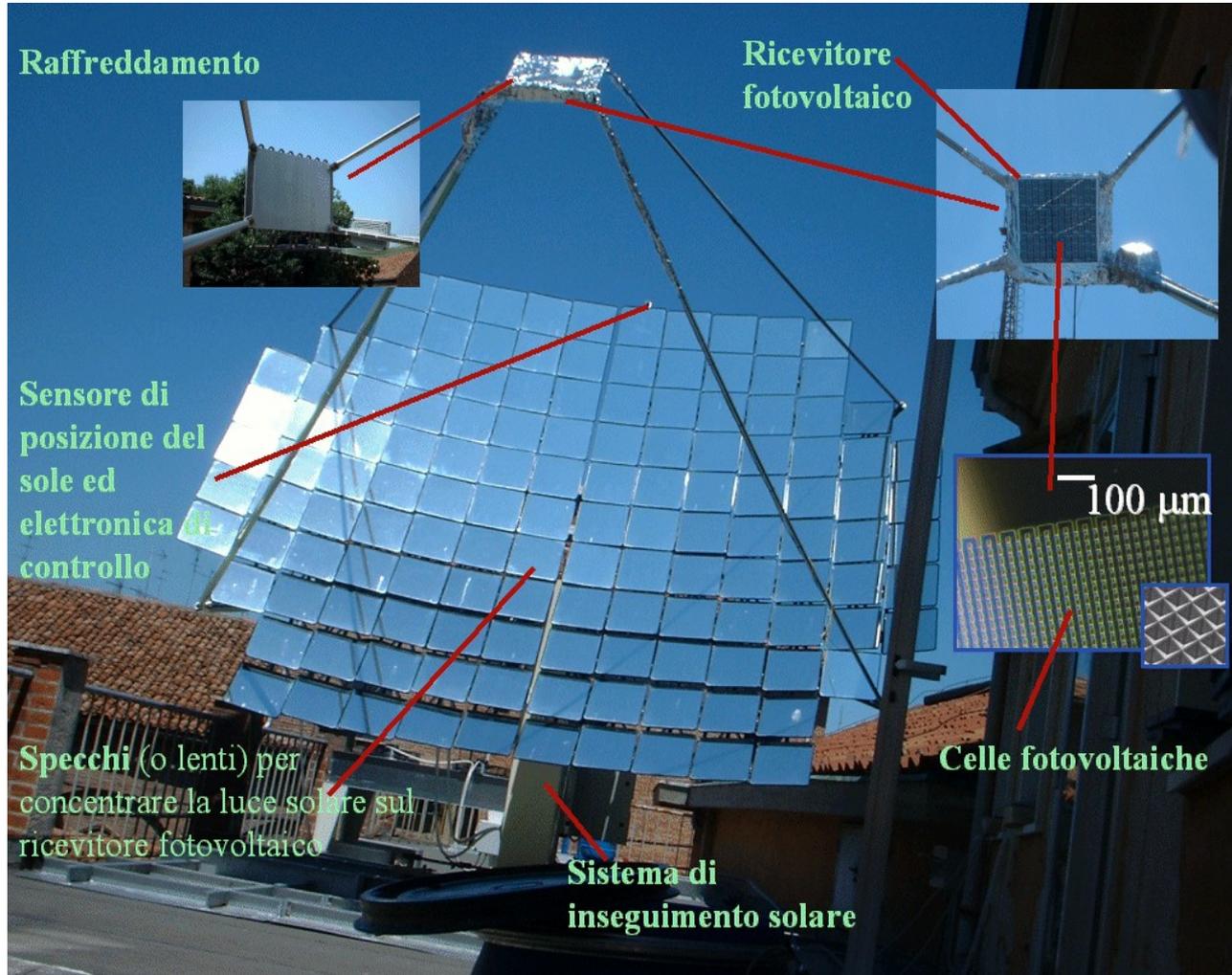
Il collegamento elettrico in parallelo di più stringhe costituisce il campo fotovoltaico

il cambiamento è alla luce  
del sole



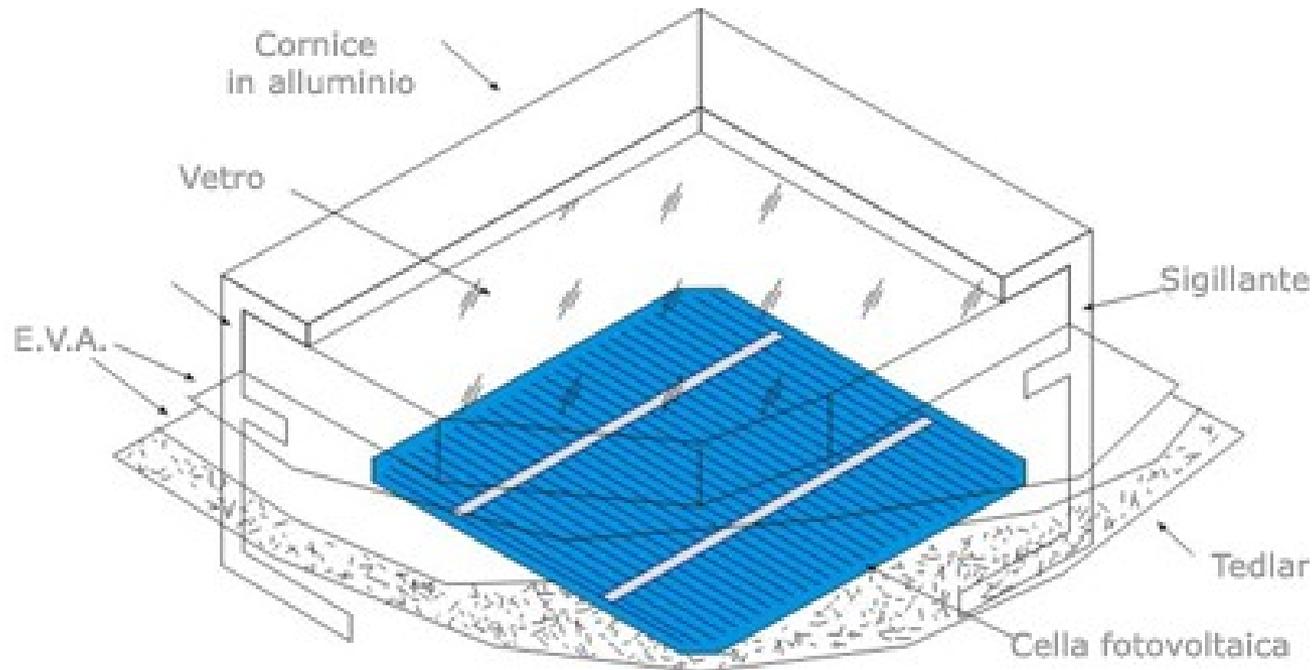
## Film sottile





## Moduli Fotovoltaici in Silicio Cristallino

Di seguito è riportato uno spaccato di un modulo fotovoltaico in silicio cristallino.



Sostanzialmente i moduli fotovoltaici cristallini attualmente disponibili sul mercato sono riconducibili allo schema precedente; tuttavia esistono anche moduli in silicio cristallino realizzati utilizzando un supporto plastico a bassa deformabilità.

Questi ultimi sono utilizzati in applicazioni particolari in cui il vetro non è adatto, e sono solitamente di piccole dimensioni.

I moduli sono costituiti da diversi strati sovrapposti:

- **Lastra di vetro temperato:** serve a proteggere la parte attiva pur consentendo il passaggio della luce.

Ha uno spessore di circa 4 mm, ma può eventualmente avere spessori maggiori in caso di necessità, ad esempio per consentire la pedonabilità per le opere di manutenzione.

La lastra deve avere una resistenza alle intemperie piuttosto elevata, in particolare alla grandine anche di grosse dimensioni.

È richiesto un livello di trasmittanza ossia una capacità di essere attraversata dalla luce solare maggiore del 90%, per non compromettere il rendimento complessivo del modulo.

Tali valori di trasmittanza, superiori a quelli dei vetri comuni, si possono ottenere utilizzando particolari composizioni con basso contenuto di ferro.

**Foglio sigillante in EVA (acetato viniletilenico):** assicura una grande resistenza agli agenti atmosferici e un buon isolamento dielettrico.

Il foglio di EVA è trasparente, per consentire il passaggio della luce e per evitarne l'ingiallimento causato dalla lunga esposizione ai raggi ultravioletti, si aggiungono degli additivi che ritardano tale effetto.

L'EVA svolge tre funzioni importanti:

La prima è quella di sigillare completamente la cella evitando il contatto con il vetro, poi quella di riempire completamente gli interstizi che si formerebbero a causa della rugosità della cella, ed infine isolare elettricamente la parte attiva del resto del modulo.

- **Cella fotovoltaica;**

- **Foglio sigillante in EVA: come isolante posteriore;**

- **Chiusura posteriore:** è costituita o da una lastra di vetro, per aiutare lo scambio termico, o in polivinilfloruro, Tedlar, ampiamente utilizzato per le sue caratteristiche antiumidità.

Le sue caratteristiche di impermeabilità all'ossigeno e all'acqua possono eventualmente essere potenziate mediante fogli metallici e polimerici.

Nei moduli a doppio vetro si utilizza uno strato di vetro anche per il lato posteriore, ma con caratteristiche più scadenti di trasmissione della luce di quelle del vetro anteriore.

Questa soluzione se da un lato consente maggiore protezione e trasparenza, spesso necessari nelle applicazioni architettoniche, dall'altro lato però comporta un aumento sia di peso che di prezzo.

Nelle applicazioni di integrazione architettonica, in cui sono necessari moduli con bassa trasmittanza termica, viene spesso utilizzata una variante della soluzione a doppio vetro.

Si utilizzano delle costruzioni con vetro camera, in cui cioè viene applicata una lastra di vetro supplementare divisa dal vetro del modulo mediante un'intercapedine di aria che funge da isolante.

il cambiamento è alla luce  
del sole



## Strutture di sostegno

I supporti meccanici in grado di favorire e semplificare l'ancoraggio dei pannelli fotovoltaici alle coperture o sul terreno prendono il nome di strutture di sostegno.

A causa delle molteplici applicazioni del fotovoltaico molto spesso tali strutture vanno personalizzate per ogni progetto, tuttavia è possibile fare una classificazione delle possibili soluzioni architettoniche in:

- strutture a inclinazione fissa;
- strutture per l'integrazione architettonica;
- strutture a inseguimento.

Qualunque sia la tipologia di struttura prescelta, questa deve ovviamente essere in grado di reggere i carichi permanenti, costituiti dal proprio peso, dal peso dei moduli e dagli elementi di connessione (es. bulloni), e deve essere inoltre in grado di resistere a eventuali carichi aggiuntivi dovuti a condizioni climatiche particolari quali principalmente neve e vento.

il cambiamento è alla luce  
del sole





il cambiamento è alla luce  
del sole



## Inverter

La corrente generata dai pannelli fotovoltaici è di tipo continuo.

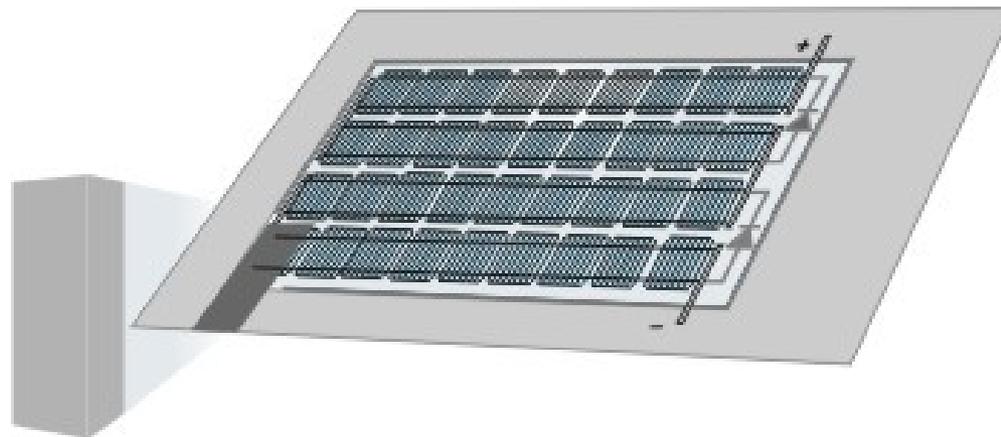
Poichè il sistema di distribuzione elettrica nazionale è in corrente alternata si utilizza un dispositivo elettronico, l'inverter, capace di trasformare l'energia elettrica da continua ad alternata. Il trasferimento dell'energia dal campo fotovoltaico all'utenza avviene attraverso specifici dispositivi, necessari per trasformare e adattare la corrente prodotta dai moduli alle esigenze dell'utenza finale. Il complesso di questi dispositivi prende il nome di BOS (Balance of System) e comprende, oltre all'inverter, il trasformatore, i quadri elettrici e i dispositivi di interfaccia.



## Ombreggiamenti

Una delle principali problematiche che possono procurare in termini di producibilità una riduzione alcune volte anche notevole di energia fotovoltaica è l'ombreggiamento.

Sono quindi, ove possibile sempre da evitare le zone d'ombra.



Una cella ombreggiata dà vita al cosiddetto effetto tubo da giardino, in quanto impedisce il passaggio di corrente a tutte le celle connesse in serie dando vita allo stesso effetto che si verifica con un tubo da giardino quando, schiacciando su un punto di esso, si noterà all'uscita una drastica diminuzione del flusso d'acqua a causa della pressione esercitata.

Una cella ombreggiata avrà un' intensità di corrente ridotta, e quindi potenza ridotta che imporrà a tutte le altre celle che compongono la stringa, essendo sia le celle che compongono i moduli nonché i moduli che costituiscono una stringa collegati in serie fra loro.

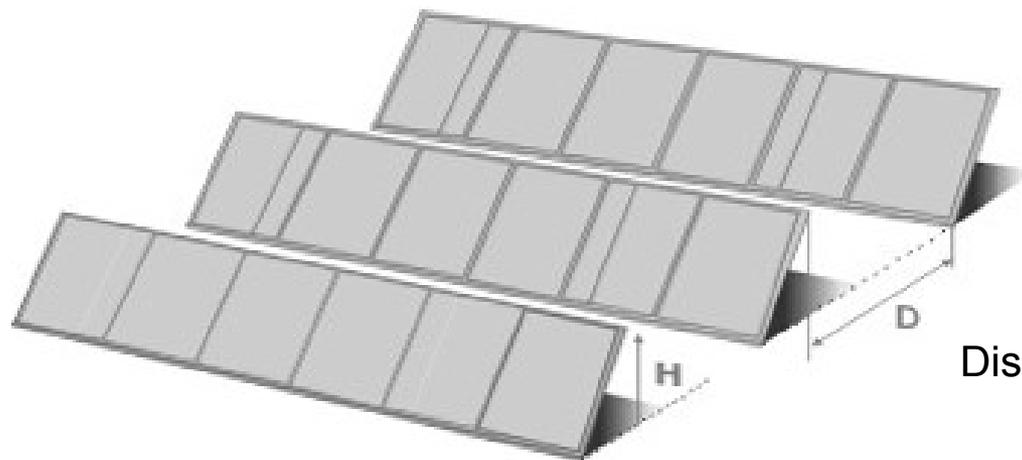
C'è da dire inoltre che una cella in ombra, comportandosi come un diodo in polarizzazione inversa, ovvero non più come generatore di corrente ma come utilizzatore, sarà sottoposta alla tensione prodotta da tutte le altre celle in serie ad essa collegate.

Riassumendo: cella o un modulo ombreggiata -> tensione e corrente assumono lo stesso verso -> la cella ombreggiata diventa un utilizzatore e consuma energia dissipando la potenza generata dalle altre celle -> surriscaldamento con relativo rischio di danneggiamento irreversibile.

Questi danneggiamenti parziali prendono il nome di "hot-spot".

Per poter ovviare a questo problema si utilizzano i diodi di by-pass che trovano alloggio nella cassetta di terminazione (junction box) il cui scopo è quello di cortocircuitare e quindi isolare il singolo modulo in caso di malfunzionamento.

## Ombreggiamento tra file parallele



Distanza minima tra file parallele

## Impianti grid-connected

Gli impianti fotovoltaici connessi in rete hanno la particolarità di lavorare in regime di interscambio con la rete elettrica locale. In pratica, nelle ore di luce l'utenza consuma l'energia elettrica prodotta dall'impianto solare, mentre quando la luce non c'è o non è sufficiente, oppure se l'utenza richiede più energia di quella che l'impianto è in grado di fornire, sarà la rete elettrica che garantirà l'approvvigionamento dell'energia elettrica necessaria.

Dall'altro lato, nel caso in cui l'impianto produca più energia di quella richiesta dall'utenza, tale energia verrà viceversa immessa in rete.

In questo caso si parla di cessione delle "eccedenze" alla rete elettrica locale.

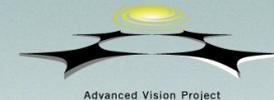


Vediamo come sono connessi tra di loro i componenti essenziali di un impianto fotovoltaico e come si interfacciano con la rete elettrica:

- 1) I **moduli fotovoltaici**, esposti al sole, producono corrente elettrica in forma continua.
- 2) L'**inverter** trasforma la corrente "fotovoltaica" da continua ad alternata.
- 3) **Contatore** che misura l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico.
- 4) La corrente entra nella rete elettrica dell'utente e viene usata prima dalle normali **utenze** (elettrodomestici, impianto di illuminazione, ecc.).
- 5) Nel caso in cui l'**impianto solare** produca più corrente di quella utilizzata in quel momento, l'esubero viene immesso nella rete del distributore di energia elettrica locale. Tale esubero viene misurato da un secondo contatore dedicato al conteggio dell'energia immessa.
- 6) Quando l'impianto non produce (es di notte), o produce poco, o l'energia richiesta dall'utenza è maggiore di quella che può essere fornita in quel momento dall'impianto solare, si utilizza quella del distributore.

il cambiamento è alla luce  
del sole

avproject



# JANUS

## LE DUE FACCE DEL SOLE

MODULO TERMOVOLTAICO  
IN SILICIO POLICRISTALLINO  
AD ELEVATA EFFICIENZA

[www.avproject.it](http://www.avproject.it)



il cambiamento è alla luce  
del sole



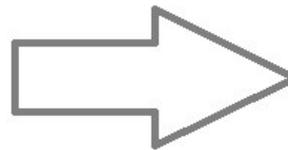
Le moderne tecnologie  
offrono due diversi  
sistemi per utilizzare  
l'energia irradiata dal sole



il cambiamento è alla luce  
del sole

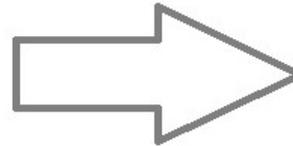


# Impianto solare termico:



**abbattere/eliminare la bolletta del gas**

# Impianto solare fotovoltaico:



**abbattere/eliminare la bolletta elettrica**

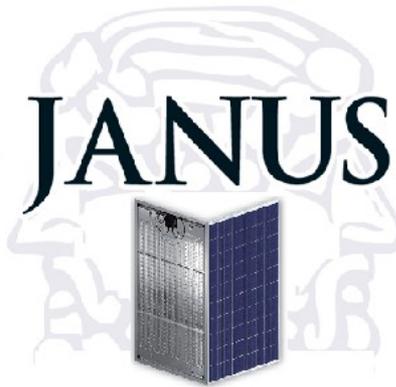


il cambiamento è alla luce  
del sole



Janus è riuscito ad  
integrare le due  
tecnologie migliorandone  
le performances

# Impianto termovoltaiico JANUS:

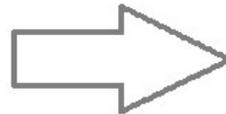
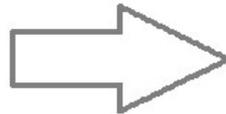




il cambiamento è alla luce  
del sole



# Impianto termovoltaiico JANUS:



*abbattere/eliminare  
la bolletta del gas*



*abbattere/eliminare  
la bolletta elettrica*

Grazie alla ricerca della AV project  
è nato JANUS per integrare la  
tecnologia del fotovoltaico con  
quella del solare termico per offrire  
le sinergie che nascono  
dall'unione dei due sistemi

Concepito per poter aumentare il rendimento dei pannelli fotovoltaici, e quindi incrementare produzione elettrica ed investimento fotovoltaico, si stima fino al 15% su base annuale è *in grado*, allo stesso tempo, *di produrre energia elettrica ed energia termica*

Tale modulo, quindi, genera contemporaneamente sia energia elettrica che termica ottenendo al tempo stesso un doppio vantaggio: *risparmio sui costi energetici*, sia elettrici che per il riscaldamento e *incremento della produzione fotovoltaica*

il cambiamento è alla luce  
del sole



## I principali Vantaggi:

- drastica riduzione di entrambe le bollette energetiche (gas ed elettrica);
- miglioramento delle performance di conversione del fotovoltaico fino al 15% in più su base annua;
- generazione simultanea di energia elettrica ed acqua calda da utilizzare per i diversi scopi domestici / aziendali;

- a parità di superficie disponibile con JANUS si potrà ottenere acqua calda ed un aumento del 15% dell'energia elettrica prodotta da un pari impianto fotovoltaico;
- aumento della longevità della parte fotovoltaica del pannello, grazie alla riduzione delle temperature medie di funzionamento;

- minore decadimento delle prestazioni nel corso degli anni grazie al minore stress termico a cui è sottoposta la parte fotovoltaica;
- installazione facilmente integrabile con i sistemi di produzione di acqua calda sanitaria e di riscaldamento preesistenti: (caldaie a metano, caldaie a gpl, pompe di calore etc);

- possibilità di implementazione della funzione snevamento dei pannelli;
- in un'unica installazione due impianti: termico e fotovoltaico, con conseguente miglioramento estetico e riduzione della superficie di tetto impegnata;
- accesso al contributo conto energia per la parte fotovoltaica e detrazione del 55% per la parte termica (EN 12975 oltre che IEC 61215).



Fotovoltaico

il cambiamento è alla luce  
del sole



# CONTO ENERGIA

Il principio che regge il meccanismo del Conto energia consiste nell'**incentivazione della produzione elettrica**, e non dell'investimento necessario per ottenerla.

Possono beneficiare dell'incentivazione le persone fisiche e giuridiche, ivi inclusi i soggetti pubblici e i condomini.

Le tariffe incentivanti si aggiungono ai ricavi derivanti dalla vendita dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico o ai risparmi conseguiti sulla bolletta elettrica nel caso l'energia elettrica prodotta sia utilizzata per alimentare le utenze collegate all'impianto fotovoltaico.

**L'incentivazione è erogata per venti anni.**

## I PARAMETRI

# Le tempistiche



Il Vto Conto Energia viene applicato a partire dal

# 27 agosto 2012

Ovvero 45 giorni solari dopo il 12 luglio 2012 , data in cui, secondo l'AEEG, è stato raggiunto il costo indicativo cumulato annuo di 6 miliardi di €, così come definito dall'articolo 3, comma 1, lettera z) del DM 5 maggio 2011

## I PARAMETRI

### La spesa

Il Vto Conto Energia cesserà di applicarsi una volta raggiunto il costo indicativo cumulato di

**6,7 miliardi di € l'anno**

Decorsi 30 giorni solari dalla data indicata dall'AEEG sulla base degli elementi forniti dal GSE



## IL FUNZIONAMENTO

# Accesso diretto alla tariffa incentivante

Accedono **direttamente** alla tariffa incentivante i seguenti impianti:

- 1 Gli impianti di **potenza fino a 50 kW** su edifici con moduli installati in sostituzione di coperture con completa **rimozione di eternit o amianto**
- 2 Gli impianti con potenza non superiore a **12 kW**
- 3 Impianti integrati con **caratteristiche innovative** fino al raggiungimento di un costo indicativo cumulato di **50 ML €**



## IL FUNZIONAMENTO

# Accesso diretto alla tariffa incentivante

Accedono **direttamente** alla tariffa incentivante i seguenti impianti:

- 4 Gli impianti a concentrazione fino al raggiungimento di un costo indicativo cumulato degli incentivi di 50 ML €
- 5 Gli impianti realizzati da Amministrazioni pubbliche sempre fino a 50 ML €
- 6 Gli impianti di potenza compresa tra i 12 e i 20 kW che richiedono una tariffa decurtata del 20% rispetto a quelli iscritti al Registro



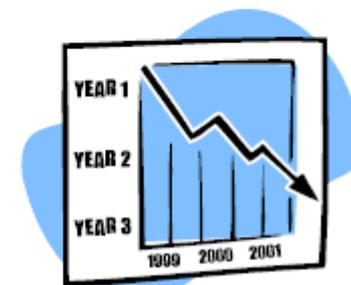
## IL FUNZIONAMENTO

# Accesso indiretto: iscrizione al Registro

Sono tenuti all'**iscrizione al Registro** gli impianti che non ricado nelle categorie precedenti.

Accedono alla tariffa gli impianti in posizione tale da rientrare nei seguenti limiti massimi di costo indicativo cumulato annuo:

- ✓ 1° Registro equivalente a 140 Mln€
- ✓ 2° Registro equivalente a 120 Mln€
- ✓ Successivi registri equivalenti a 80 Mln€

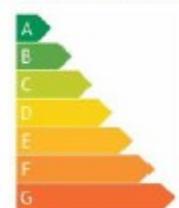


## IL FUNZIONAMENTO

# Accesso indiretto: iscrizione al Registro

Criteri per **la graduatoria nel Registro** (in ordine di priorità)

- 1 La **certificazione energetica** degli edifici + **rimozione dell'amianto**
- 2 La **certificazione energetica** degli edifici
- 3 La **rimozione dell'amianto**
- 4 La **componentistica MADE IN EU**
- 5 Siti contaminati; demanio militare, cave dismesse, miniere esaurite
- 6 Impianti con potenza < 200kW per attività produttive
- 7 Pergole, serre, tettoie, pensiline, barriere acustiche



## IL FUNZIONAMENTO

# Accesso indiretto: iscrizione al Registro

- + Ulteriori criteri per stilare la graduatoria interna alla categoria di appartenenza:
  - ✓ Soggetto richiede -5% della tariffa
  - ✓ Precedenza del titolo autorizzativo
  - ✓ Minore potenza dell'impianto
  - ✓ Precedenza data di richiesta iscrizione al Registro

### NOTE:

- Ammissione alla tariffa incentivante esclusivamente ad impianti realizzati entro un anno dalla data di pubblicazione della graduatoria
- Cedibilità dell'iscrizione al Registro solo dopo l'entrata in esercizio dell'impianto

## IL FUNZIONAMENTO

# Le tariffe incentivanti

Viene distinto tra **Tariffa omnicomprensiva** e **Tariffa in autoconsumo**

La modifica sostanziale è che non verrà più incentivata tutta la quota di energia prodotta, ma solo la quota di energia immessa effettivamente nella Rete, oltre a garantire una tariffa premio sull'autoconsumo.



## IL FUNZIONAMENTO

# Le tariffe incentivanti

GU n. 159 del 10-7-2012

Allegato 5

### 1 Valori per gli impianti che entrano in esercizio nel **primo semestre**

Intervallo di potenza	Impianti sugli edifici		Altri impianti fotovoltaici	
	Tariffa omnicomprensiva	Tariffa premio sull'energia consumata in sito	Tariffa omnicomprensiva	Tariffa premio sull'energia consumata in sito
[kW]	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]
1 < P < 3	208	126	201	119
3 < P < 20	196	114	189	107
20 < P < 200	175	93	168	86
200 < P < 1000	142	60	135	53
1000 < P < 5000	126	44	120	38
P > 5000	119	37	113	31

### 2 Valori per gli impianti che entrano in esercizio nel **secondo semestre**

Intervallo di potenza	Impianti sugli edifici		Altri impianti fotovoltaici	
	Tariffa omnicomprensiva	Tariffa premio sull'energia consumata in sito	Tariffa omnicomprensiva	Tariffa premio sull'energia consumata in sito
[kW]	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]
1 < P < 3	182	100	176	94
3 < P < 20	171	89	165	83
20 < P < 200	157	75	151	69
200 < P < 1000	130	48	124	42
1000 < P < 5000	118	36	113	31
P > 5000	112	30	106	24

IL FUNZIONAMENTO

## Le tariffe incentivanti

GU n. 159 del 10-7-2012  
Allegato 5

### 3 Valori per gli impianti che entrano in esercizio nel **terzo semestre**

Intervallo di potenza	Impianti sugli edifici		Altri impianti fotovoltaici	
	Tariffa omnicomprensiva	Tariffa premio sull'energia consumata in sito	Tariffa omnicomprensiva	Tariffa premio sull'energia consumata in sito
[kW]	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]
1 < P < 3	157	75	152	70
3 < P < 20	149	67	144	62
20 < P < 200	141	59	136	54
200 < P < 1000	118	36	113	31
1000 < P < 5000	110	28	106	24
P > 5000	104	22	99	17

### 4 Valori per gli impianti che entrano in esercizio nel **quarto semestre**

Intervallo di potenza	Impianti sugli edifici		Altri impianti fotovoltaici	
	Tariffa omnicomprensiva	Tariffa premio sull'energia consumata in sito	Tariffa omnicomprensiva	Tariffa premio sull'energia consumata in sito
[kW]	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]
1 < P < 3	144	62	140	58
3 < P < 20	137	55	133	51
20 < P < 200	131	49	126	44
200 < P < 1000	111	29	107	25
1000 < P < 5000	105	23	101	19
P > 5000	99	17	95	13

## IL FUNZIONAMENTO

GU n. 159 del 10-7-2012  
Allegato 5

# Le tariffe incentivanti

### 5 Valori per gli impianti che entrano in esercizio nel **quinto semestre**

Intervallo di potenza	Impianti sugli edifici		Altri impianti fotovoltaici	
	Tariffa omnicomprensiva	Tariffa premio sull'energia consumata in sito	Tariffa omnicomprensiva	Tariffa premio sull'energia consumata in sito
[kW]	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]
1 < P < 3	133	51	130	48
3 < P < 20	128	46	124	42
20 < P < 200	122	40	118	36
200 < P < 1000	106	24	102	20
1000 < P < 5000	100	18	97	15
P > 5000	95	13	92	10

\* Per impianti che entrano in esercizio nei semestri successivi si applica un'ulteriore riduzione del 15% a semestre

IL FUNZIONAMENTO

## La durata

# 20 anni

La tariffa incentivante ottenuta viene riconosciuta per un periodo di 20 anni a decorrere dalla data di entrata in esercizio dell'impianto ed è costante in moneta corrente per tutto il periodo di incentivazione

NOVITA'

## Novità introdotte dal Vto Conto

- ✓ Utilizzo di moduli fotovoltaici costruiti da produttori aderenti ad un **consorzio europeo che ne garantisce il riciclo**

GU n. 159 del 10-7-2012  
*Articolo 7, comma 5*



- ✓ **Contributo dovuto al GSE per le spese di istruttoria per tutti i richiedenti le tariffe**
  - o 3 €/kW per impianti fino a 20 kW
  - o 2 €/kW per impianti oltre 20 kW

GU n. 159 del 10-7-2012  
*Articolo 10, comma 1*

- ✓ **Contributo dovuto al GSE per le spese di gestione a partire dal 1 gennaio 2013 pari a 0,05 c€ per ogni kWh di energia incentivata**

GU n. 159 del 10-7-2012  
*Articolo 10, comma 4*

## Elementi chiave: Tariffe e tipologie

→**TARIFFE**: Previste riduzioni delle tariffe incentivanti rispetto al 3° Conto Energia differenziate in funzione della tipologia e della taglia.

→**TIPOLOGIE**: Viene confermata la distinzione già introdotta dal 3° C.E. tra:



Impianti su edifici



Altri impianti fotovoltaici  
(es. impianti a terra)

## Elementi chiave: Impianti su edifici

### Tetti piani



I tetti con inclinazione fino a  $5^\circ$  sono ritenuti piani.

Se c'è la balaustra perimetrale  
→ la quota massima dell'asse mediano dei moduli FV deve risultare non superiore all'altezza minima della balaustra stessa.

Se non c'è la balaustra perimetrale  
→ l'altezza massima dei moduli rispetto al piano **non deve superare i 30 cm.**

## Elementi chiave: Impianti su edifici

### Tetti a falda



Per i tetti a falda, i moduli devono essere installati in modo complanare alle superfici del tetto

**con o senza sostituzione della medesima superficie.**

## Elementi chiave: Impianti su edifici

### Altri tetti



I moduli installati su tetti diversi dalle due precedenti categorie devono essere installati **in modo complanare al piano tangente o ai piani tangenti del tetto, con una tolleranza di più o meno 10 °.**

## Elementi chiave: Impianti su edifici

### Frangisole



I moduli installati in qualità di frangisole sono collegati alla facciata al fine di produrre **ombreggiamento o schermatura di superfici trasparenti.**

## Casi speciali

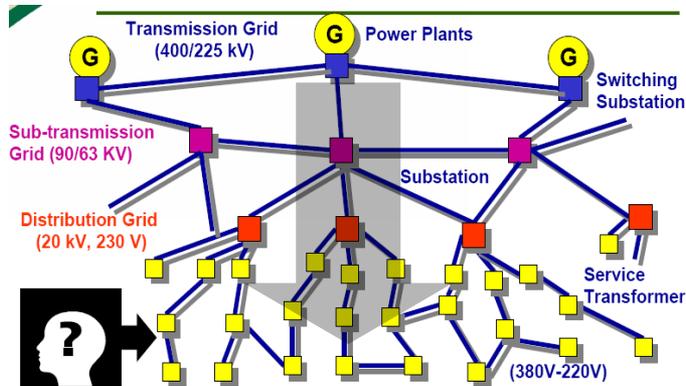


- Pergole
- Serre
- Tettoie
- Pensiline
- Strutture temporanee

Queste tipologie hanno diritto ad una tariffa pari alla **MEDIA ARITMETICA** tra la tariffa spettante per “impianti fotovoltaici realizzati su edifici” e la tariffa spettante per “altri impianti fotovoltaici”.

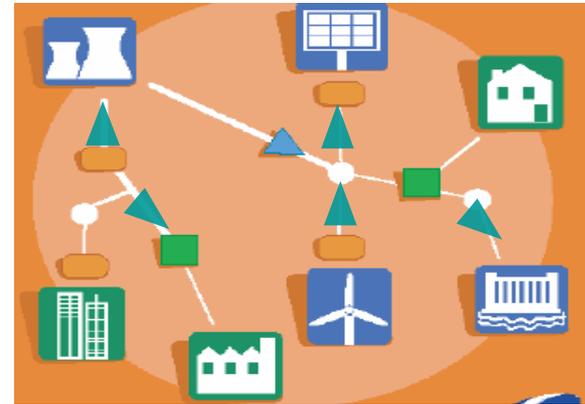
# Verso un'infrastruttura di rete "attiva"

## Reti attuali:



- **Generazione** di energia elettrica **concentrata** in alcune centrali di grandissime dimensioni
- **Flusso di energia unidirezionale** dalle Alte Tensioni (AT-MT) verso la Bassa Tensione (BT)
- **Ridotta interazione** della Generazione con i consumatori finali

## Reti del futuro:



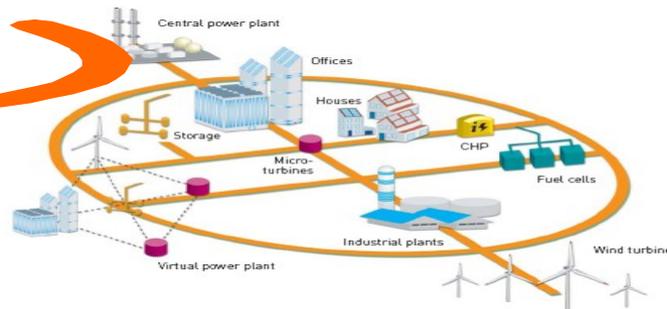
- **Generazione Distribuita** e rinnovabile in forte espansione
- **Flussi di energia multi-direzionali** con ritorno dalla BT verso MT e AT
- **Clienti attivi "PROSUMERS"**: Producer-Consumers di energia

## Salto tecnologico: le Smart Grids

# Le sfide chiave per le reti del futuro

## Smart Grids: la rete piattaforma tecnologica per il mercato dell'energia

- **Generazione Distribuita e Rinnovabile**
- Accessibilità dei clienti/ produttori al mercato elettrico (**Prosumers**)
- Crescente **complessità** del sistema elettrico



- **Riduzione impatto ambientale**
- Sviluppo **Domanda Attiva**
- **Efficienza energetica**
- **Sicurezza e affidabilità**

### Smart Grid MT

**Sistemi di controllo e protezione** per l'esercizio della rete MT e nuovi sistemi di comunicazione



### Smart Grid BT

- Sviluppo **sistemi intelligenti** per la gestione della rete e la comunicazione con i clienti
- **Bilanci energia** a livello locale
- Sistemi di **previsione dei consumi** e della generazione a livello locale



il cambiamento è alla luce  
del sole



# SOLARE TERMICO

Un impianto solare termico, consente di trasformare la radiazione solare in energia termica.

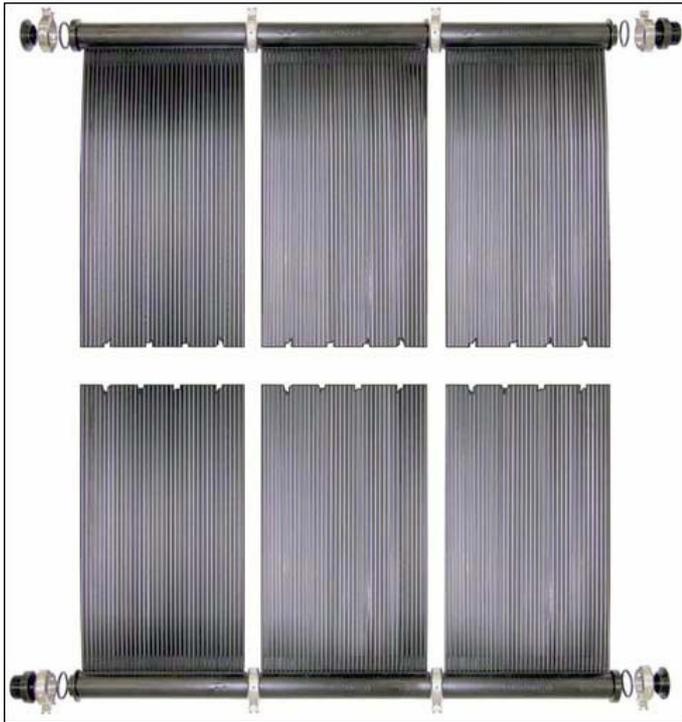
Per catturare l'energia del sole e trasformarla in calore utile sotto forma di acqua calda, si impiegano degli apparecchi particolari che vengono definiti pannelli solari.

I pannelli solari costituiscono la base di qualunque tecnologia per il solare termico e sono disponibili in diverse tipologie.

La scelta del collettore più adatto deve tenere conto di alcuni fattori. Innanzitutto il parametro climatico, dal momento che le prestazioni dei pannelli variano al variare delle temperature esterne e delle condizioni di irraggiamento solare. Inoltre alcuni pannelli si prestano meglio di altri ad applicazioni particolari, come l'integrazione con sistemi di riscaldamento a bassa temperatura.

## Pannelli in plastica (collettori non vetrati)

Sono senza copertura, di semplice installazione, basso costo e manutenzione pressoché nulla; possono essere forniti anche in rotoli da tagliare su misura, ma hanno rese inferiori che li rendono pressoché inutili nei mesi invernali. Sono formati da tubicini scuri in polipropilene, neoprene, pvc attraverso i quali circola l'acqua. Non c'è isolamento perciò le temperature sono limitate a circa 20°C al di sopra della temperatura esterna. L'acqua di consumo può circolare direttamente nei pannelli, e quindi non vi è necessità del circuito separato con scambiatore di calore. Questi pannelli sono ideali per utilizzi dove sono richieste temperature basse, come per es. il riscaldamento estivo delle piscine, la produzione nella stagione estiva di acqua calda sanitaria presso strutture turistiche alberghiere, quali camping, stabilimento balneari, alberghi rivieraschi.



### Vantaggi

- buoni rendimenti con tempo soleggiato e caldo
- costi molto bassi
- semplicità di installazione
- necessità di poca o nessuna manutenzione

### Svantaggi

- utilizzo limitato alla stagione estiva



## Pannelli con tubi e piastra captante

Il tipo più diffuso per la produzione di acqua sanitaria, costituito essenzialmente da:

- una copertura in vetro o altro materiale trasparente;
- un fascio di tubi, generalmente in rame, in cui scorre il fluido che trasporta il calore, in genere una miscela anticongelante di acqua e glicole;
- una superficie, a contatto con i tubi, con alto potere di assorbimento dell'energia solare;
- un rivestimento isolante, per impedire la dissipazione dell'energia all'esterno;
- un telaio di contenimento in acciaio o alluminio, completo di cornici di chiusura, guarnizioni di tenuta e accessori.

La maggior parte dei pannelli solari piani produce temperature fino a 70°C al di sopra della temperatura ambiente ed è adatta per il riscaldamento dell'acqua e dell'ambiente.

A seconda delle prestazioni, è possibile suddividere i collettori in due grandi famiglie:

- **Pannelli vetrati selettivi:** l'assorbitore è trattato con dei prodotti selettivi, che riducono del 10-15% le dispersioni di calore rispetto a quelli non selettivi. Il prezzo è più elevato, ma hanno il vantaggio di poter lavorare meglio nei periodi più freddi e meno assolati. Per questo motivo possono essere utilizzati anche in integrazione con il sistema di riscaldamento;

- **Pannelli vetrati non selettivi:** l'assorbitore è semplicemente verniciato di nero. Sono indicati per le abitazioni estive o per le zone del centro-sud che godono di abbondante insolazione.

In termini di rendimento, la differenza tra collettori selettivi e non selettivi è mediamente del 10-15%. Sul mercato si trovano anche collettori vetrati semi-selettivi, con prestazioni intermedie tra quelle delle due principali famiglie, ma con un aumento di costi contenuti rispetto ai collettori non selettivi



### Vantaggi

- tecnologia diffusissima
- alta affidabilità
- prezzo accessibile

### Svantaggi

- minore efficienza rispetto ai collettori sottovuoto



## Pannelli sotto vuoto

I collettori sottovuoto possono raggiungere temperature superiori ai 100° e la loro efficienza è in media superiore del 15-20 % rispetto ai pannelli piani vetrati più efficienti. Hanno il vantaggio di mantenere **buone prestazioni** anche in condizioni di **scarsa insolazione** e con temperature inferiori allo zero.

Queste caratteristiche incidono anche sul prezzo finale, che è generalmente superiore a quello dei tradizionali collettori vetrati.

I collettori sottovuoto sono composti da serie parallele di particolari **tubi di vetro**. Ogni tubo vetrato contiene al proprio interno un altro tubo concentrico, trattato con vernice selettiva di colore scuro, che attira e cattura la radiazione solare grazie all'assorbitore.

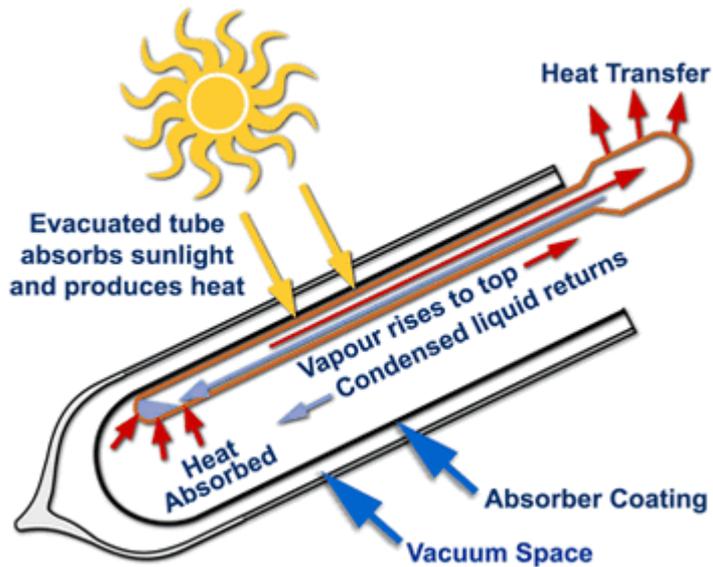
Tra i due tubi viene realizzato il **vuoto**: questo funziona da isolante termico e consente di limitare la dispersione di calore verso l'esterno, con un **"effetto thermos"**.

Esistono diverse modalità di trasporto del calore, caratteristiche dei collettori sottovuoto.

Una delle più interessanti è a tubo di calore “*heat pipe*”: all’interno di ogni tubo di vetro è presente uno speciale tubo di rame, riempito con un alcool che evapora già a basse temperature. La soluzione alcolica, riscaldandosi, risale lungo l’*heat pipe*, si condensa e raffredda cedendo calore al fluido termovettore che scorre nel collettore di raccolta.

I sistemi *heat pipe* hanno il grande vantaggio di funzionare anche a **basse temperature** e in condizioni di **tempo nuvoloso**.

Hanno però **alcuni limiti** di installazione: la loro inclinazione sul piano orizzontale non deve essere inferiore ai 30° e superiore ai 70°. Tuttavia, questo non è un grosso handicap, poiché la maggior parte delle installazioni nel nostro paese rientrano in questo angolo di inclinazione.



### Vantaggi

- tecnologia affidabile e collaudata
- elevata efficienza anche durante la stagione invernale
- possibilità di utilizzo con un sistema di riscaldamento a bassa temperatura

### Svantaggi

- costo elevato



il cambiamento è alla luce  
del sole



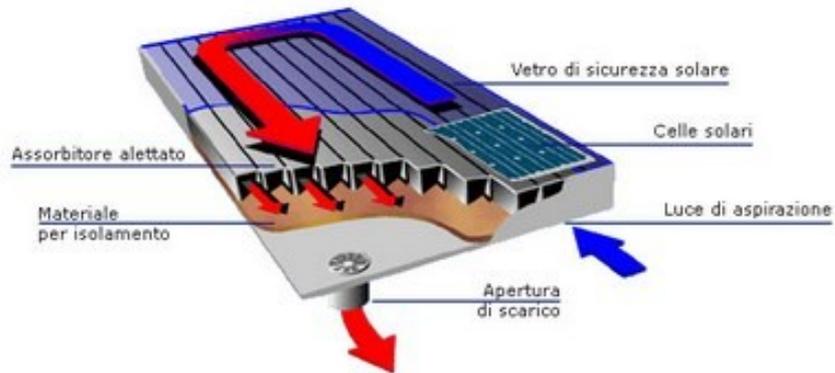
## Pannelli ad aria

A differenza di tutti gli altri collettori solari, hanno la particolare caratteristica di produrre aria (anzichè acqua) calda.

Questi pannelli sono in grado di riscaldare l'aria a temperature di 20-40 °C, sufficienti per **ventilare** e **deumidificare** l'ambiente interno degli edifici.

Si tratta di pannelli esteticamente simili a quelli piani vetrati, con un assorbitore di calore e un vetro di copertura, tenuti assieme da un telaio. All'interno dell'assorbitore, dalla caratteristica struttura "alettata", transita aria fresca o tiepida prelevata dall'ambiente esterno che, riscaldata e deumidificata viene quindi convogliata all'utilizzo finale.

Rispetto ai sistemi solari convenzionali, con i pannelli ad aria non servono nè serbatoi di accumulo nè scambiatori di calore, poichè l'aria riscaldata viene utilizzata tal quale. L'aria calda viene fatta circolare tramite **uno o più ventilatori**; per questo motivo alcuni modelli di collettore incorporano un piccolo pannello fotovoltaico, indispensabile per alimentare il ventilatore in assenza di collegamento alla rete elettrica.



### Vantaggi

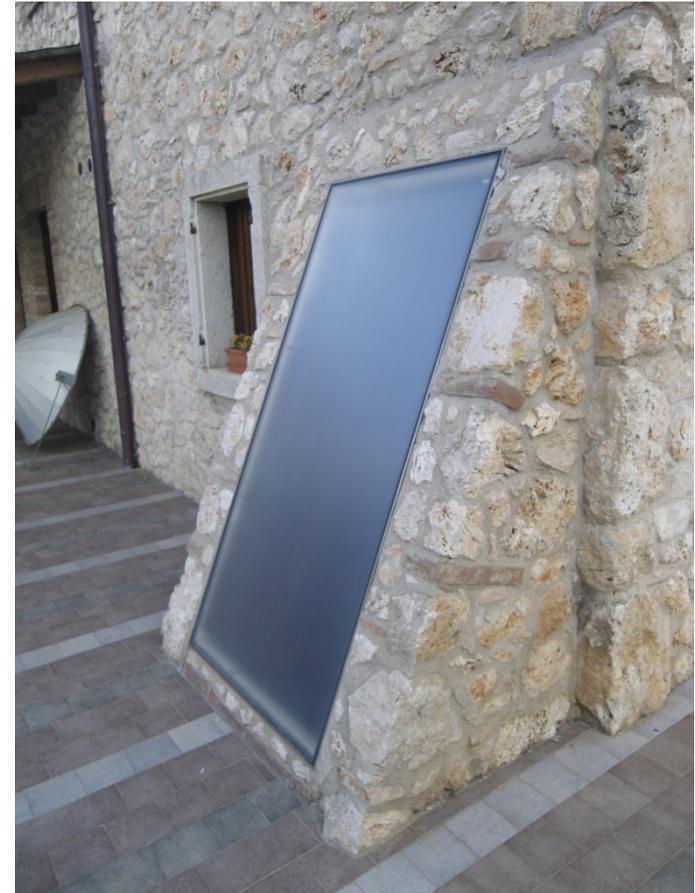
- facilità di installazione
- poca o nulla manutenzione
- costo accessibile

### Svantaggi

- necessità di grandi superfici



il cambiamento è alla luce  
del sole

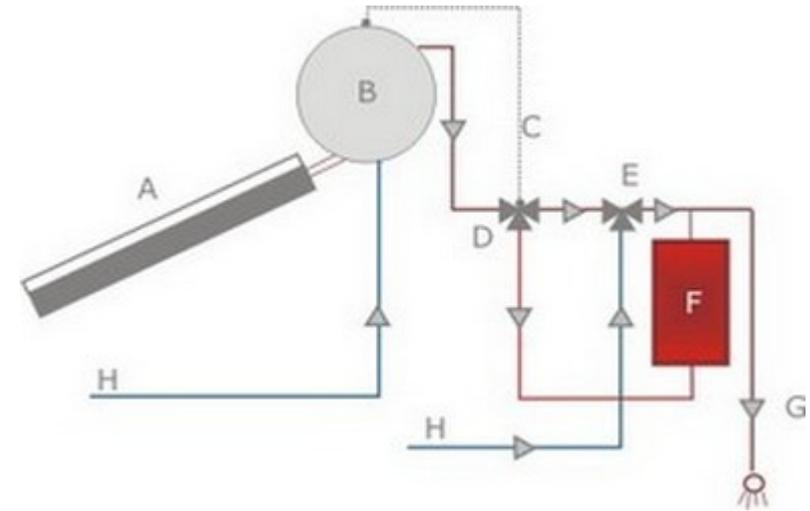


## Circolazione naturale con caldaia istantanea

Il serbatoio del sistema solare è collegato con una caldaia istantanea, cioè **priva di accumulo**.

Se l'acqua in uscita dal serbatoio solare è inferiore alla temperatura impostata, un'apposita **valvola deviatrice** provvede a inviarla alla caldaia istantanea, che la riscalda istantaneamente prima di portarla all'utenza.

Se invece l'acqua riscaldata dai pannelli è sufficientemente calda, viene convogliata direttamente all'utenza transitando attraverso una **valvola miscelatrice**, che ha la funzione di miscelare l'acqua calda del serbatoio solare con l'acqua fredda dell'impianto idraulico.

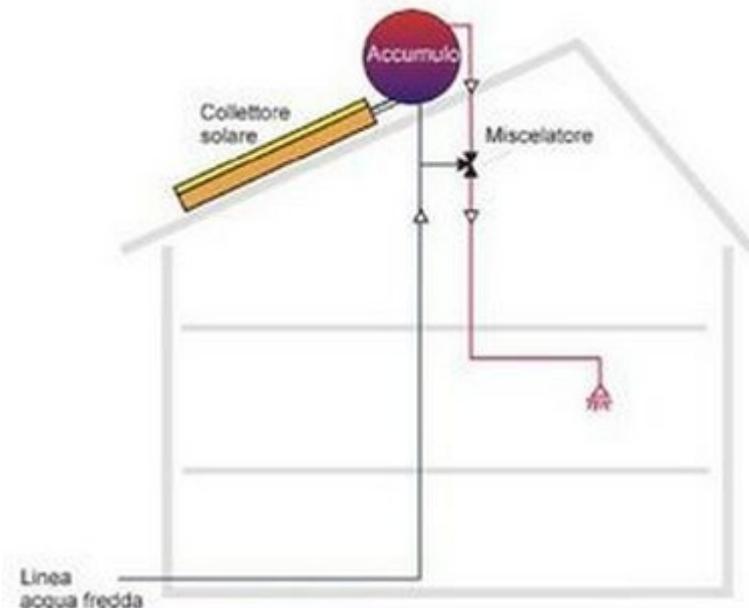


- |                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| A Collettore solare      | E Valvola miscelatrice  |
| B Serbatoio d'accumulo   | F Caldaia istantanea    |
| C Sensore di temperatura | G Utenza                |
| D Valvola deviatrice     | H Ingresso acqua fredda |

## Circolazione naturale senza caldaia istantanea

Non c'è alcun collegamento tra il sistema solare e una caldaia istantanea di supporto. In questo caso il **serbatoio solare** è collegato direttamente all'impianto di distribuzione dell'acqua.

E' comunque consigliato dotare il serbatoio di accumulo di una resistenza elettrica (circa 1,5 kW per 200 litri di accumulo), per contribuire a riscaldare l'acqua in caso di sovrautilizzo e di insolazione scarsa o assente. La resistenza si aziona quando l'acqua nel serbatoio non è alla temperatura richiesta dall'utenza. Anche in questo caso è presente una **valvola miscelatrice**, che provvede ad abbassare la temperatura dell'acqua se questa è troppo calda.



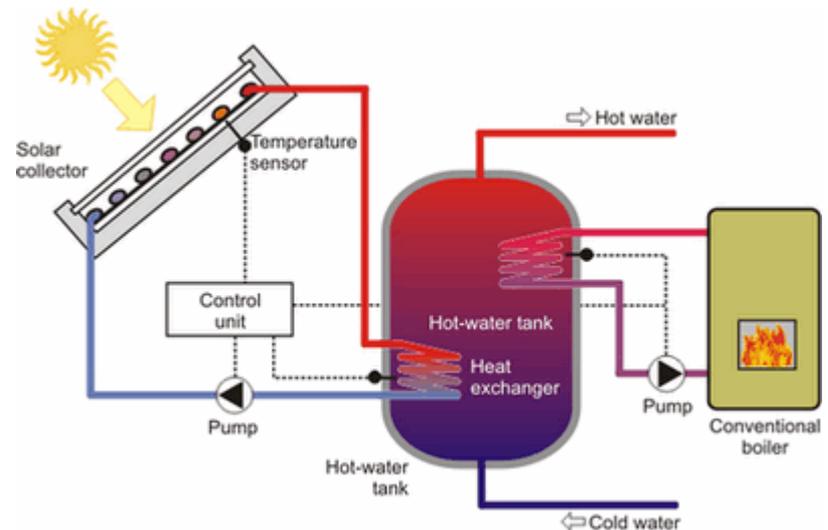
## Circolazione forzata

Un impianto a circolazione forzata è formato da una serie di collettori solari, connessi attraverso un circuito ad un serbatoio localizzato nell'edificio. All'interno del circuito solare si trova acqua o un miscela di acqua e antigelo. La pompa di circolazione del circuito solare è attivata da un regolatore differenziale di temperatura quando la temperatura all'interno del collettore è superiore alla temperatura di riferimento impostata nel serbatoio di accumulo. Il calore viene quindi trasportato al serbatoio di accumulo e ceduto all'acqua sanitaria mediante uno scambiatore di calore.

In estate l'impianto solare copre quasi tutto il fabbisogno di energia per il riscaldamento dell'acqua sanitaria, in inverno e nei giorni con scarsa insolazione serve per il preriscaldamento dell'acqua. La parte del serbatoio che contiene l'acqua calda a disposizione può essere riscaldata da uno scambiatore di calore collegato ad una caldaia a gas oppure mediante una serpentina elettrica. Il riscaldamento ausiliario viene comandato da un termostato.

E' presente una centralina termica di controllo, che controlla il flusso e regola l'attivazione e lo spegnimento della pompa di circolazione. La centralina è collegata a due sonde, che misurano la temperatura del fluido presso i pannelli e presso il serbatoio.

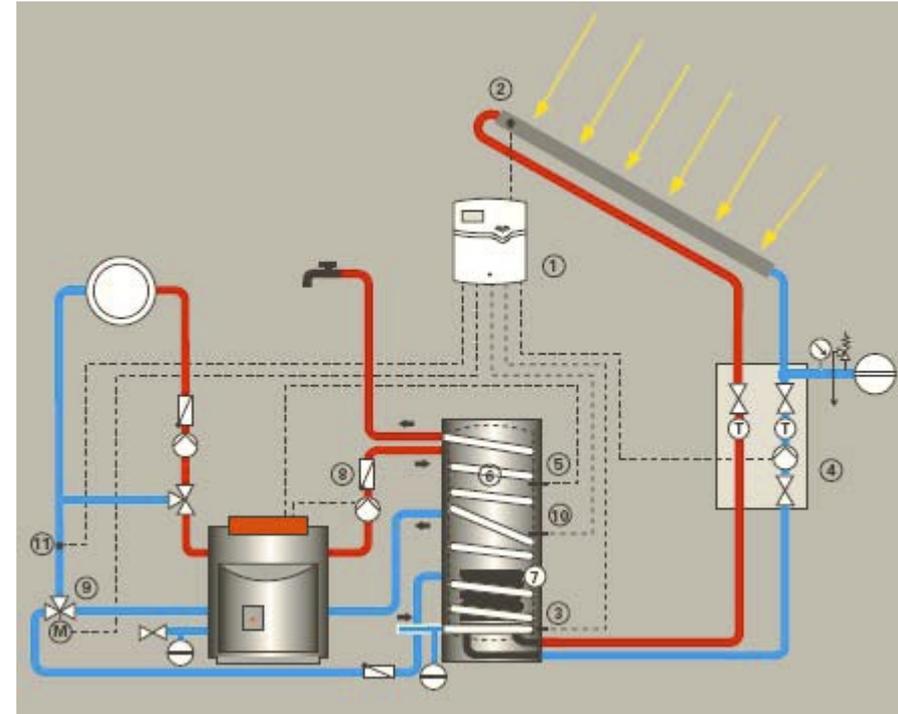
Se la differenza tra le due temperature supera una certa soglia impostata (di solito 10 °C), si attiva la pompa di circolazione, che provvede a far circolare il fluido termovettore, che riscalda l'acqua del serbatoio.





## Impianti combinati per la produzione di acqua calda sanitaria e riscaldamento ambienti

L'acqua fredda entra nel bollitore solare (6) e si riscalda grazie allo scambio termico con il circuito solare che circola nella serpentina in basso (7) del bollitore. Questo circuito solare è costituito da un gruppo di circolazione (4) che regola il flusso e le temperature della miscela che passa attraverso i collettori solari (2). Una centralina solare (1) aziona la pompa di circolazione verso i collettori quando è presente la radiazione solare e regola il flusso mediante sonde di temperatura (3, 4 e 10) posizionate a vari livelli nel bollitore solare. Qualora la temperatura dell'acqua nel bollitore, misurata dalla sonda (5) non raggiungesse quella impostata, si attiva la pompa di circolazione (8) che permette di portare l'acqua tiepida alla caldaia ad integrazione per essere riscaldata fino a circa 55°C e riversata nuovamente nel bollitore solare pronta all'utilizzazione. Quando viene attivato il riscaldamento ambiente invernale, la caldaia richiama acqua tiepida dal bollitore solare e la immette nel circuito del riscaldamento dopo averla portata alla temperatura di 80°C. L'acqua tiepida a 55°C che ritorna dal circuito del riscaldamento può essere riversata nel bollitore solare oppure nuovamente dalla caldaia azionando la regolazione (M) della valvola termostatica a tre vie (9). Occorre impostare la temperatura (11) nella centralina





il cambiamento è alla luce  
del sole



# EOLICO

## Introduzione

L'energia elettrica prodotta da fonte eolica si genera mediante macchine, ovvero aerogeneratori, che convertono l'energia del vento prima in energia meccanica e poi in elettrica, in modo analogo a qualunque altra turbina.

S'intende per sistema eolico un insieme di componenti – fluidi, meccanici ed elettrici – integrati che hanno la funzione di convertire l'energia del vento in altra forma direttamente utilizzabile (elettrica, meccanica, idraulica);

I progressi nel disegno delle turbine eoliche degli ultimi anni hanno permesso a queste di operare anche a velocità del vento molto basse, imbrigliando quindi una quantità maggiore di energia e aumentando la quantità di energia eolica sfruttabile. Anche i costi sono scesi, e ora possono considerarsi più vantaggiosi che in passato.

Leader mondiale nella produzione percentuale d'energia eolica rispetto alla totalità di energia utilizzata è la Danimarca, con il 20%, mentre in termini di capacità generativa assoluta, la Germania conduce la graduatoria seguita dalla Spagna. Il mondo dell'energia eolica sta vivendo, oramai da alcuni anni, una primavera rigogliosa in tutto il mondo affermandosi come fonte energetica alternativa anche in Italia.

## Il vento

L'origine del vento è da attribuire all'azione esercitata dal Sole sulla Terra. Quando, infatti, per effetto delle radiazioni, una zona si riscalda più delle aree circostanti, l'aria ad essa sovrastante si espande, diviene più leggera e la pressione localmente diminuisce; dalle zone vicine allora convergono masse d'aria più fredde spinte dalla differenza di pressione. È questo moto di trasferimento che costituisce appunto il vento.

L'intensità del vento dipende dalle caratteristiche orografiche del terreno. In particolare un elemento fondamentale è la rugosità del suolo: in pianura o al mare il vento spira con intensità maggiore che in campagna o nelle periferie delle città, a loro volta luoghi più ventilati dei grandi centri cittadini. L'intensità del vento è anche funzione dell'altezza dal suolo: più ci si alza e maggiore è la velocità del vento.

Una macchina eolica è capace di produrre un certo quantitativo di energia, in base alla quantità di vento che la stessa riesce a sfruttare.

E' dimostrato (A. Betz) che solo una parte, e precisamente il 59,3%, della potenza posseduta dal vento può essere teoricamente assorbita dal sistema eolico. Il perché è facilmente intuibile: per cedere tutta la sua energia il vento dovrebbe ridurre a zero la sua velocità immediatamente alle spalle del rotore, con l'assurdo di una massa in movimento prima e di una massa d'aria perfettamente immobile immediatamente dopo. In realtà il vento, passando attraverso il rotore, subisce un rallentamento e cede parte della sua energia cinetica.

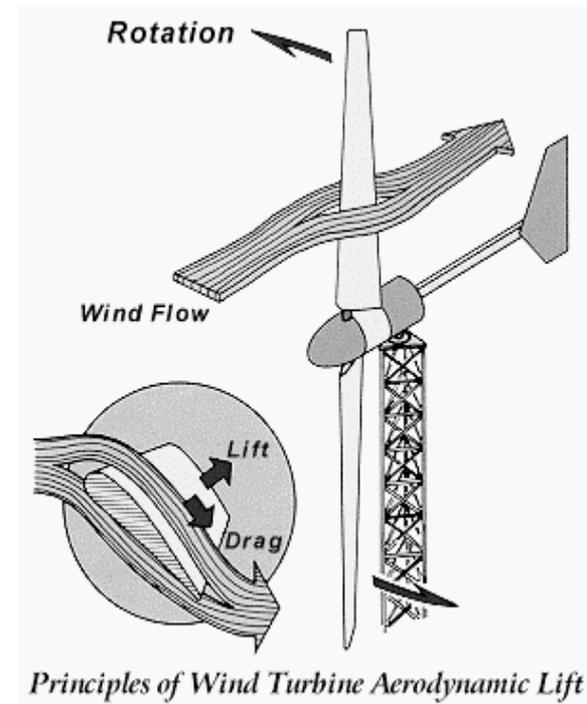
Importante è la disponibilità della fonte eolica e quella della stessa macchina. Siti interessanti garantiscono intorno a 100 giorni di vento/anno (circa 2400 h/anno). In Italia, in base ai dati anemometrici forniti dalle postazioni dell'aeronautica militare e studi condotti dal CNR in collaborazione con l'ENEL, è stata calcolata una potenzialità eolica capace di fornire annualmente più di un milione di GWh, cifra più elevata dei consumi elettrici nazionali.

## Principio di funzionamento - asse orizzontale

Il vento passa su entrambe le facce della pala, più velocemente sul lato superiore, creando un'area di bassa pressione. Questa differenza di pressione tra le due superfici ha come risultato una forza chiamata portanza aerodinamica (lift).

La portanza sull'ala di un aereo lo fa alzare da terra; in un aerogeneratore, poiché le pale sono vincolate a muoversi su di un piano, causa la rotazione intorno al mozzo. Contemporaneamente si genera una forza di trascinamento (drag), perpendicolare alla portanza che si oppone al moto.

Il primo obiettivo nel progetto di una turbina eolica è quello di avere un alto rapporto portanza-trascinamento.



Il principio di funzionamento di un generatore eolico si basa sulla trasformazione dell'energia cinetica del vento in energia elettrica; la presenza di sistemi di regolazione e controllo assicura la massima produzione elettrica e la protezione della turbina in caso di vento eccessivo.

Al di là delle particolarità che differenziano alcune macchine eoliche rispetto ad altre, in linea generale tutti gli aerogeneratori ad asse orizzontale (micro, mini e grandi) condividono i medesimi principi di funzionamento.

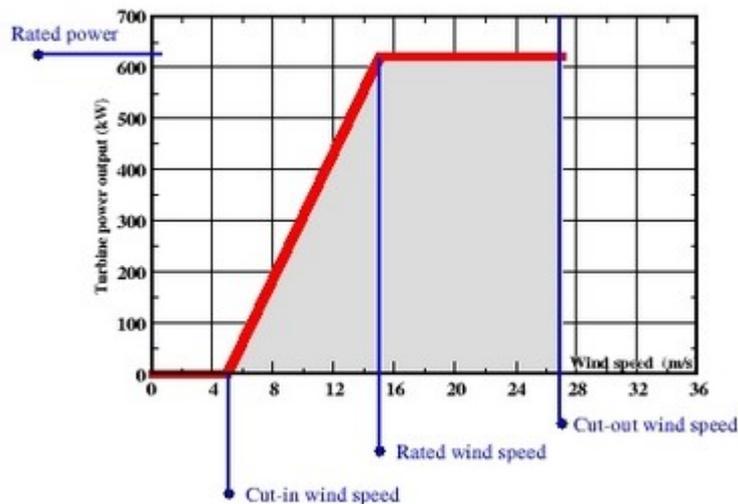
Le pale iniziano a muoversi quando il vento raggiunge la velocità minima di avvio (*cut-in wind speed*). Le soglie di avvio sono variabili in funzione della taglia del generatore: di solito per l'avvio di aerogeneratori di piccolissima taglia sono sufficienti velocità del vento molto basse, anche soltanto di 2-3 metri al secondo.

Il rotore è collegato ad un albero di trasmissione, che ruota all'interno di una struttura detta navicella. Grazie ad un generatore elettrico l'energia rotazionale, cioè meccanica, dell'albero di trasmissione si trasforma in energia elettrica. L'elettricità prodotta viene convogliata nei cavi che corrono all'interno della torre e che provvedono a distribuirla all'utenza o alla rete elettrica.

## La curva di potenza

Ogni turbina ha una propria caratteristica curva di potenza. La curva di potenza di una macchina eolica mostra il rapporto tra la velocità del vento e la potenza elettrica istantanea erogata dal generatore.

Idealized power curve for a wind turbine (example)

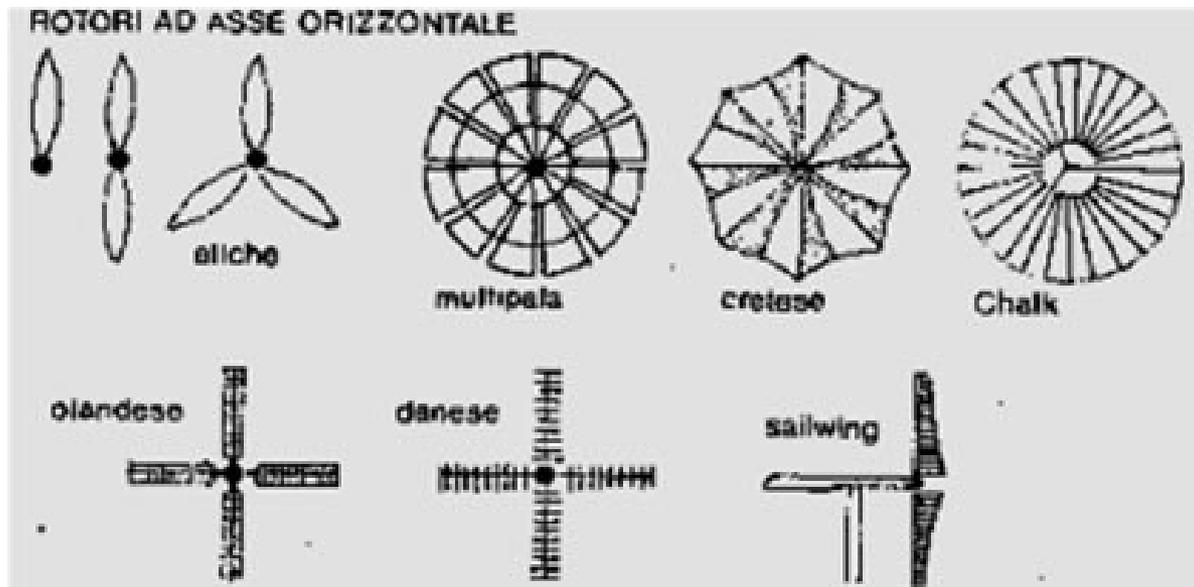


Il grafico riporta il comportamento di una turbina eolica al variare della velocità del vento. Nell'asse delle ordinate è indicata la potenza elettrica erogata, mentre l'asse delle ascisse riporta le diverse velocità del vento. La soglia minima (cut-in wind speed) di velocità del vento richiesta per l'avvio della turbina è in questo caso di 5 m/s. La velocità nominale (rated wind speed), cioè la velocità del vento nella quale la macchina raggiunge la potenza nominale di targa, è pari a 15 m/s. La potenza erogata rimane costante sul valore nominale fino al raggiungimento della soglia massima (cut-out wind speed) di velocità del vento, che nel caso di questa turbina è localizzata in 27 m/s. Oltrepassata la soglia massima tollerata, l'aerogeneratore si mette in sicurezza e interrompe la produzione di elettricità, per evitare il rischio di danneggiamenti.

## Turbine ad asse orizzontale

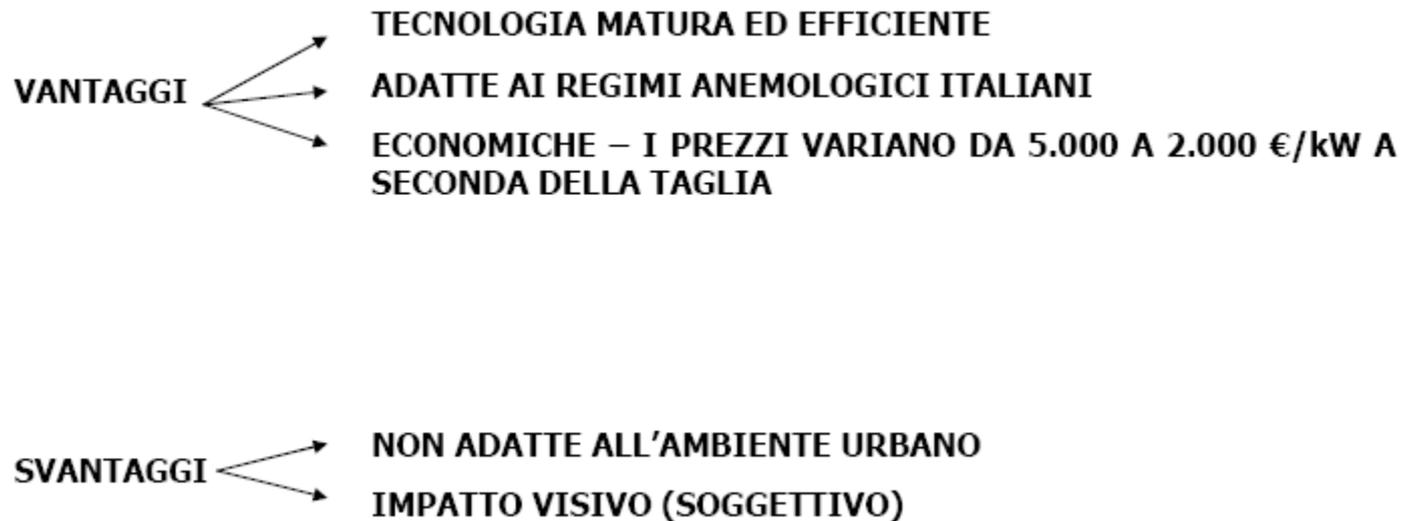
Esistono diverse configurazioni di turbine ad asse orizzontale: monopala, bipala, tripala, multipala. Escludendo il monopala e il multipala che hanno applicazioni particolari, il mercato si è concentrato sul bipala e tripala, orientandosi prevalentemente su questa ultima configurazione caratterizzata da coppia motrice più uniforme, energia prodotta leggermente superiore, nonché, a detta di molti, minore disturbo visivo, in virtù di una configurazione più simmetrica e di una minore velocità di rotazione.





principali tipologie di rotori ad asse orizzontale

## Turbine ad asse orizzontale



## Turbine ad asse verticale

Il rotore gira con un asse perpendicolare alla direzione del vento, mentre le pale si muovono nella stessa direzione. Le turbine ad asse verticale sono, alle attuali conoscenze, le più antiche concepite dall'uomo. Si utilizzavano in Mesopotamia. Tipici esempi sono i rotori Savonius.

La caratteristica di queste macchine è la loro bassa velocità di rotazione, il momento motore elevato e il modesto rendimento. Sono adatti per utilizzazioni meccaniche come le pompe per l'acqua. In effetti il loro uso è ormai limitato ad ambienti rurali. Hanno il notevole vantaggio di non doversi orientare secondo la direzione del vento nonché buona resistenza anche alle alte velocità dei venti e alla loro turbolenza.



## Turbine ad asse verticale

**VANTAGGI**

- ADATTE ALL'AMBIENTE URBANO
- NON RUMOROSE (EMISSIONI PARI A 0 dB A 1 m DI DISTANZA)

**SVANTAGGI**

- NON ANCORA ADATTE AI REGIMI ANEMOLOGICI ITALIANI
- NON ANCORA ECONOMICHE – I PREZZI SONO SUPERIORI A 5.000 €/kW E POSSONO RAGGIUNGERE I 15/20.000 €/kW

## **Come si conduce una campagna anemometrica** (per potenze superiori a qualche kW)

### **Durata**

La ricorrenza del vento è più stabile rispetto ad altri fenomeni atmosferici quali le precipitazioni; tuttavia per grandi applicazioni è opportuno che la campagna anemometrica sia estesa anche fino a 3 anni. Nelle piccole applicazioni il periodo di osservazione può essere ridotto, ma comunque dovrebbe coprire almeno l'arco di un anno.

### **Come si conduce**

La rilevazione dei dati anemometrici dovrebbe essere effettuata tramite strumenti installati all'altezza a cui si intende posizionare l'aerogeneratore. Poiché l'intensità del vento varia molto al variare della quota dal suolo questa accortezza consente di rilevare l'effettiva potenzialità dell'aerogeneratore.

## Studio anemologico - torre anemometrica

Una torre anemometrica è essenzialmente composta da:

- un palo sorretto da dei tiranti che può raggiungere altezze diverse a seconda del tipo di impianto che si vuole realizzare (dai 10 metri per un micro eolico ai 60 metri e oltre per un impianto per grandi produzioni);
- coppie di sensori di velocità e banderuole posti a diverse altezze per misurare la variazione di intensità del vento al variare della distanza da terra e quindi ottimizzare l'altezza della torre per il sito in questione;
- sensore di temperatura in quanto alte temperature e ghiaccio possono danneggiare le turbine quindi si tende a bloccare l'impianto per valori estremi; un adeguato studio può permettere di capire le perdite derivanti da situazioni estreme prolungate per lo specifico sito;
- un sistema di acquisizione dati (un data logger) fornito di una batteria in grado di immagazzinare i dati su una memoria; eventualmente, un sistema di trasmissione dati basato su tecnologia GPRS, UMTS, GSM.

## Esempi di torre anemometrica



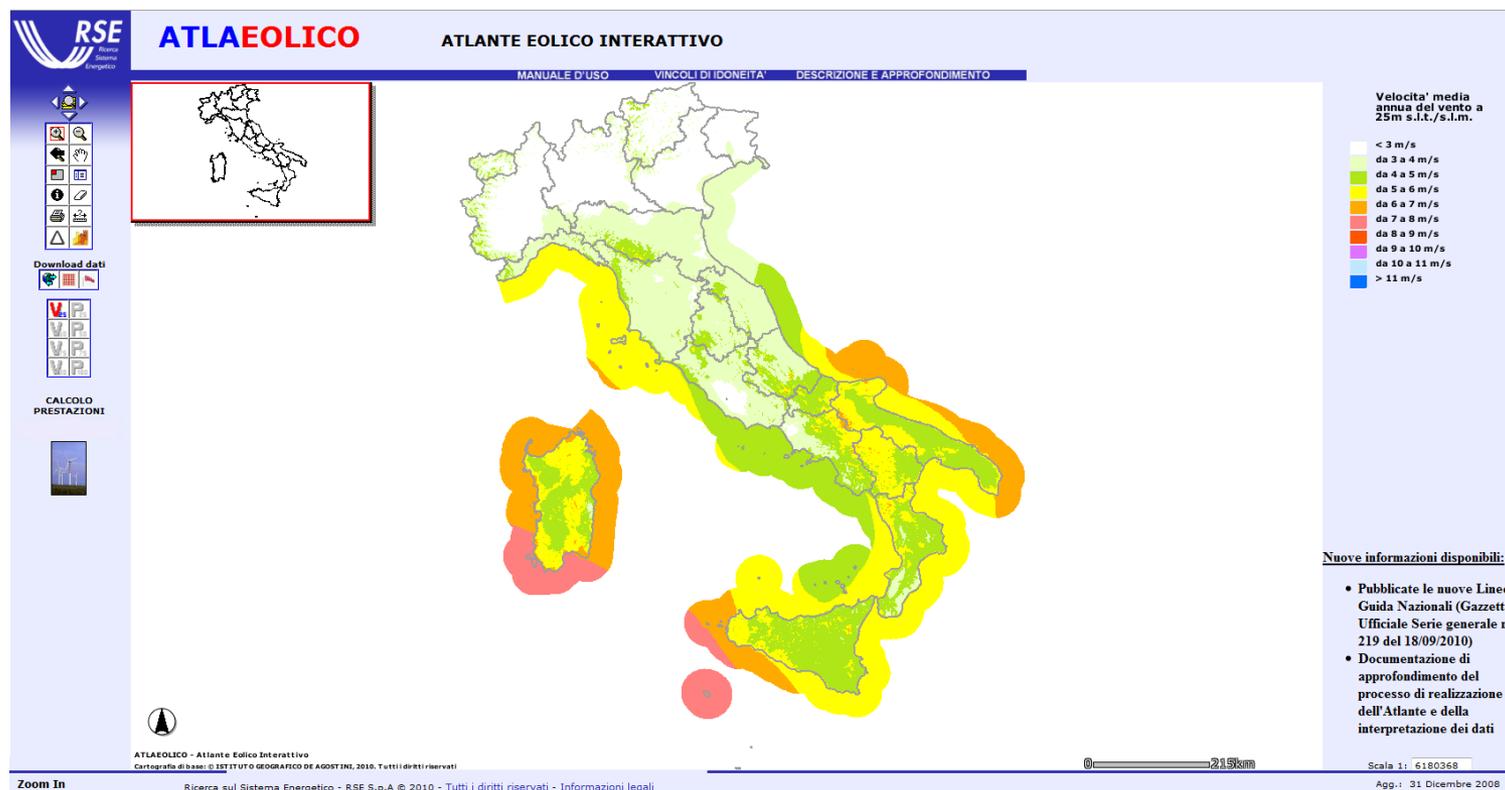
## Atlante eolico

L'Atlante Eolico Italiano interattivo, raggiungibile al sito internet <http://atlanteeolico.rse-web.it/viewer.htm> è un supporto on-line nato per fornire gli strumenti di analisi necessari alla ricerca e all'installazione degli impianti eolici e minieolici. La mappa del vento, affiancata ai dati sulla producibilità specifica, permette un'analisi dettagliata delle caratteristiche eoliche di un territorio, offrendo la possibilità di ottimizzare le scelte di collocamento dei nuovi impianti eolici. Il software offre la possibilità di focalizzare l'attenzione su ogni singolo comune e, per esso, calcolare sia la velocità media annua del vento, a diverse quote da terra, che la capacità di generare energia.

Sul territorio italiano, le aree più vantaggiose sono in Sardegna, nella Sicilia occidentale e sull'Appennino pugliese, calabro e campano. Al nord, invece, la velocità del vento non è molto alta, tranne in alcune zone di montagna.

Leggere la mappa è molto semplice grazie alla legenda cromatica definita a seconda dei valori medi del vento.

## Atlante eolico



## Classificazione macchine eoliche

Anche se non esiste una classificazione condivisa delle taglie dell'eolico, si possono individuare quattro grandi famiglie che rispecchiano anche quattro diversi campi di applicazione:

Micro eolico, di potenza fino a 20 kW, adatto per l'autoconsumo di piccole utenze isolate o connesse alla rete.

Mini eolico, di potenza compresa tra 20 kW e 200 kW, ideale per scambiare o vendere l'elettricità prodotta.

L'eolico di grande taglia o grande eolico, con turbine di potenza superiore ai 200 kW, si configura sempre più come una delle scelte strategiche per diversificare le fonti di approvvigionamento energetico del nostro paese.

L'eolico offshore, infine, consente di sfruttare in maniera ottimale i forti venti che spirano in mare aperto, grazie anche all'utilizzo di grandi generatori di potenza fino a 5 MW.



il cambiamento è alla luce  
del sole



# IDROELETTRICO

L'energia idroelettrica è l'energia elettrica ottenibile da una massa d'acqua sfruttando l'energia potenziale che essa cede con un salto o un percorso in discesa. La produzione idroelettrica copre attualmente il 19% della produzione mondiale di elettricità.

Impianti idroelettrici sono installabili ovunque esista un flusso d'acqua costante e sufficiente, nel rispetto di quello che è indicato come il minimo deflusso vitale, (indice della diminuzione massima nella portata di un corso d'acqua a valle dell'opera di presa) necessario per salvaguardare l'ecosistema. Il suo valore è calcolato intorno ai 2 litri/sec per km<sup>2</sup> di bacino utilizzato. L'installazione di una centralina idroelettrica è ovviamente successiva ad una fase di progettazione, i cui studi riguardano le caratteristiche geomorfologiche del sito, la valutazione della risorsa idrica e del suo potenziale, la scelta di turbine e generatori appropriati, oltre naturalmente, agli studi riguardanti l'aspetto economico e l'impatto ambientale.

## Tecnologie

Una prima divisione sommaria può essere operata fra gli impianti che utilizzano una caduta d'acqua attraverso un dislivello e quelli che sfruttano la velocità delle correnti. Nel primo caso la potenza del sistema dipende da due termini: il salto e la portata.

Nel secondo caso la potenza è determinata in base alla velocità stessa dell'acqua e dalla superficie attiva della turbina.

La classificazione degli impianti avviene, convenzionalmente, in base alla potenza installata.

- I. Grandi impianti  $P > 10000$  kW
- II. Piccoli impianti  $1000 < P < 10000$  kW
- III. Mini impianti  $100 < P < 1000$  kW
- IV. Micro-impianti  $P < 100$  kW

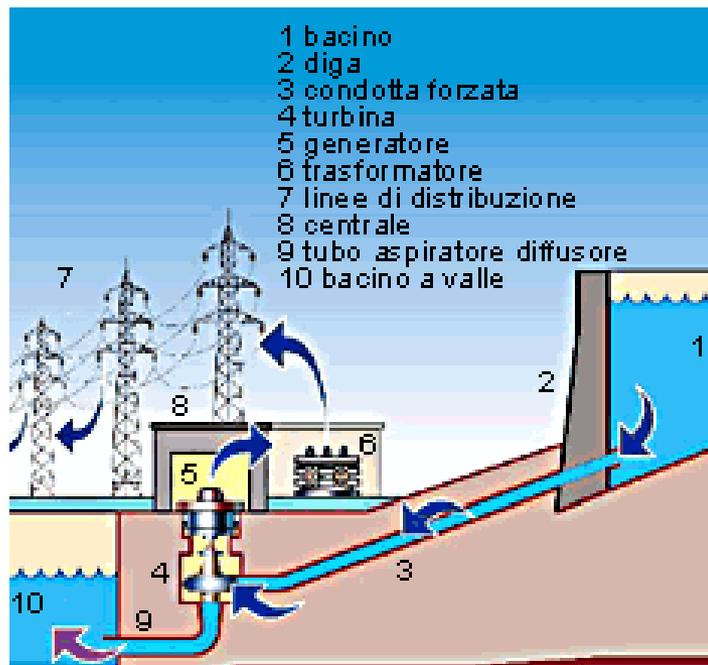
Un'ulteriore distinzione tra le centrali idroelettriche è stilata in base alla diversa tipologia:

- A. ad acqua fluente
- B. a bacino (a deflusso regolato)
- C. ad accumulo a mezzo pompaggio
- D. in condotta idrica



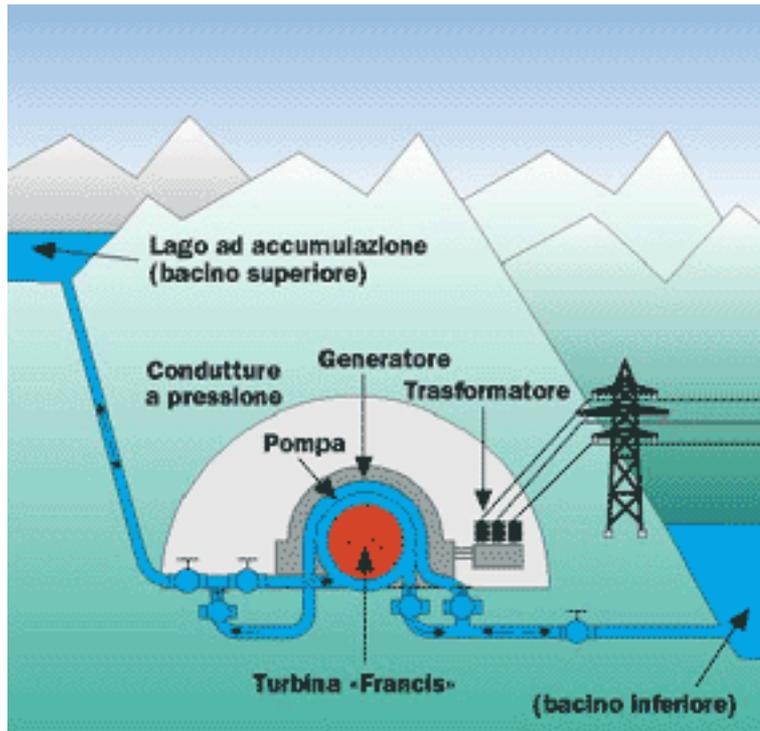
Le centrali del tipo A (ad acqua fluente) sono posizionate sui corsi d'acqua. Questo tipo di impianti era molto più usato all'inizio del secolo scorso, soprattutto per azionare macchine utensili in piccoli laboratori; non dispongono di alcuna capacità di regolazione degli afflussi, per cui la portata sfruttata coincide con quella disponibile nel corso d'acqua (a meno di una quota detta deflusso minimo vitale, necessaria per salvaguardare l'ecosistema); quindi la turbina produce con modi e tempi totalmente dipendenti dalla disponibilità del corso d'acqua.





Le centrali di tipo B (a bacino) sfruttano l'acqua raccolta nei bacini naturali o artificiali. Sono ad oggi gli impianti idroelettrici più potenti e più sfruttati; hanno però un notevole impatto ambientale. Sono in grado di regolare gli afflussi e, data la loro facilità di arresto-avvio nel giro di pochi minuti, possono essere utilizzate come accumulatori di energia per coprire il carico durante il periodo di maggiore richiesta di potenza. In genere le centrali sono superiori ai 10 MW di potenza ed arrivano a potenze enormi

come ad esempio nell'impianto di Itaipu in Brasile che ha un bacino con un'estensione di 1460 Km<sup>2</sup> (4 volte il lago di Garda) ed una potenza di circa 13.000 MW. In Cina sono in via di completamento i lavori per la centrale delle Tre Gole, sul fiume Yang-Tze, che una volta ultimati renderanno disponibile una potenza di oltre 17.000 MW.



Gli impianti di tipo C (accumulo a mezzo pompaggio) possiedono un serbatoio di accumulo superiore, detto bacino di svaso, ed uno inferiore o bacino di invaso. Nelle ore di basso consumo, in cui le tariffe energetiche sono più economiche (ore notturne), l'acqua viene sollevata dal serbatoio inferiore a quello superiore tramite una pompa, per poi essere riutilizzata in una turbina per la produzione d'energia elettrica nelle ore di maggior richiesta. La validità di questo tipo di centrali risiede proprio nella differenza del valore commerciale dell'elettricità adoperata nel pompaggio

(basse tariffe notturne) e quella prodotta dall'impianto (alte tariffe diurne) quando aumenta la domanda. In questo modo l'uso dell'energia elettrica per il pompaggio è restituita quasi totalmente con un valore maggiore.

La diffusione di un gran numero di questi impianti, anche se di dimensioni medie e piccole, permetterebbe da un lato una maggiore ritenzione di acqua nel territorio, cosa sempre utile, e da un altro lato la possibilità di attenuare i fenomeni alluvionali.

Nel caso di abbondanti piogge i serbatoi sarebbero riempiti senza la necessità di pompare acqua da valle a monte, con un guadagno netto di energia elettrica.

Gli impianti idroelettrici a serbatoio o ad accumulo sono attualmente il miglior sistema di accumulo di energia; se tali sistemi fossero adottati in un numero maggiore ciò favorirebbe anche la diminuzione del numero di centrali termoelettriche, oggi necessarie per soddisfare i fabbisogni di punta.



L'acqua potabile arriva alle città dopo essere stata raccolta a quote rilevanti, come nel caso della città di Genova.

I sistemi di tipo D (in condotta idrica) costituiscono una categoria recente e sono gli impianti inseriti in un canale o in una condotta per approvvigionamento idrico.

L'acqua potabile è approvvigionata ad una città adducendo l'acqua da un serbatoio di testa mediante una condotta in pressione. Solitamente in questo genere di impianti la dissipazione dell'energia all'estremo più basso della tubazione in prossimità dell'ingresso all'impianto di trattamento acque viene conseguito mediante l'uso di apposite valvole: un'alternativa interessante è quella di inserire una turbina che recuperi l'energia che altrimenti verrebbe dissipata. Si ha così un recupero energetico, che può essere effettuato anche in altri tipi di impianti: sistemi di canali di bonifica, circuiti di raffreddamento di condensatori, sistemi idrici vari.

La turbina idraulica è il componente più importante di un impianto idroelettrico. Ha il compito di convertire l'energia dell'acqua in energia meccanica; questa viene a sua volta trasformata in energia elettrica grazie alla presenza di un generatore.

La turbina idraulica è essenzialmente costituita da un organo fisso, il distributore e da uno mobile, la girante.

Il primo ha tre compiti essenziali: indirizza la portata in arrivo alla girante imprimendovi la direzione dovuta, regola la portata mediante organi di parzializzazione, provoca una trasformazione parziale o totale in energia cinetica dell'energia di pressione posseduta dalla portata. L'entità di questa trasformazione è l'elemento più importante per la classificazione delle turbine: quando la trasformazione da potenziale a cinetica avviene completamente nel distributore, si parla di turbine ad azione, altrimenti di turbine a reazione.

La girante infine trasforma l'energia potenziale e/o cinetica dell'acqua in energia meccanica resa sull'albero motore.

Dal punto di vista del principio di funzionamento, le piccole turbine non differiscono sostanzialmente da quelle utilizzate nei grandi impianti.

## Turbina Pelton

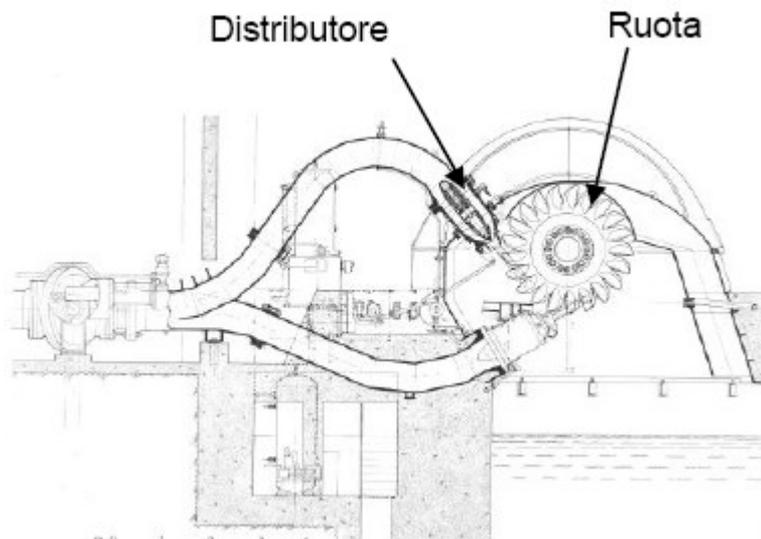
Si tratta di una turbina ad azione, utilizzata comunemente negli impianti con salti notevoli (dai 20 ai 200 metri), ma con portate d'acqua anche limitate (da 0,5 a 100 litri a secondo).

Disponibile in una vasta gamma di taglie e nelle versioni ad asse orizzontale e verticale, la turbina Pelton è caratterizzata da pale a doppio cucchiaio realizzate in acciaio

inox. Possiede un distributore a uno o più getti (fino a 6) e valvole di regolazione della portata. Essendo in grado di adattarsi anche a portate limitate, la Pelton è la turbina in assoluto più utilizzata nei micro e nei mini impianti idroelettrici. L'ottimo rendimento elettrico (attorno al 90%) si mantiene costante fino al 25% della portata nominale.



Le Pelton sono turbine ad azione nelle quali uno o più ugelli (una turbina ad asse verticale può avere fino a sei ugelli, con una o due giranti) trasformano totalmente la pressione dell'acqua in energia cinetica.



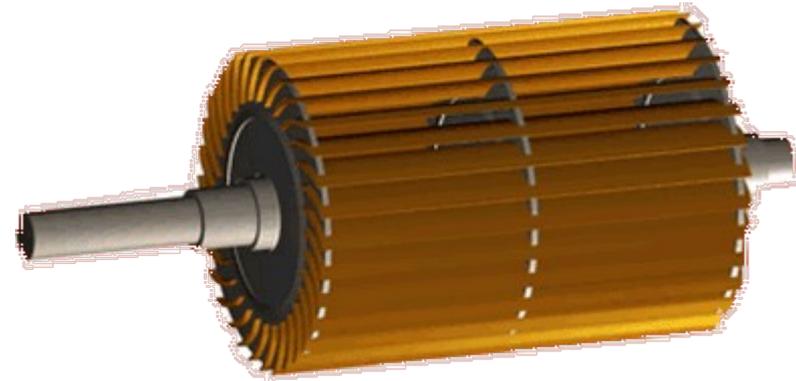
## Turbina Banki

Conosciuta anche come *Cross-Flow* o a flussi incrociati, è adatta per salti d'acqua che vanno dai 5 ai 100 metri e per portate da 20 a 1000 litri al secondo. Si tratta di una particolare turbina a due stadi: l'acqua viene prima indirizzata dal distributore verso la periferia esterna della ruota, imprimendo la rotazione. L'acqua transita poi attraverso la parte centrale della ruota, che è cava, e fornisce un'ulteriore spinta prima di finire nel canale di scarico.

La trasmissione del movimento del girante al generatore avviene grazie ad una cinghia dentata.

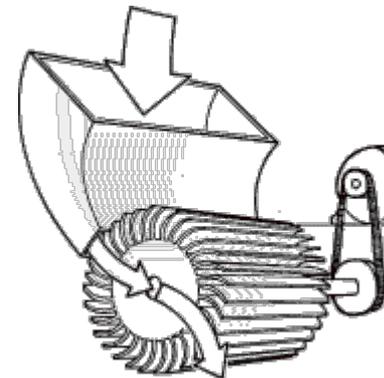
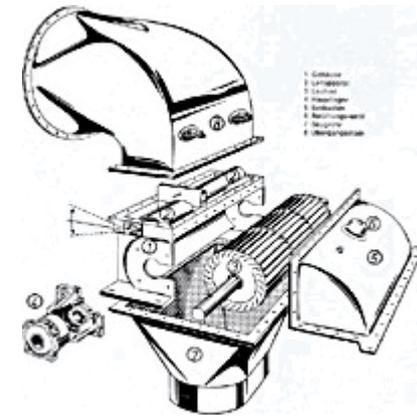
Particolarmente interessante è la possibilità di abbassare la portata (fino al 16% della nominale), mantenendo costante il rendimento elettrico, che si attesta attorno all'87%.

Grazie alla facilità costruttiva e di manutenzione, e alla possibilità di realizzarla in maniera artigianale, la Banki è particolarmente diffusa nei paesi in via di sviluppo.



L'acqua entra nella turbina attraverso un distributore e passa nel primo stadio della ruota, che funziona quasi completamente sommersa (con un piccolo grado di reazione).

Il flusso che abbandona il primo stadio cambia di direzione al centro della ruota e s'infiltra nel secondo stadio, totalmente ad azione. La ruota è costituita da due o più dischi paralleli, tra i quali si montano, vicino ai bordi, le pale, costituite da semplici lamiere piegate. Queste ruote si prestano alla costruzione artigianale nei paesi in via di sviluppo, anche se non raggiungono i rendimenti dei gruppi realizzati con tecnologie appropriate.



## Turbina Francis

La turbina Francis è classificabile come “miniturbina” (ma non “microturbina”), dal momento che è adatta per potenze di almeno 100 kW.

E' in grado di sfruttare salti d'acqua che vanno indicativamente da 10 a 350 metri.

Si tratta di una turbina a reazione, in cui cioè l'acqua che attraverso il distributore giunge alla girante, si trova in pressione e non viene a contatto con l'aria esterna. Prima dell'ingresso nel distributore, l'acqua transita attraverso una camera forzata, dalla forma a spirale, che uniforma la pressione dell'acqua.

E' caratterizzata da un'elevata velocità di rotazione, che è causa di problemi di attrito e di usura e comporta una certa complessità costruttiva.



Sono turbine a reazione a flusso radiale con distributore a pale regolabili e girante a pale fisse.

Nelle turbine Francis veloci, l'alimentazione è sempre radiale, mentre lo scarico dell'acqua è solitamente assiale; in queste turbine l'acqua si muove come in una

condotta in pressione: attraverso il distributore (organo fisso) perviene alla ruota (organo mobile) alla quale cede la sua energia, senza entrare in nessun momento in contatto con l'atmosfera.



Voluta  
Girante  
Palettature regolabili

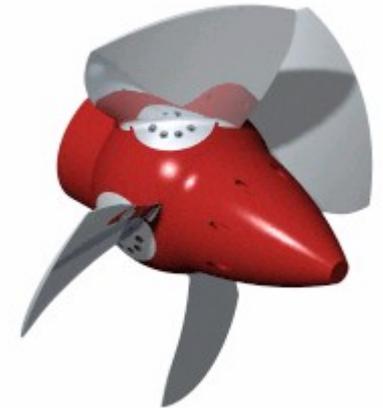
## Turbina Kaplan

Sono turbine a reazione in grado di sfruttare salti medio-bassi (2-40m) ma con portate elevate, adattandosi molto bene agli impianti ad acqua fluente. Di norma vengono utilizzate in impianti di potenza superiore ai 100 kW.

Dal punto di vista costruttivo, la girante possiede una caratteristica forma elicoidale, simile alle eliche delle navi, con pale regolabili a seconda della portata d'acqua.

In alcuni casi possono essere regolate sia le pale della girante che quelle del distributore: in questo caso si parla di Kaplan "a doppia regolazione". Altrimenti, quando sono orientabili soltanto le pale della girante, si parla di Kaplan "a regolazione semplice". La possibilità di orientare le pale consente di mantenere alti rendimenti (anche il 90%) , fino al 25% della portata nominale.

Esiste una variante semplificata della turbina Kaplan: si tratta della turbina "ad elica". Le turbine ad elica hanno la caratteristica di avere sia il distributore che le pale della ruota completamente fisse e non regolabili. Sono adatte per impianti caratterizzati da bassi salti e da portate d'acqua costanti.





In commercio esistono piccolissimi sistemi idroelettrici integrati, a partire da 0,2 kW di potenza, facilmente installabili in moltissime situazioni con salti e portate minime. Il vantaggio di questi piccolissimi sistemi è la non necessaria autorizzazione al prelievo delle acque e un inesistente impatto ambientale; naturalmente devono essere applicati con un minimo di buon senso per evitare comunque uno spreco di acqua potabile che rimane una fonte preziosa.



il cambiamento è alla luce  
del sole



A tutti noi la libertà di fare la scelta giusta:

- Per il risparmio energetico
- Per il comfort
- Per l'ambiente
- E il futuro dei nostri figli

il cambiamento è alla luce  
del sole



***Grazie per l'attenzione***

Ing Christian Speranza  
christian.speranza@avproject.it