



ENERGIA SOLARE 2.0

L'ENERGIA RINNOVABILE DEL SOLARE IBRIDO ED I POSSIBILI UTILIZZI NEL SETTORE AGRICOLO.

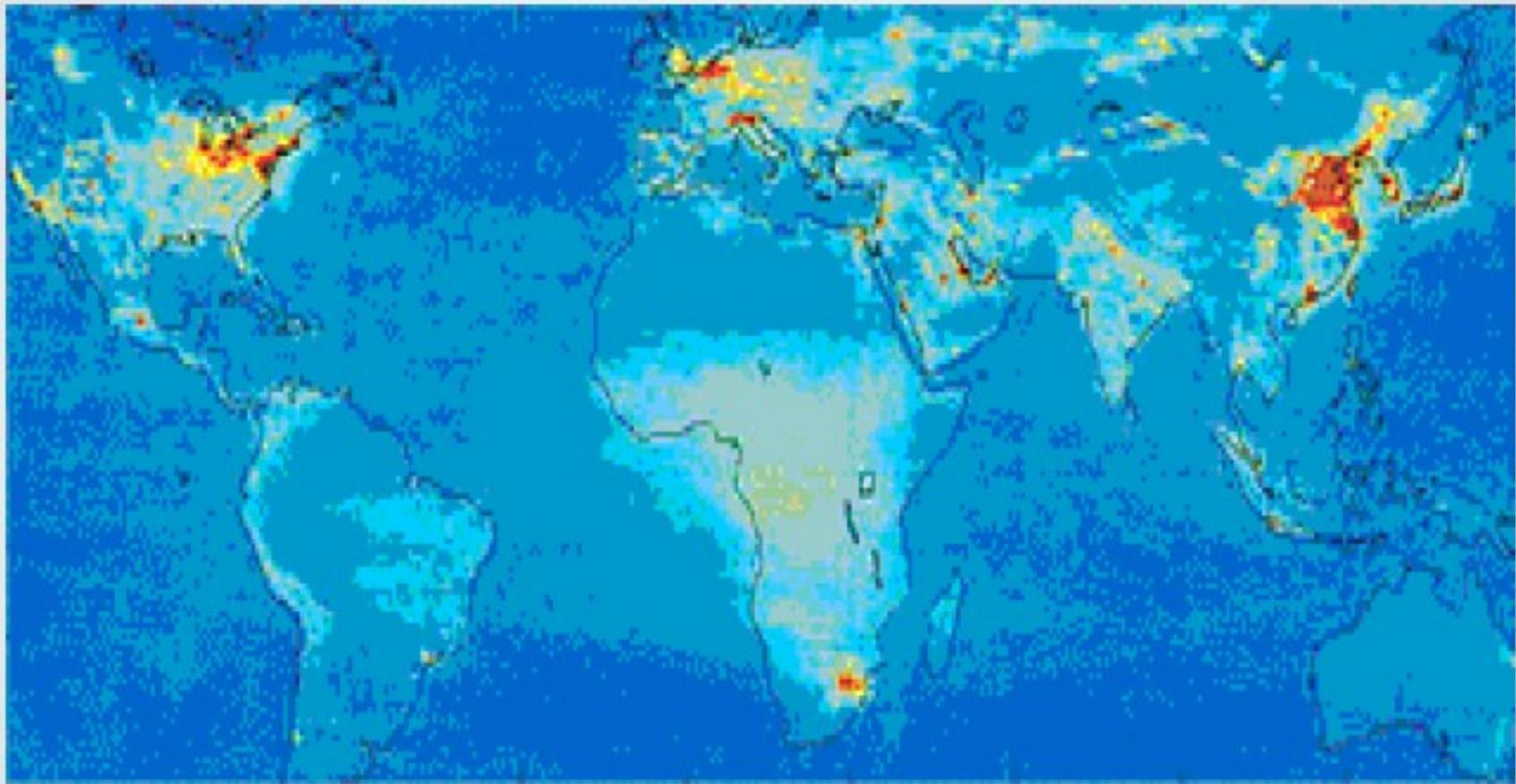
INTERVENIRE OGGI

Un Investimento Sicuro per il Domani
Piacenza 12 Ottobre 2016

INDICE INTEVENTO

- 1. Introduzione ai concetti di Energia Rinnovabile (Solare)**
- 2. Cenni Tecnici sulla Tecnologia Fotovoltaica e stato dell'arte**
- 3. Cenni Tecnici Sulla Tecnologia Solare Termico e stato dell'arte**
- 4. Tecnologia Solare Ibrida**
- 5. Abbinamento della tecnologia Solare Ibrida alle Pompe di Calore**
- 6. Come utilizzare la tecnologia ibrida nel comparto agricolo**

LIVELLO DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO DI NO_x

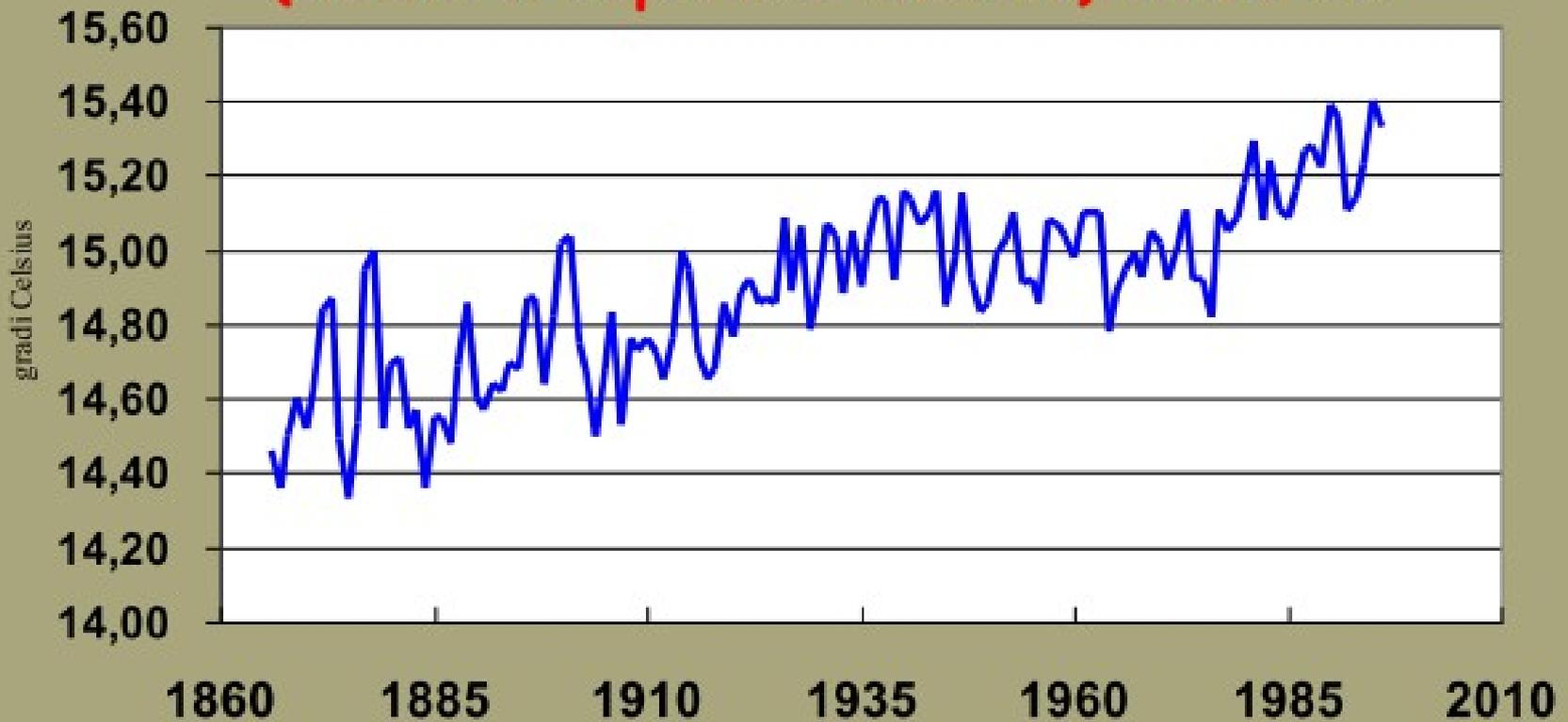


(Corriere della Sera, ottobre 2004)



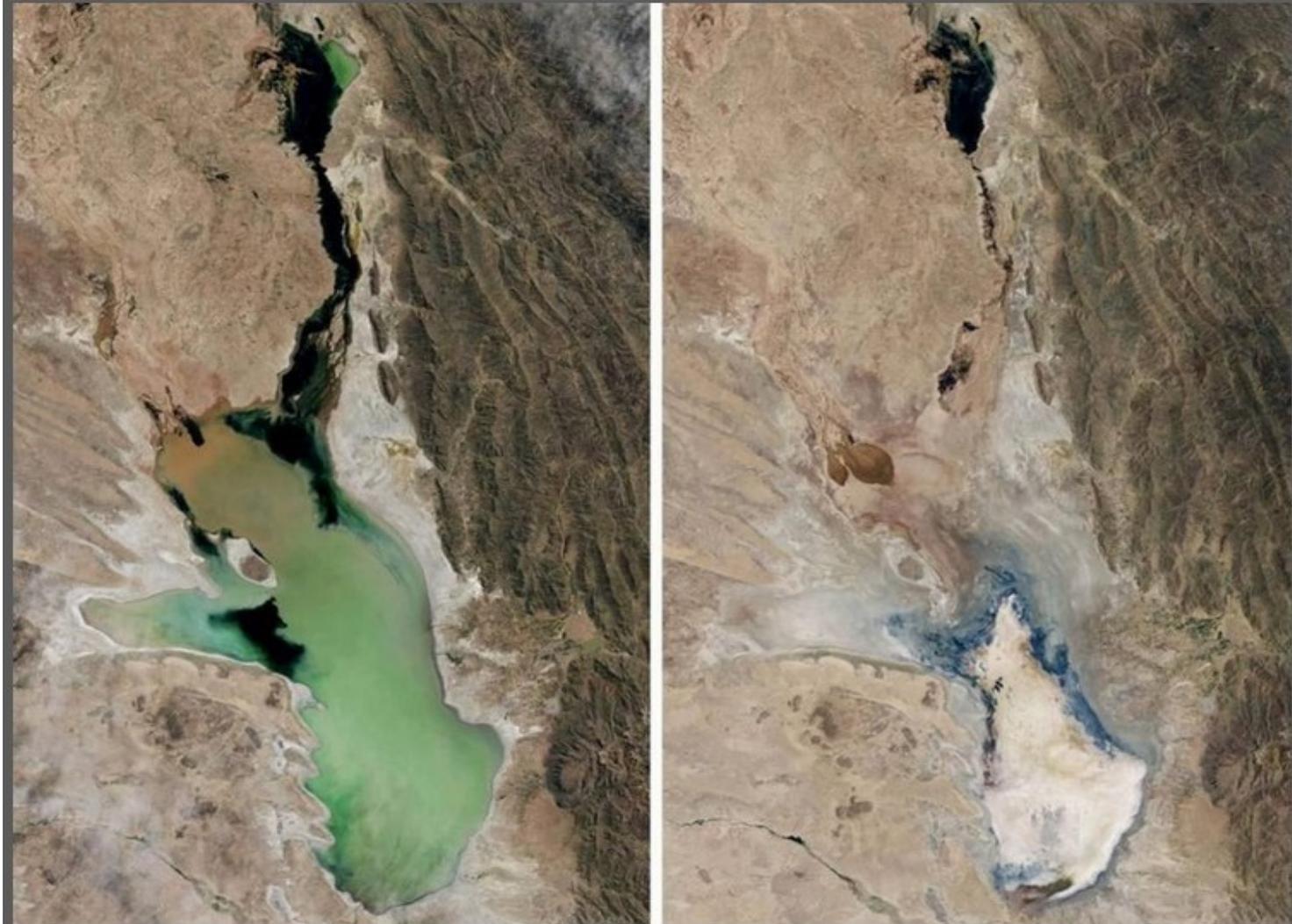
GLOBAL WARMING

**Temperatura media globale
(oceani e superfici emerse) 1866-96**



Fonte: Worldwatch Institute 1996

GLOBAL WARMING – DESERTIFICAZIONE DEL LAGO Poopò - BOLIVIA



Aprile 2013-gennaio 2016: le immagini satellitari della Nasa

GLOBAL WARMING – DESERTIFICAZIONE DEL LAGO Poopò - BOLIVIA



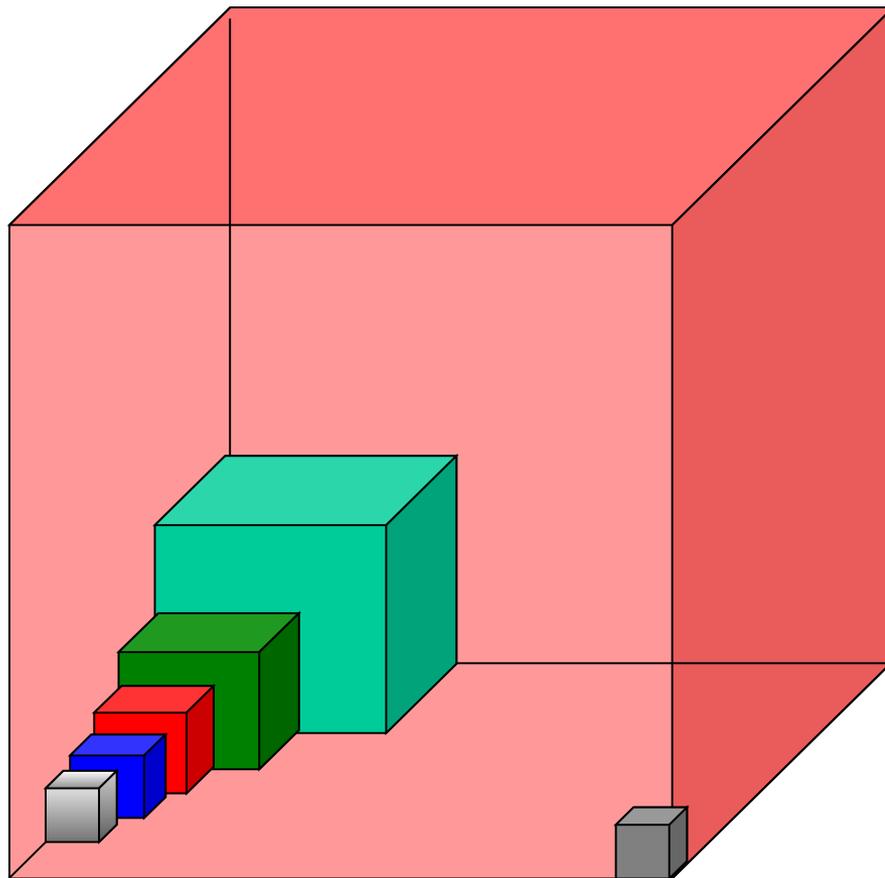
Le immagini documentano come il Lago Poopò, il secondo più grande della Bolivia dopo il Titicaca, sia quasi ridotto a un deserto.

Il mese scorso, il grande lago salato nella regione andina (a circa 3.700 metri sul livello del mare), è stato ufficialmente dichiarato «evaporato» dagli scienziati. Le cause? Ancora una volta i cambiamenti climatici, il fenomeno atmosferico **El Niño**, ma anche l'inquinamento minerario e l'uso delle acque degli affluenti per l'irrigazione delle terre dei Paesi confinanti.

La desertificazione ha inoltre provocato la scomparsa di circa un'ottantina di specie di uccelli. Centinaia sono poi le persone che sono state costrette ad abbandonare l'area per trasferirsi verso le città vicine; un totale di 3.250 persone hanno ricevuto aiuti umanitari dal governo

ENERGIA DAL SOLE

Con le attuali tecnologie di conversione
Abbiamo "potenzialmente" a disposizione
circa 9'000 volte l'energia necessaria al
nostro fabbisogno

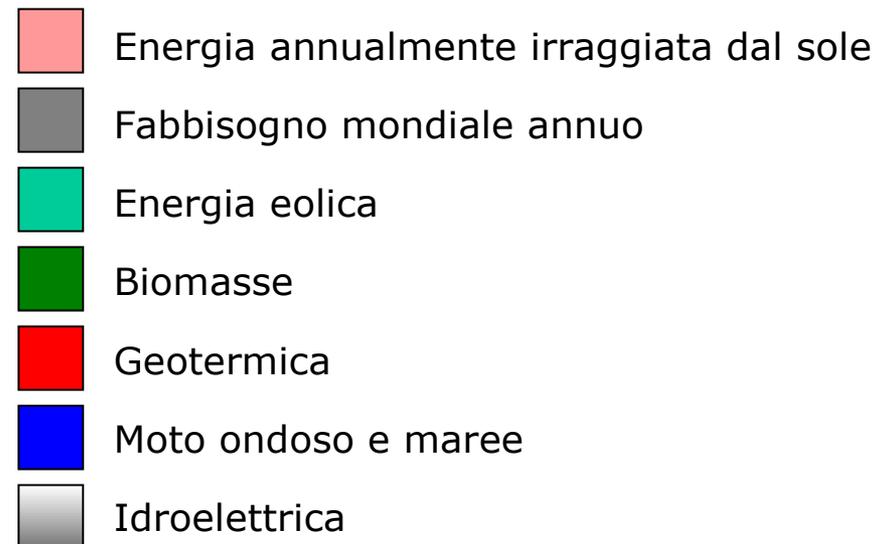


1TEP = 11'700kWh

Il sole è la fonte primaria di energia per tutte le attività umane e naturali.

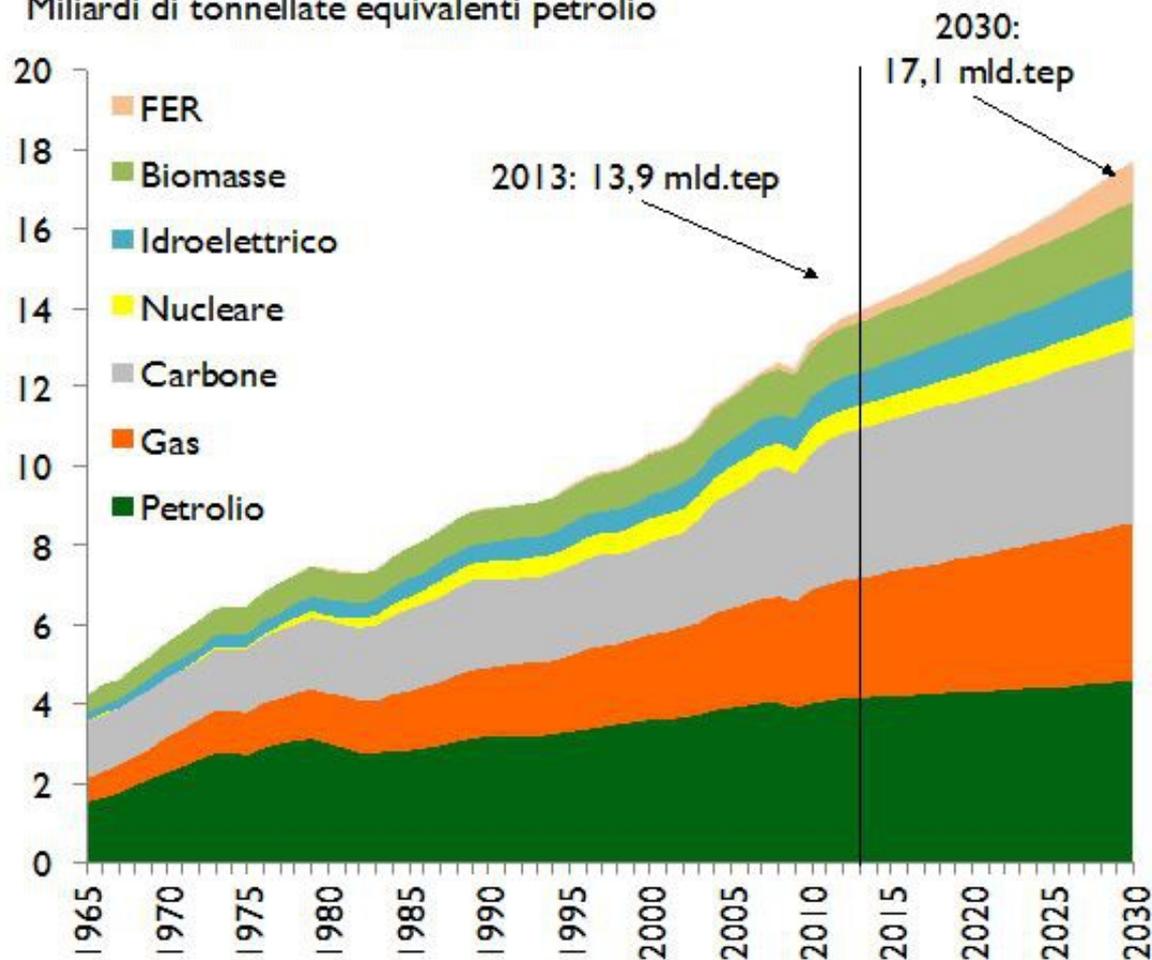
Il fabbisogno primario di energia delle intere attività umane (10 Miliardi di TEP) è circa 1/9'000 dell'energia irradiata dal sole.

La tecnologia fotovoltaica è l'unica in grado di convertire l'energia irradiata dal sole direttamente in energia facilmente utilizzabile (**energia elettrica**), con una efficienza di conversione che varia dal 7% al 20% dell'irraggiamento intercettato.



ENERGIA DAL SOLE

Consumi mondiali di energia
Miliardi di tonnellate equivalenti petrolio



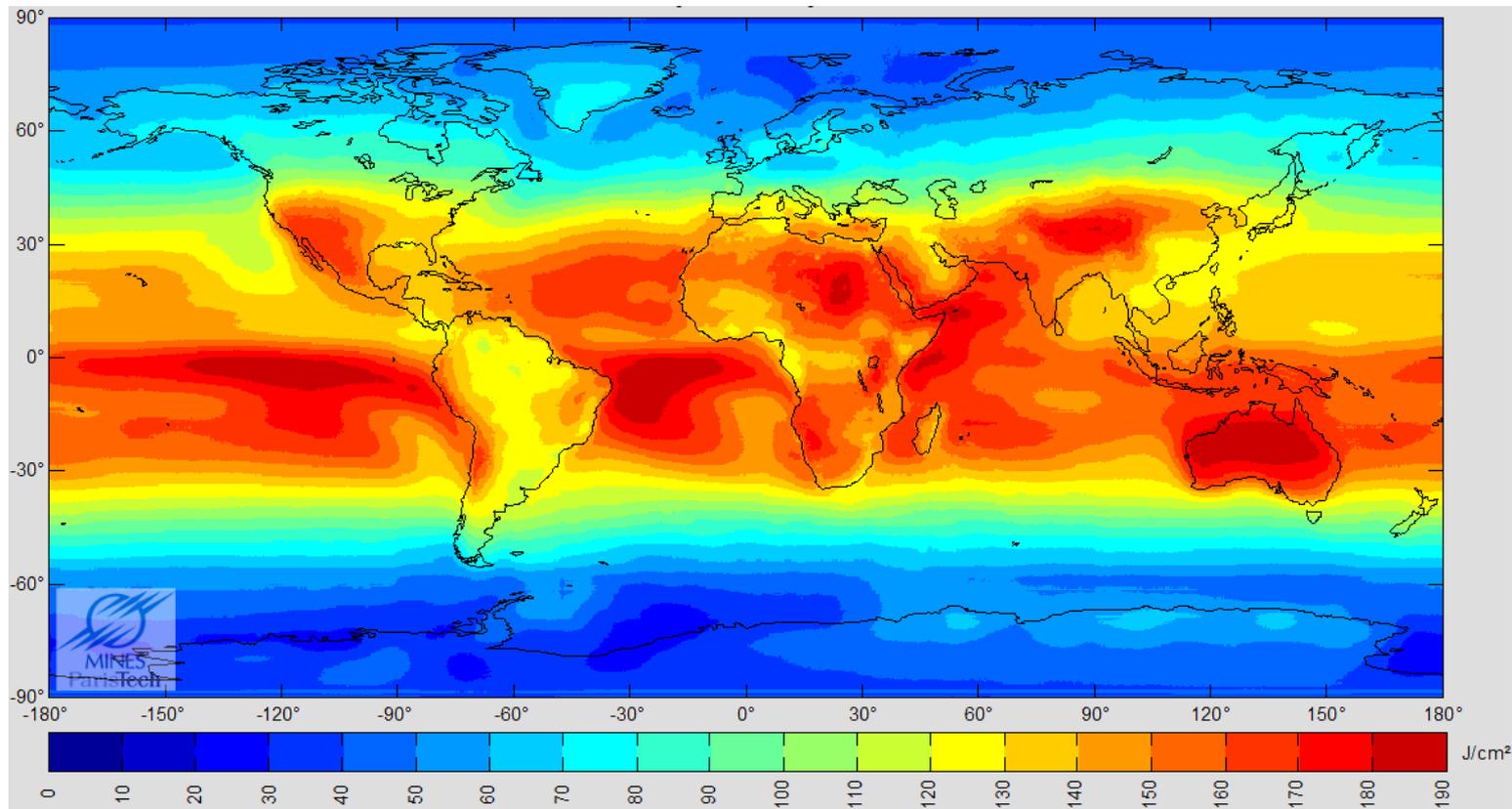
Nonostante questo serbatoio gratuito e rinnovabile, la situazione invece è ancora Molto pesantemente sbilanciata verso le fonti fossili!!

Questo grafico ci mostra come è praticamente impossibile diminuire le emissioni di gas serra se non si interviene nell'immediato ribaltando la tendenza in essere.

Petrolio, GAS e Carbone anche se crescono più lentamente delle fonti rinnovabili partono da un valore assoluto molto alto.

Mappa mondiale della radiazione solare

L'irraggiamento solare varia a seconda della località prescelta: i valori della radiazione totale media mensile sul piano orizzontale per ciascuna località sono ricavabili utilizzando tabelle derivanti dalle norme UNI 10349 o ENEA (94-99) o da particolari siti di organizzazioni internazionali (come il PVGIS).



Irraggiamento medio giornaliero in UV (280-400nm)
sul piano orizzontale (J/cm²): 1990-2004

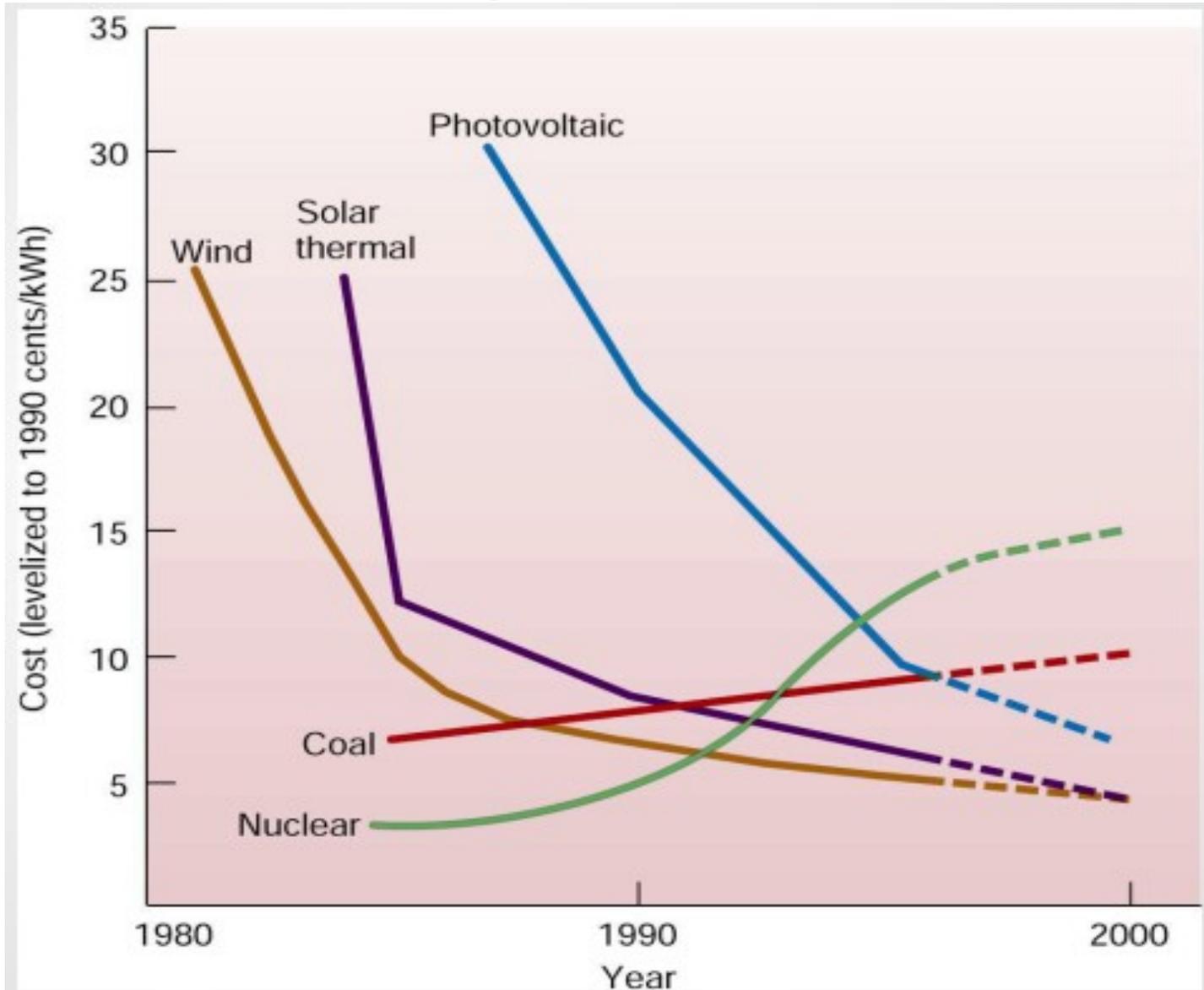
Quando l'estrazione delle fonti fossili finirà saremo pronti?

Consumo energetico mondiale

Annualmente vengono consumati nel mondo circa 10 miliardi di TEP (tonnellata equiv.petrolio = 11.700 kWh).

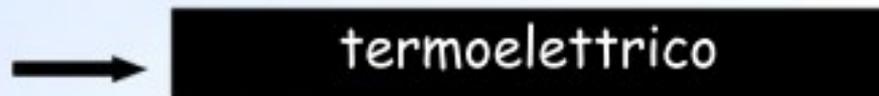
Percento delle diverse fonti		Riserve (anni)
Petrolio	36%	40
Carbone	26%	250
Gas naturale	24%	50
Idroelettrico	6%	∞
Nucleare	6%	400
Rinnovabili	2%	∞

Costo delle fonti energetiche



ENERGIA E SPAZIO

Superficie necessaria alla città di New York per produrre il **60%** del proprio fabbisogno elettrico



LA SOLUZIONE
UN MIX energetico sempre più orientato alle fonti rinnovabili ed all'efficienza energetica e l'uso razionale dell'energia



Le Tecnologie di sfruttamento dell'energia solare

Solare Termico



Termico

Principalmente adatto ad impianti domestici per la produzione di sola acqua calda.

Termodinamico

Grossi impianti e superfici, 500-1000 lt/anno x m2 di acqua di raffreddamento, controllo continuo (personale), usati in combinazione con altri sistemi di generazione.

Solare fotovoltaico



Film sottile

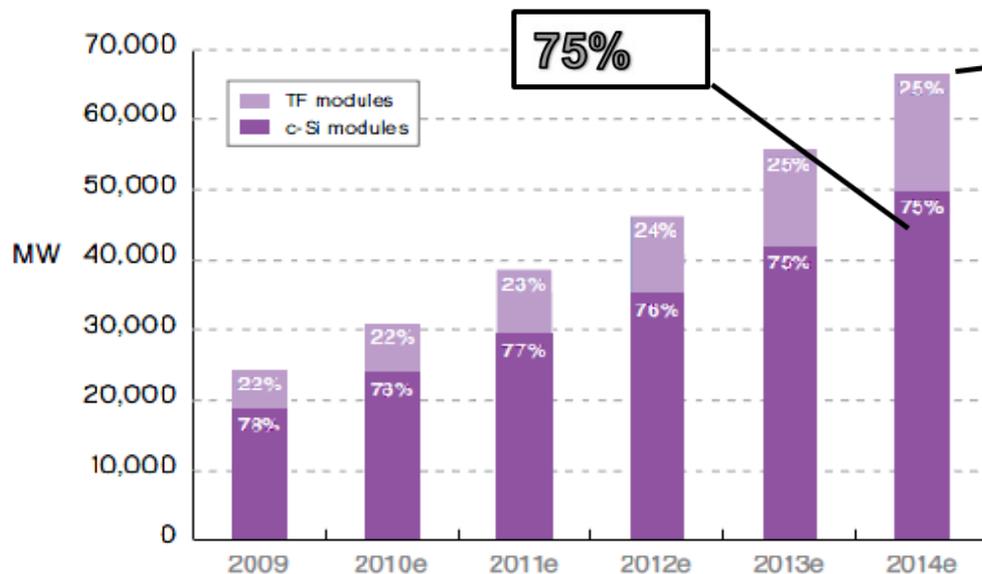
Varie tecnologie, efficienze massime 13/14%.

Silicio cristallino

Varie tecnologie, efficienze dal 13 al 20%

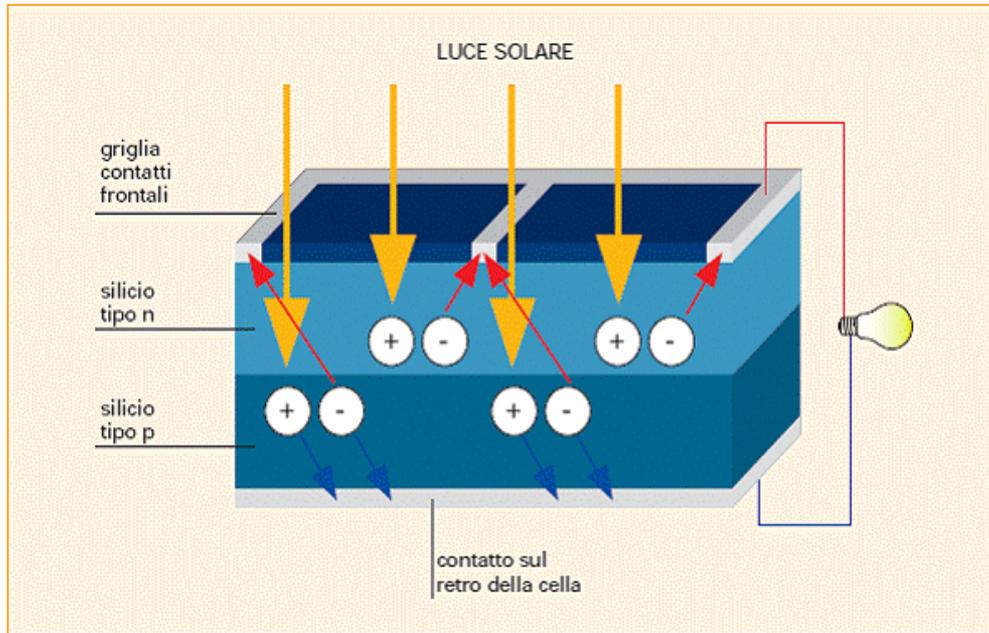
Attualmente lo stato dell'arte per i migliori moduli in silicio cristallino si aggira intorno al 20%

Attualmente lo stato dell'arte dei migliori moduli in **tecnologia film sottile senza uso di silicio (CIS,CIGS)** si attesta intorno al 14%



Capacità produttiva - Film sottili e silicio cristallino





Principio di funzionamento della Cella Solare

L'effetto fotovoltaico

Quando una **radiazione elettromagnetica** investe un materiale può cedere energia agli elettroni più esterni degli atomi e, se questa è sufficiente, gli elettroni risultano liberi di allontanarsi dall'atomo di origine creando una **lacuna**. Questo fenomeno viene utilizzato nella produzione elettrica delle celle fotovoltaiche: quando un flusso luminoso investe un **semiconduttore**, si verifica la transizione in banda di conduzione di un certo numero di elettroni e si rendono pertanto disponibili portatori di carica,

che possono essere sfruttati per generare una corrente. Questo meccanismo si ottiene mediante drogaggio del semiconduttore (ad esempio con **boro e fosforo** per ottenere rispettivamente una struttura di **tipo p** (con un eccesso di lacune) ed una di **tipo n** (con un eccesso di elettroni): mettendo a contatto i due materiali così ottenuti si viene a creare un campo elettrico interno al dispositivo.

A questo punto, se viene illuminata con fotoni (luce) la parte n e connettendo la giunzione con un conduttore esterno, si otterrà un circuito chiuso nel quale potrà circolare corrente elettrica data dal flusso di elettroni.

Curve di rendimento delle celle fotovoltaiche Il killer della resa fotovoltaica – La temperatura

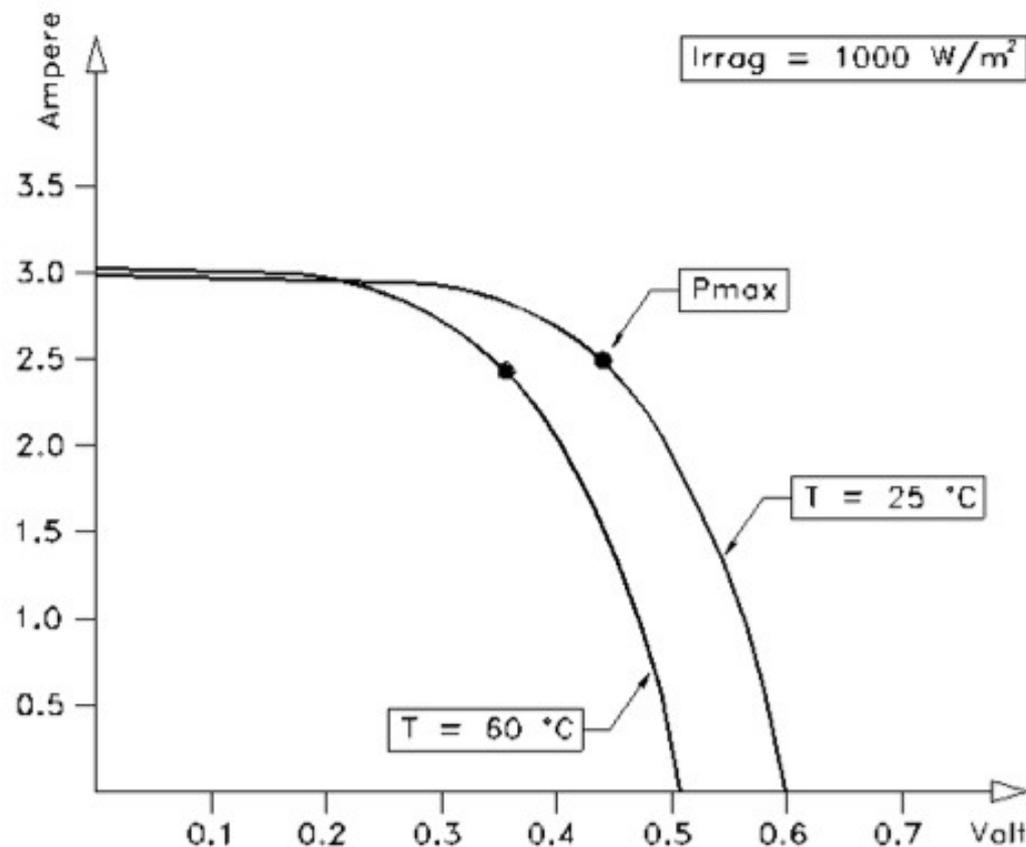


Figura 10: Caratteristiche I-V con uguale irraggiamento e temperatura variabile

La cella foto-voltaica è un generatore di corrente che risente in modo sensibile della variazione della temperatura sull'efficienza di conversione

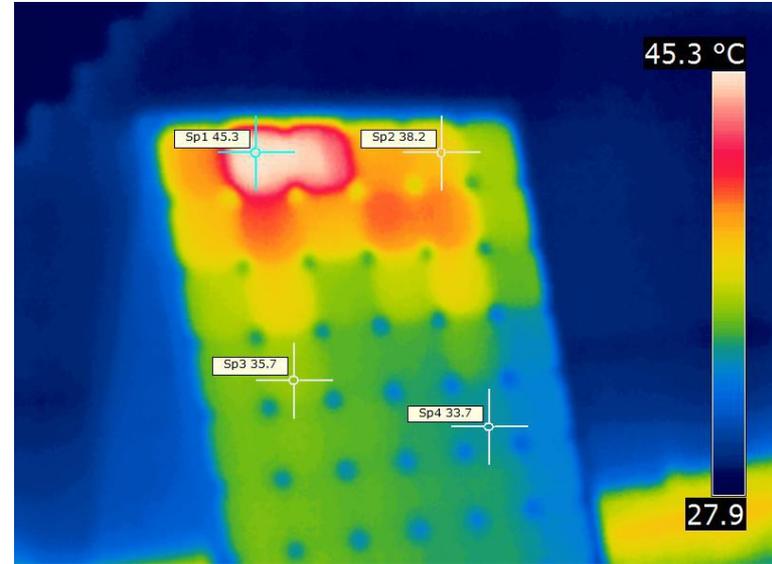
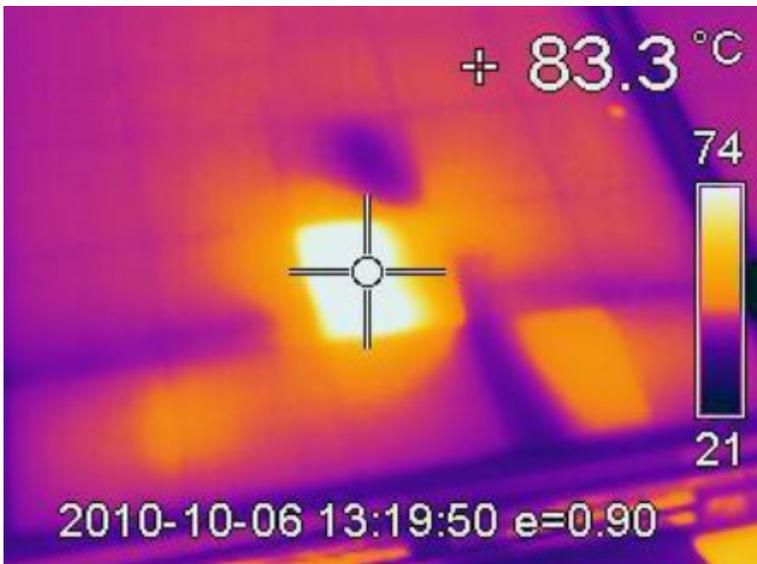
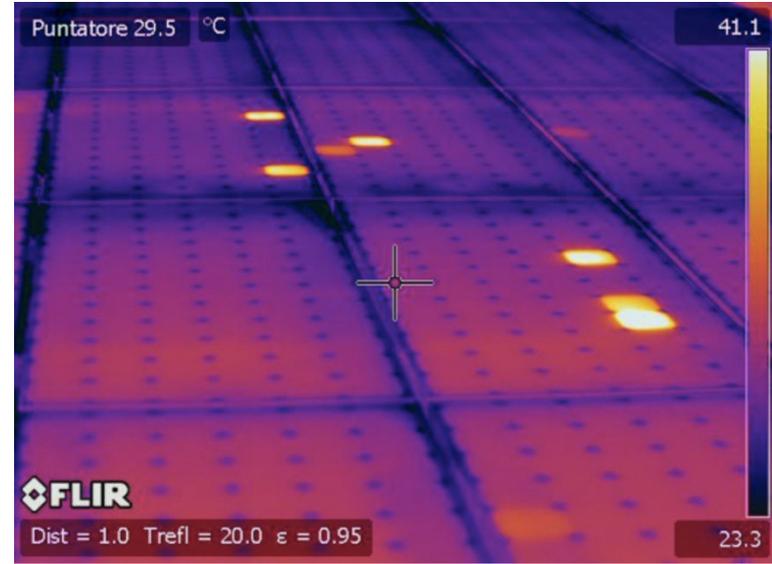
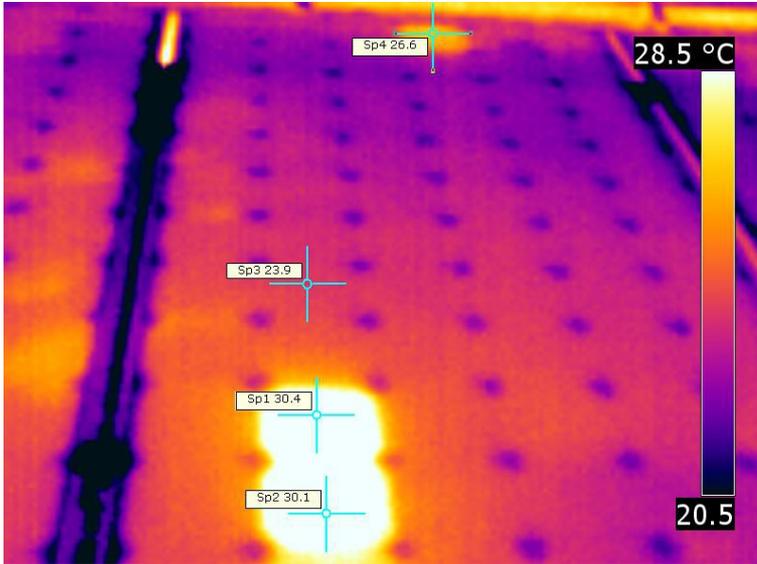
La potenza nominale della cella/modulo è calcolata nelle condizioni standard di 25°C e 1000W/m^2 di irraggiamento.

In particolare si ricava sperimentalmente un coefficiente che indica il decremento di potenza al variare della temperatura della cella.

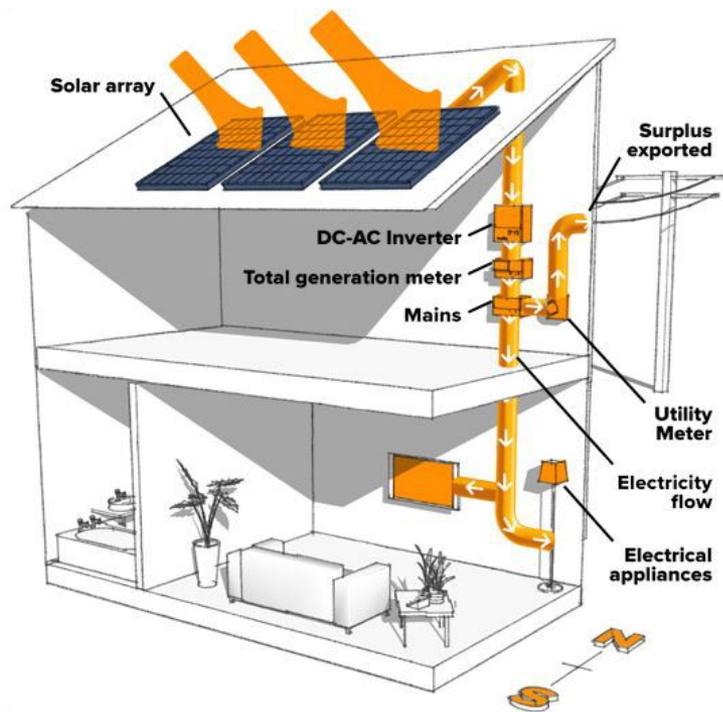
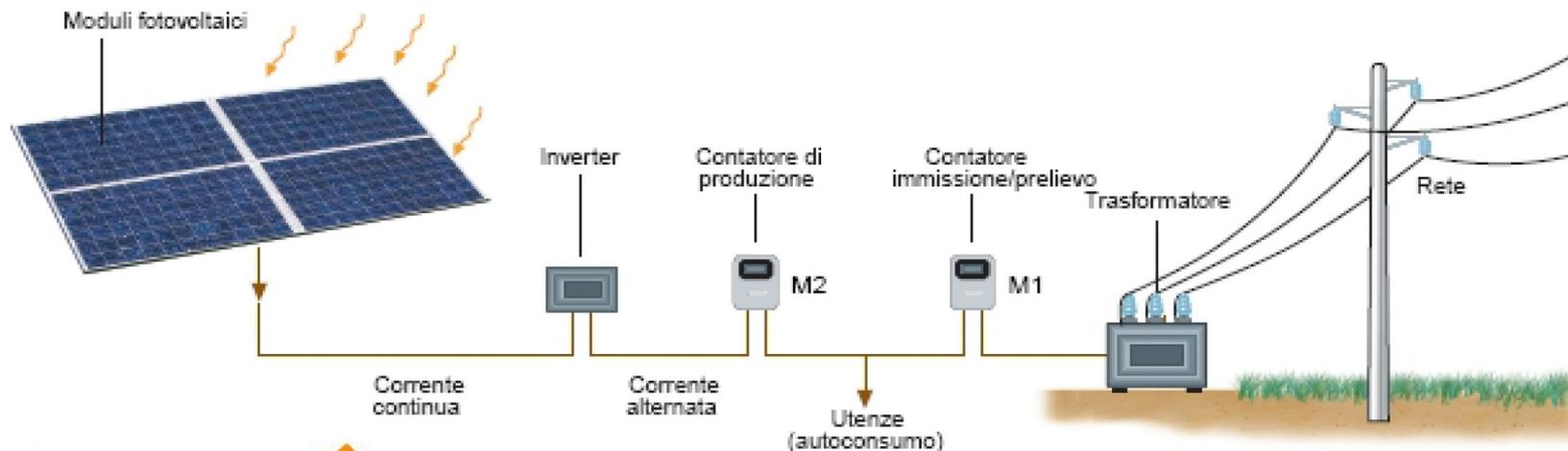
$$P_{max}(\gamma) = -0,43\%/^\circ\text{C}$$

Ad esempio con temperatura della cella a **70°C** abbiamo un decremento della potenza nominale del **20%!!!!**

TECNOLOGIA PVT- Temperatura Elevata IL KILLER DEL FV



Componenti base dell'impianto fotovoltaico "Grid connected"



Classico schema di funzionamento di un impianto fotovoltaico ad uso domestico.

Con la fine degli incentivi diretti in conto esercizio diventa sempre più importante a livello progettuale adottare tutte le buone pratiche che aumentino l'autoconsumo diretto dell'energia prodotta

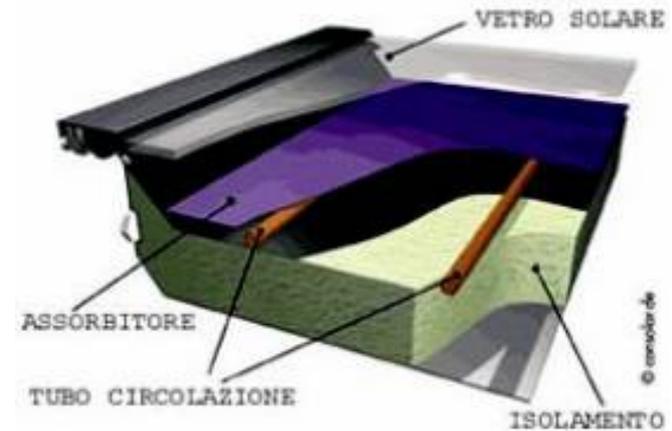
Per buone pratiche si intende

TECNOLOGIA SOLARE TERMICO – collettori piani vetrati

I collettori piani vetrati sono una tecnologia diffusa e adattabile per l'ottima resa energetica annua e la disponibilità di un vasto mercato di prodotti.

Il principio di funzionamento dei dispositivi si basa sulle caratteristiche del vetro utilizzato di essere trasparente alla radiazione solare ed opaco a quella infrarossa emessa dalla piastra assorbente (effetto serra), e sulle proprietà della piastra stessa di assorbire la radiazione solare e contenere le emissioni proprie nello spettro infrarosso.

Ciò determina l'attitudine all'ingresso e all'assorbimento della massima radiazione solare nel collettore e la scarsa capacità della lastra captante e del vetro di copertura di disperdere radiazione infrarossa verso l'esterno del dispositivo. Le prestazioni del collettore migliorano poi con le caratteristiche d'isolamento alle perdite termiche. Nei collettori solari piani ad acqua questo principio è ottimizzato ed utilizzato per riscaldare il fluido (acqua o glicole) presente all'interno di un assorbitore piano. Per tipologia di costruzione sono disponibili molte soluzioni distinte per la selettività dell'assorbitore, per l'utilizzo di materiali (rame, acciaio inox e alluminio anodizzato) ed idoneità all'uso in impianti a circolazione forzata o naturale (questi ultimi meno costosi, più affidabili, ma meno integrabili architettonicamente per la presenza di un serbatoio di accumulo da posizionare più in alto del pannello e nelle immediate vicinanze). Pur con differenti varianti di mercato, le dimensioni più consuete di un collettore piano prevedono ingombri prossimi ai due metri quadrati, con lato più lungo tipicamente di due metri di estensione.



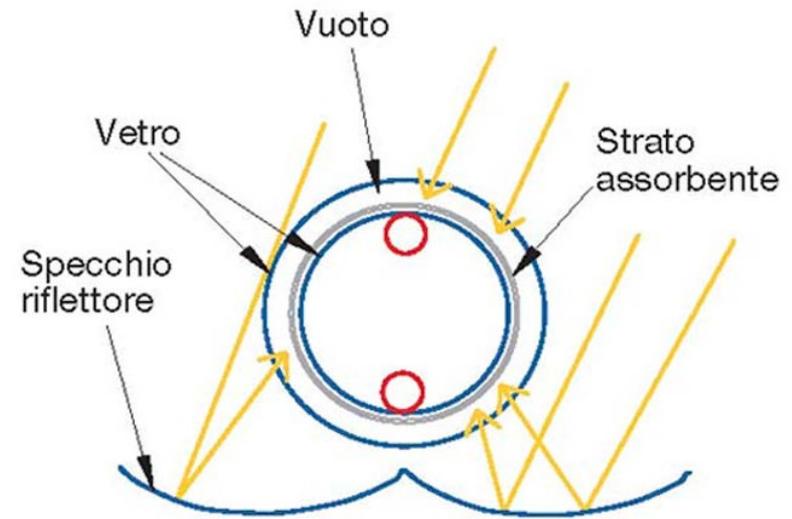
TECNOLOGIA SOLARE TERMICO – collettori sottovuoto

I collettori sottovuoto, a parità di superficie, presentano in genere un migliore rendimento medio stagionale, per il **sostanziale annullamento delle perdite termiche per convezione e conduzione legate alla presenza di un'intercapedine tenuta sottovuoto spinto.**

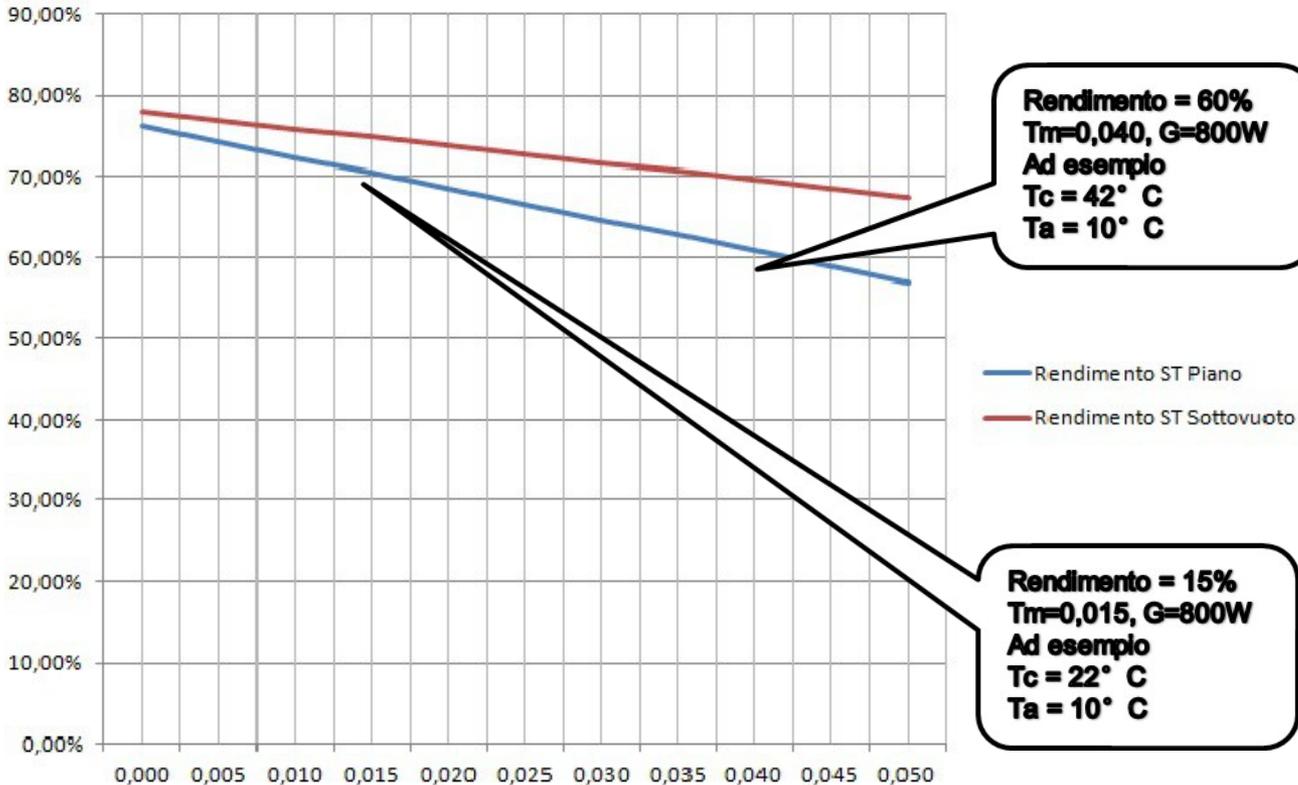
Il calor e raccolto da ciascun elemento (tubo sottovuoto) viene trasferito all'utilizzatore essenzialmente in due modi differenti:
 a) una tipologia consiste nell'utilizzo di circuiti ad U, all'interno del singolo tubo, entro i quali circola il fluido primario che riscalda e cede l'energia termica all'utilizzatore in un raccordo posto in alto;

b) un'altra tipologia molto diffusa è rappresentata dai tubi di calore cosiddetti "heat pipe" all'interno dei quali è presente un fluido in equilibrio di fase con il suo vapore e che sono in grado di trasportare grandi quantità di energia termica con bassi gradienti termici.

Generalmente i tubi di calore, posizionati nella parte centrale dei tubi di vetro, sono in metallo termo conduttore (rame o alluminio) riportanti alettature per incrementare l'assorbimento della radiazione solare. Questa tipologia di collettori, in passato indicata principalmente per applicazioni a temperature più elevate di quelle raggiungibili con collettori piani, è adesso largamente commercializzata e, con l'immissione sul mercato di collettori a doppio tubo.



TECNOLOGIA SOLARE TERMICO – Curva di Rendimento



Per ogni collettore solare è possibile ricavare una curva di rendimento sperimentale che dipende dalle caratteristiche intrinseche del modulo stesso.

La curva di rendimento è calcolata con il metodo di regressione dei minimi quadrati partendo da n-misure medie di rendimento termico.

La curva di rendimento è utile in fase di progettazione e dimensionamento di un campo solare termico al fine di coprire i fabbisogni di energia termica.

$$\text{Rendimento} = E/G = \eta_0 - a_1 * T_m - a_2 * G * T_m^2$$

G = Irraggiamento Solare [W/m²]

η_0 rendimento ottico (assenza di perdite) adimensionale

a_1 coeff. di dispersione primo ordine (lineare) [W/m²*K]

a_2 coeff. di dispersione secondo ordine (quadratico) [W/m²*K²]

T_m = (Temperatura media collettore – Temperatura ambiente)/G

Un buon collettore piano ha i seguenti valori:

$\eta_0=0,76$; $a_1=3,84$; $a_2=0,008$

TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – CONCETTI GENERALI

Con il termine **tecnologia solare ibrida** si intende la fusione su un unico supporto della tecnologia solare **foto-voltaica** e **solare termico**. **Non è una tecnologia nuova** ed i primi studi sono stati fatti in contemporanea con la diffusione dei moduli solari fotovoltaici.

Attualmente abbiamo sul mercato moduli PVT con fluido termovettore a:

1. Aria
- 2. Acqua/Glicole**
3. Gas refrigerante

Tenendo conto dell'attuale efficienza di conversione della tecnologia foto-voltaica (max 20%) e del degrado di prestazioni con l'aumento della temperatura della cella abbiamo che:

Oltre l'80% dell'energia Solare viene dispersa o serve per scaldare il modulo

Usare la stessa superficie per produrre energia elettrica ed energia termica quindi ha i seguenti vantaggi:

1. Uso efficiente della superficie a tetto/parete disponibile

1. Incremento della Produzione di Energia elettrica a parità di potenza installata



TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – TIPOLOGIA DI MODULI

Attualmente abbiamo sul mercato moduli PVT con fluido termovettore a:

1. Aria
- 2. Acqua/Glicole**
3. Gas refrigerante

La diffusione maggiore di tecnologia si è espressa nei moduli PVT con fluido termovettore Acqua/Glicole e Gas refrigerante

In particolare in entrambi i tipi la piastra assorbente è prevalentemente realizzata in alluminio con Tecnologia **Roll Bond** al posto della classica tecnologia **"tube in sheet"**:

La piastra Roll Bond (microcanalizzata) viene utilizzata:

- **Applicata tramite collante al retro del modulo fotovoltaico (back sheet)**
- **Applicata tramite sistema a pressione al retro del modulo fotovoltaico (back sheet)**
- **Nuda verniciata di nero per essere esposta direttamente al sole (utilizzata prevalentemente come piastre evaporatori nei cicli termodinamici del gas refrigerante)**



TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – Roll Bond

Lo scambiatore di calore **Roll Bond** è costituito da un sandwich di due fogli di alluminio tra i quali è ricavata una canalizzazione di forma opportuna ove viene fatto circolare il fluido termovettore (indifferentemente che esso sia gas o liquido/glicole).

Il **Roll Bond** è un processo di produzione che prevede la realizzazione di pannelli variamente canalizzati utilizzando una tecnica di giunzione (bonding) di un sandwich , formato da due fogli di alluminio , attraverso la laminazione (rolling). I percorsi e le dimensioni dei canali ottenuti sui pannelli così realizzati vengono determinati da una operazione di stampa (serigrafia) che avviene su una delle superfici interne del sandwich di alluminio. La giunzione delle due superfici interne del sandwich è in effetti una saldatura autogena ottenuta combinando temperatura (preriscaldamento del sandwich) e pressione (laminazione a caldo).

La saldatura tra superfici non avviene in presenza dello speciale inchiostro (con aggiunta di ossido di titanio) applicato in fase di stampa , determinando così dei percorsi interni al sandwich di zone dissaldate.

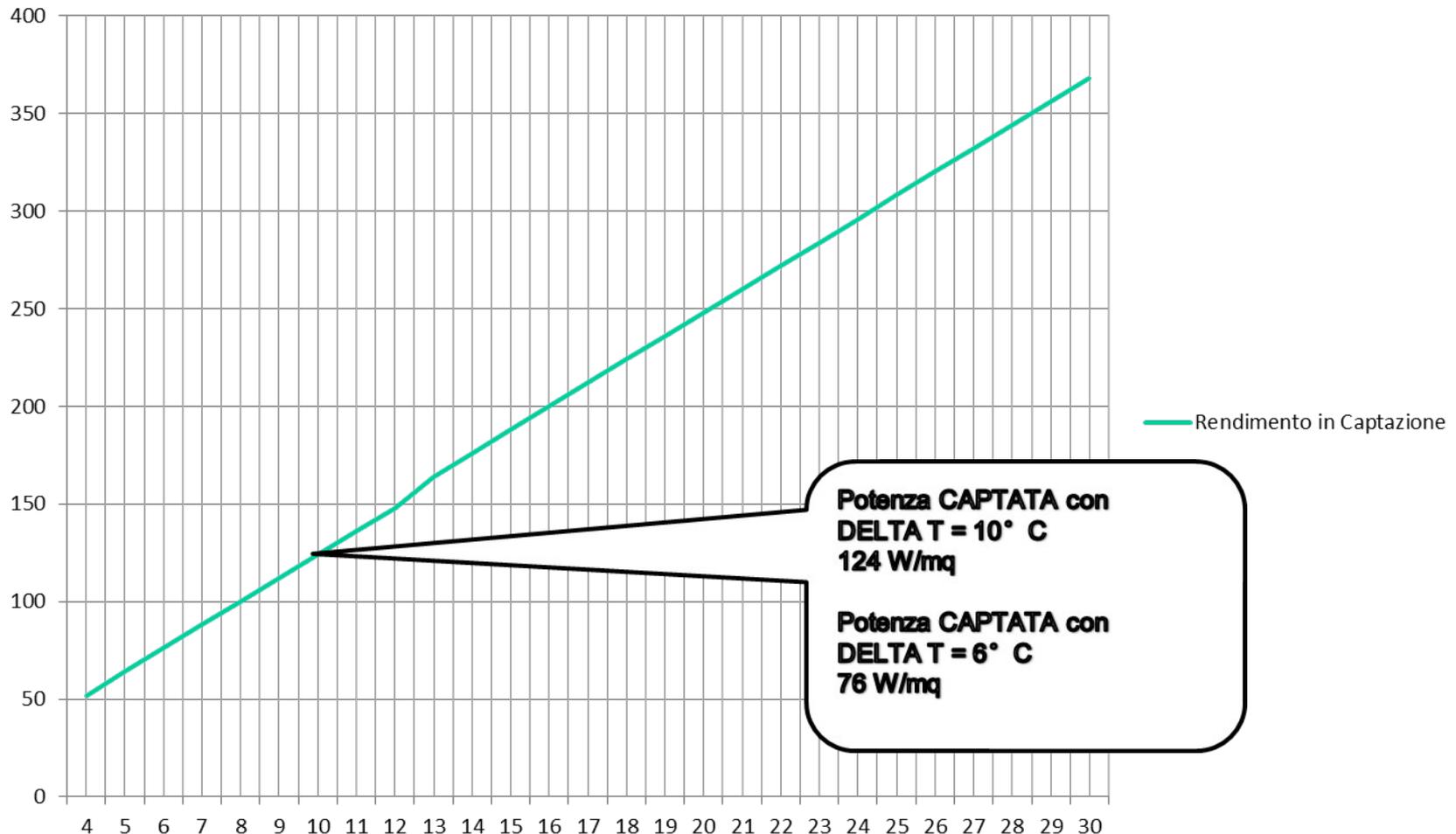
Dette zone dissaldate possono essere sollevate applicando opportune pressioni d'aria (gonfiaggio) che trasformano i percorsi dissaldati in percorsi canalizzati.

Il **Roll Bond** è un eccellente scambiatore di calore, garantendo il 100% di scambio primario grazie alla ben nota conducibilità termica dell'alluminio.



TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – Roll Bond – Rendimento Prove effettuate con un lato della piastra isolato

Rendimento in Captazione – $T_{\text{fluido}} < T_{\text{Operante Ambiente}}$



TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – SPAZIO A TETTO

Come già affrontato precedentemente nel caso di un modulo fotovoltaico oltre l'**80%** dell'energia solare viene dispersa o scalda il modulo stesso peggiorandone le rese.

In molti casi sulle superfici disponibili dell'abitazione non si ha lo spazio per far convivere le due tecnologie separatamente.

In conclusione la COPERTA E' CORTA!

Facciamo un esempio con un classico impianto fotovoltaico da 3kWp, mediamente occupa una superficie di circa 20mq mentre un classico impianto solare termico composto da 2 moduli per una potenza nominale di 4kWt ed un'occupazione di 5mq. In totale abbiamo un'occupazione di 25 mq e due tipologie di moduli a tetto con un impatto estetico anche discutibile.

Se il classico impianto fotovoltaico fosse un impianto solare ibrido avremmo una potenza nominale di 3kWe e 10kWt e quindi un **potenziale energetico nettamente superiore (+85%) con minor spazio occupato!!**

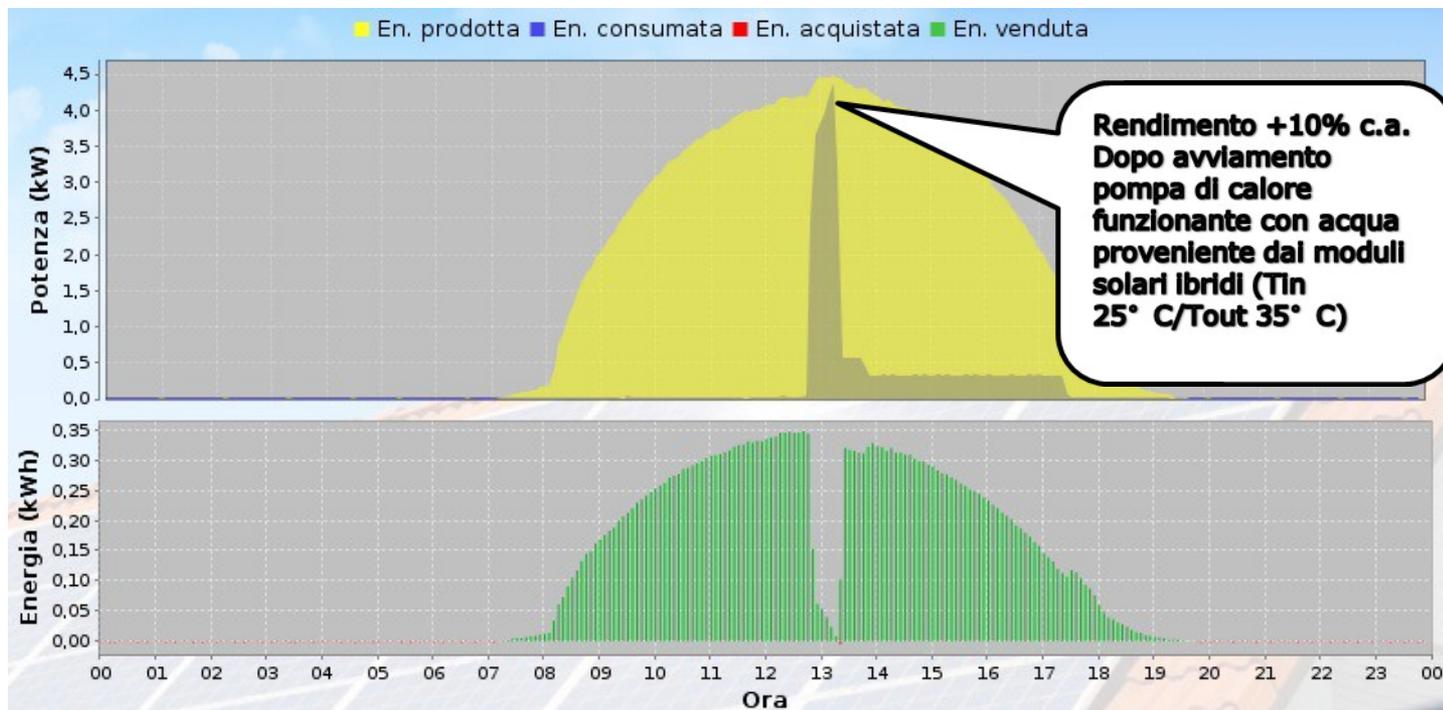
La domanda da porsi è come utilizziamo questa maggior energia?

Lo vedremo nelle prossime Slide



TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – TEMPERATURA SOTTO CONTROLLO

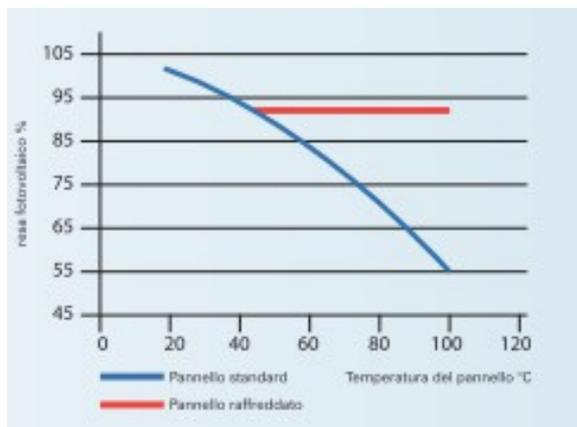
Mantenere la temperatura della cella fotovoltaica sotto controllo procura un **Incremento della Produzione di Energia elettrica a parità di potenza installata oltre a preservare nel tempo il modulo fotovoltaico e quindi garantire la longevità dello stesso (prevengo fenomeni di hot spot)**



Come già accennato la formula di decadimento della potenza al variare della temperatura ci dice che: **$P_{max}(y) = -0,43\%/^{\circ}C$**

Ipotizzando un livello di produzione dell'acqua calda sanitaria di 45°C ed avendo a disposizione un accumulo sanitario ben capiente abbiamo di conseguenza la temperatura dell'acqua di ritorno dei moduli solari ibridi al di sotto dei 50°C con variazioni da 25 a 50°C

Questo fa sì che mediamente lavoriamo con temperature dell'acqua di c.a. 20°C in meno rispetto alla normale temperatura della cella fotovoltaica e quindi un incremento medio di produzione elettrica su base annua del 8-10% ($0,43\% * 20 = 8,6\%$)



TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – la coperta non è più corta



In presenza di Sole modulo solare ibrido deve essere inteso come **generatore completo** di **energia solare** (elettrica e termica) **ed ambientale** (recupero di energia dall'ambiente) in particolare:

➤ **Generatore di energia elettrica ad alto rendimento:** Le celle fotovoltaiche lavorano mediamente con temperature inferiori di 20/30°C rispetto al normale e quindi con rendimenti annuali maggiori del 10-15% di produzione elettrica.

➤ **Generatore di energia termica a bassa Temperatura [0-35°C]:** Prevalentemente in inverno tramite gli apporti solari termici che possono essere utilizzati in abbinamento ad una pompa di calore di tipo glicol-acqua per generare acqua a media temperatura [35-60°C] per usi riscaldamento e/o acqua sanitaria

➤ **Generatore di energia termica a media Temperatura [35-70°C]:** Prevalentemente Aprile-Settembre tramite gli apporti solari termici che possono essere usati per produrre direttamente acqua calda sanitaria.

In assenza di Sole il modulo solare ibrido deve essere inteso come un **efficiente scambiatore di calore con l'ambiente circostante**. Lo scambio termico avviene prevalentemente per irraggiamento (80%) ed in parte minore per convezione (20%).

Valori medi di Potenza Scambiata con $\Delta T = 6^\circ\text{C}$ si aggirano tra **100-150 W/mq** ($\Delta T = 6^\circ\text{C} = T_{\text{ambiente}} - T_c$)



Dal calore latente di condensazione posso recuperare circa 0,6kWh/litro

TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – la coperta non è più corta



Caratteristiche Termiche UNASOLARE 60P

- ✓ **Rendimento ottico: ~60%**
- ✓ **Coefficiente dispersione lineare [a1]: ~12**
- ✓ **Massima Temperatura consentita [°C]: 90**
- ✓ **Massima pressione esercizio [bar]: 5**
- ✓ **Portata consigliata [l/h]: 80**
- ✓ **Perdita di carico @ 80 l/h [mbar]: 100**
- ✓ **Volume assorbitore [l]: 0,8**
- ✓ **Peso Pannello a Vuoto [kg]: 23**
- ✓ **Superficie Assorbitore [mq] 1,5**
- ✓ **Superficie lorda modulo [mq] 1,65**
- ✓ **Diametri attacco tubi 8x1 o 10x1mm**
- ✓ **Dimensioni del modulo IBRIDO [mm] 1660x996x38**
- ✓ **Potenza Termica nominale collettore [Tm=0, G=1'000 W/mq] 900W**

Nessun Problema di Stagnazione!
Ad impianto fermo con massima insolazione nella stagione estiva la temperatura massima raggiungibile da fluido glicolato è di 80°C



TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – riassunto vantaggi



- **Unico pannello per la produzione di energia elettrica e termica con rendimento utile medio annuale superiori al 50% (elettrico + termico)**
- **Unico impianto e quindi ottimizzazione dello spazio disponibile a tetto nonché migliore estetica.**
- **Diminuizione della temperatura operativa della cella foto-voltaica (soprattutto in estate) e conseguente incremento di energia elettrica prodotta su base annuale (fino al 20% in più)**
- **Evita il perdurare della neve sui pannelli in inverno**
- **Elevata superficie disponibile anche come scambio termico utilizzabile da pompe di calore al posto delle sonde geotermiche di profondità.**
- **Minor costo rispetto alla realizzazione separata di impianto FV e solare termico**
- **Pieno rispetto delle ultime normative vigenti in ambito di risparmio ed efficienza energetica**

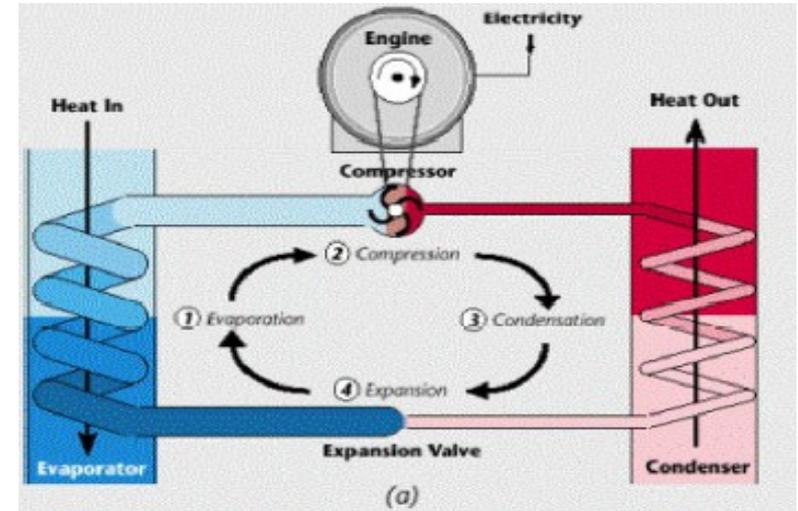


TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – POMPE DI CALORE

Tra i generatori di energia termica efficienti meritano il podio al primo posto le pompe di calore

La pompa di calore è una macchina in grado di **trasferire (pompate)** calore da un sistema (sorgente fredda) a temperatura **più bassa** ad un altro a temperatura **più alta**

Permette quindi, attraverso un piccolo consumo di **energia elettrica**, di supplire al riscaldamento e alle richieste di acqua calda sanitaria (ACS) degli appartamenti ed uffici ed altri usi.



TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – POMPE DI CALORE

Il vantaggio nell'uso delle pompe di calore risiede nella loro capacità di fornire più energia termica (calore) rispetto al consumo elettrico necessario.

Questo concetto è la base dell'efficienza della pompa di calore misurata tramite il **COP** (coefficiente di prestazione), che rappresenta il rapporto tra l'**energia fornita** sotto-forma di calore rispetto all'**energia elettrica spesa**.

COP=Q fornito/E elettrica spesa

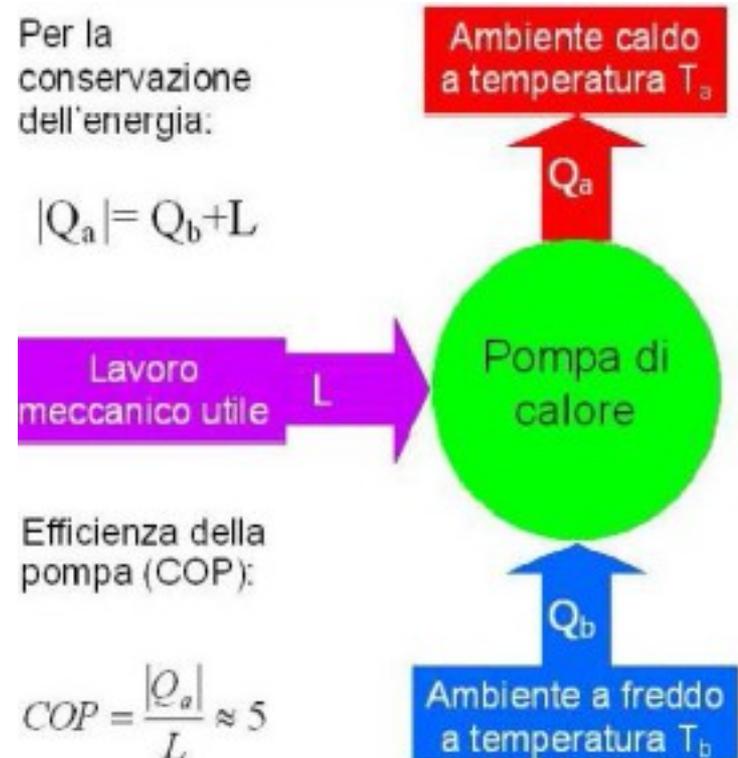
Il valore del COP dipende in modo sensibile dalla Temperatura della Sorgente Fredda

Per la conservazione dell'energia:

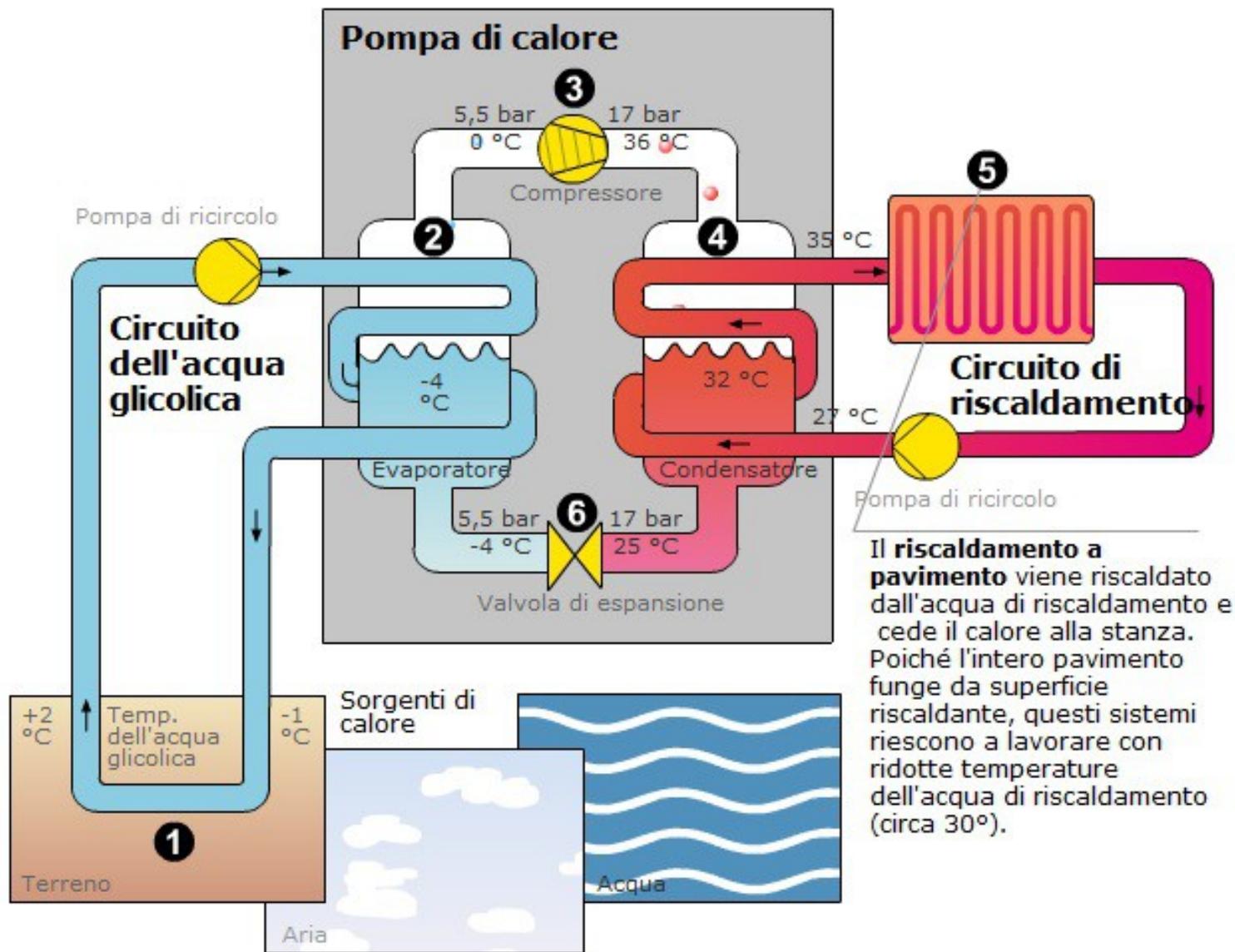
$$|Q_a| = Q_b + L$$

Efficienza della pompa (COP):

$$COP = \frac{|Q_a|}{L} \approx 5$$



TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – POMPE DI CALORE



TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (PVT) – POMPE DI CALORE

TEMPERATURA ACQUA USCITA EVAPORATORE °C	TEMPERATURA ACQUA USCITA CONDENSATORE °C																							
	25			30			35			40			45			50								
	Ph	Pe	C.O.P.	Ph	Pe	C.O.P.	Ph	Pe	C.O.P.	Ph	Pe	C.O.P.	Ph	Pe	C.O.P.	Ph	Pe	C.O.P.						
	[kW]			[kW]			[kW]			[kW]			[kW]			[kW]								
-8	5.59	1.23	4.53	5.47	1.41	3.87	5.39	1.60	3.38	5.34	1.80	2.97	5.30	2.03	2.61	-	-	-	-	-	-			
-6	5.99	1.22	4.91	5.86	1.40	4.18	5.77	1.59	3.64	5.71	1.79	3.19	5.65	2.03	2.79	5.58	2.31	2.42	-	-	-			
-4	6.40	1.21	5.29	6.25	1.39	4.50	6.15	1.58	3.90	6.07	1.78	3.41	6.00	2.02	2.97	5.92	2.30	-	-	-	-			
-3	6.60	1.20	5.48	6.45	1.38	4.66	6.34	1.57	4.04	6.26	1.78	3.52	6.18	2.01	3.07	6.09	-	-	-	-	-			
-2	6.80	1.20	5.68	6.64	1.38	4.82	6.53	1.57	4.17	6.44	1.77	3.63	6.36	2.01	3.16	6.27	2.29	2.73	-	-	-			
0	7.20	1.19	6.07	7.03	1.37	5.14	6.91	1.56	4.44	6.81	1.76	3.86	6.71	2.00	3.35	6.60	2.29	2.89	6.47	2.63	2.46	-	-	-
2	7.60	1.18	6.47	7.42	1.36	5.47	7.29	1.54	4.72	7.17	1.75	4.09	7.07	1.99	3.55	6.95	2.28	3.05	6.80	2.62	2.59	-	-	-
4	8.01	1.16	6.87	7.82	1.35	5.80	7.67	1.53	5.00	7.54	1.74	4.33	7.42	1.98	3.74	7.29	2.27	3.21	7.13	2.62	2.73	6.92	3.03	2.28
5	8.21	1.16	7.08	8.01	1.34	5.97	7.86	1.53	5.14	7.72	1.74	4.45	7.60	1.98	3.84	7.46	2.27	3.29	7.30	2.61	2.79	7.08	3.03	2.34
6	8.41	1.15	7.28	8.21	1.34	6.14	8.05	1.52	5.28	7.91	1.73	4.56	7.78	1.97	3.94	7.64	2.26	3.38	7.46	2.61	2.86	7.24	3.03	2.39
7	8.61	1.15	7.49	8.40	1.33	6.31	8.23	1.52	5.42	8.09	1.73	4.68	7.96	1.97	4.04	7.81	2.26	3.46	7.63	2.60	2.93	7.40	3.02	2.45
8	8.81	1.14	7.70	8.60	1.33	6.48	8.42	1.51	5.56	8.28	1.72	4.80	8.14	1.96	4.14	7.98	2.25	3.54	7.80	2.60	3.00	7.57	3.02	2.50
10	-	-	-	8.99	1.32	6.83	8.80	1.50	5.86	8.64	1.71	5.05	8.49	1.95	4.35	8.33	2.24	3.71	8.13	2.59	3.14	7.89	3.01	2.62
12	-	-	-	9.37	1.31	7.18	9.18	1.49	6.15	9.01	1.70	5.30	8.85	1.94	4.55	8.67	2.23	3.88	8.47	2.58	3.28	8.21	3.00	2.73
14	-	-	-	9.76	1.30	7.54	9.56	1.48	6.45	9.38	1.69	5.55	9.21	1.93	4.76	9.02	2.22	4.06	8.80	2.57	3.42	8.54	2.99	2.85
16	-	-	-	-	-	-	9.94	1.47	6.75	9.75	1.68	5.80	9.56	1.92	4.98	9.37	2.21	4.24	9.14	2.56	3.57	8.86	2.98	2.97
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.12	1.67	6.06	9.92	1.91	5.20	9.71	2.20	4.42	9.48	2.55	3.72	9.19	2.97	3.09

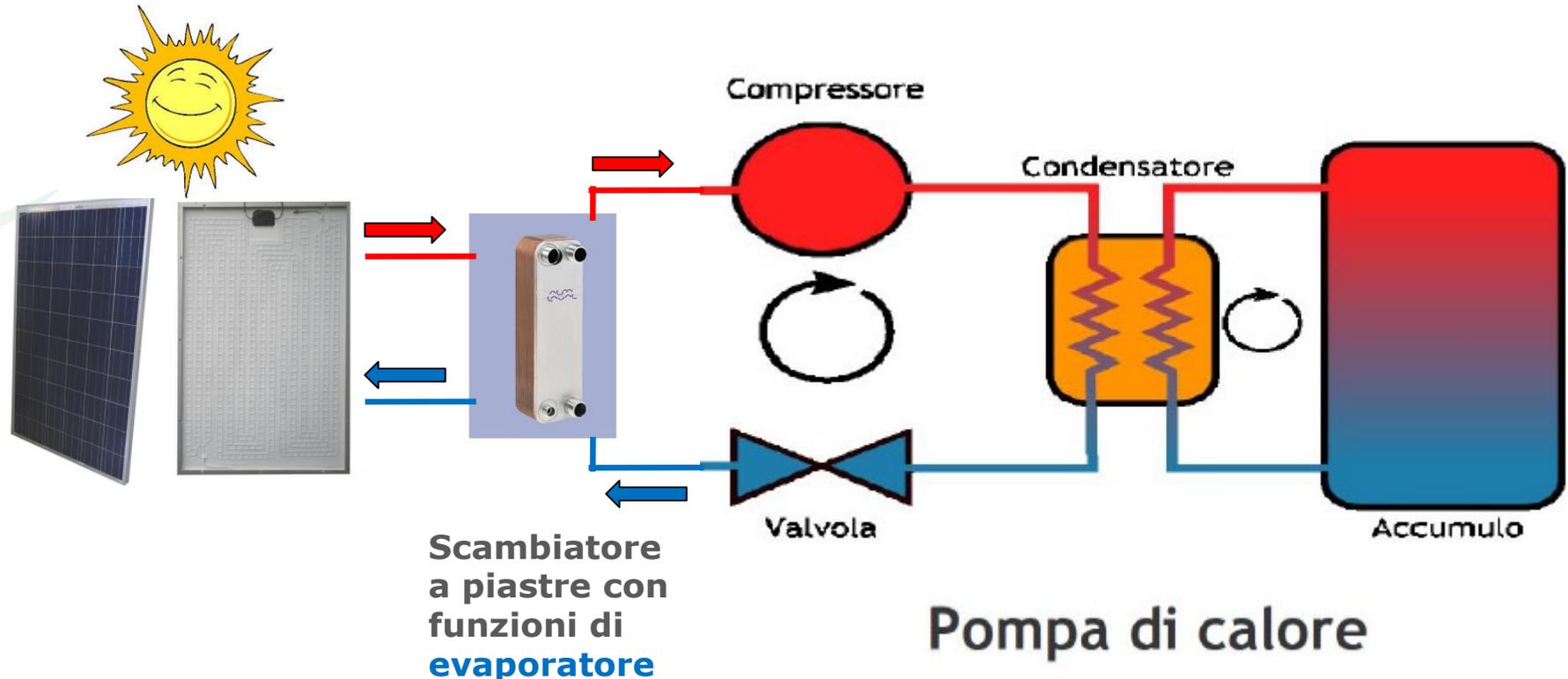
Con Acqua Glicolata in uscita all'evaporatore a 0° C tale pompa di calore è in grado di produrre acqua a 45° C in uscita dal condensatore con un assorbimento elettrico di 2kW ed un COP di 3,35

Il COP è molto sensibile alla temperatura della sorgente fredda, nell'esempio sopra passando da una temperatura della sorgente fredda di 0°C a 5°C otteniamo un innalzamento del COP di quasi il 15% (da 3,35 a 3,84)

TECNOLOGIA IBRIDA (PVT) – POMPE DI CALORE ELIOASSISTITA

L'idea nuova è quella di utilizzare il modulo solare ibrido come sonda "aerea" per lo scambio termico all'interno di pompa di calore di tipo **acqua-acqua**.

Come abbiamo già visto nelle slide precedenti il COP dipende fortemente dalla temperatura della sorgente esterna che grazie all'energia termica recuperata dal modulo ibrido manteniamo **"mediamente" più alta a livello stagionale** di qualsiasi altra fonte esterna utilizzata normalmente dalla pompa di calore (aria, acqua di sonda geotermica etc)



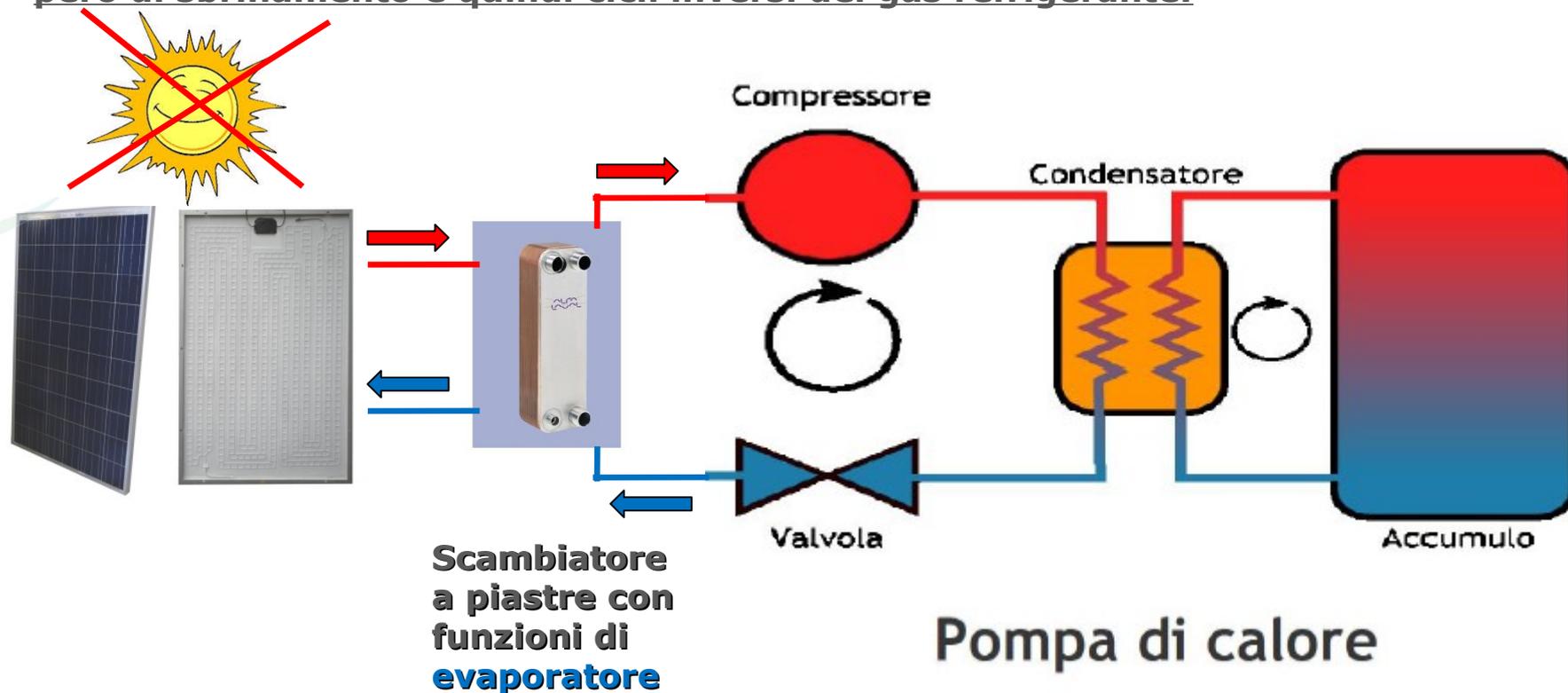
TECNOLOGIA IBRIDA (PVT) – POMPE DI CALORE ELIOASSISTITA

E quando il sole non è presente?

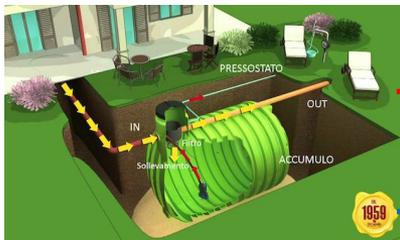
Sfruttiamo l'elevata capacità della tecnologia Roll Bond di scambiare calore per irraggiamento dell'ambiente circostante. Abbiamo già visto che la Potenza mediamente recuperata dal Modulo Ibrido varia tra i 100-150W/mq con $\Delta T=6^{\circ}\text{C}$

Dove $\Delta T=6^{\circ}\text{C}=(\text{Temperatura operante ambiente} - T \text{ fluido nel collettore})$

Di conseguenza nella peggiore delle ipotesi il rendimento della pompa di calore è pari a quello di una macchina che recupera calore dall'aria esterna senza problemi però di sbrinamento e quindi cicli inversi del gas refrigerante.



TECNOLOGIA IBRIDA (PVT) – POMPE DI CALORE ELIOASSISTITA

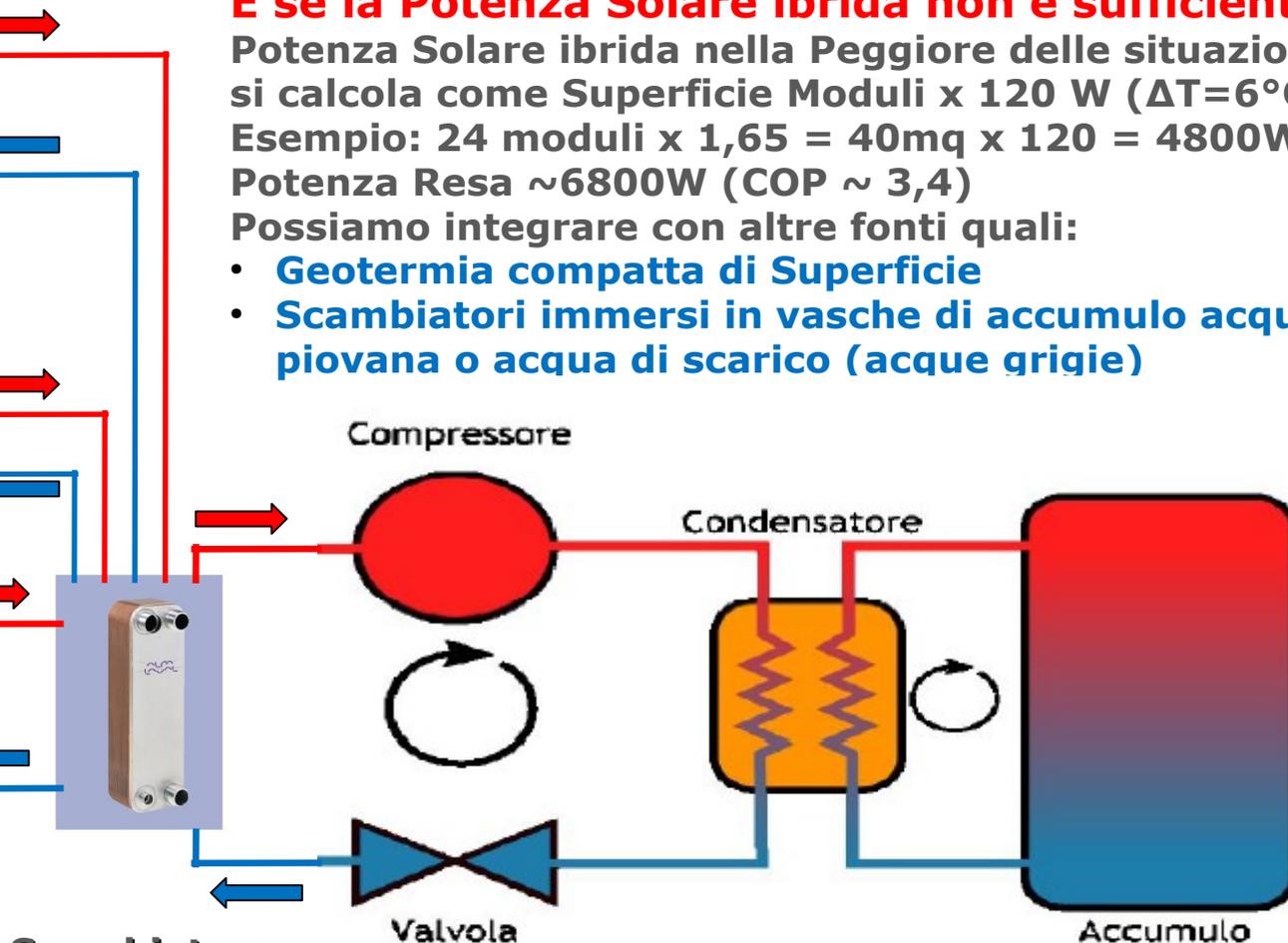


E se la Potenza Solare ibrida non è sufficiente?

Potenza Solare ibrida nella Peggior delle situazioni si calcola come Superficie Moduli x 120 W ($\Delta T=6^{\circ}\text{C}$)
 Esempio: 24 moduli x 1,65 = 40mq x 120 = 4800W
 Potenza Resa ~6800W (COP ~ 3,4)

Possiamo integrare con altre fonti quali:

- Geotermia compatta di Superficie
- Scambiatori immersi in vasche di accumulo acqua piovana o acqua di scarico (acque grigie)



Scambiatore a piastre con funzioni di evaporatore

Pompa di calore

TECNOLOGIA IBRIDA (PVT) – RICARICA TERRENO (BATTERIA TERMICA)



GEOBOND la sonda geotermica compatta studiata e realizzata per massimizzare il funzionamento e le prestazioni delle pompe di calore elio-assistite. Con poco spazio di terreno e poco costo si riesce ad integrare l'energia mancante dal solare ibrido e funzionare come batteria termica quando l'energia è in eccesso.

Grazie ad un canestro esterno realizzato in lamiera con all'interno un tubo spiralato in PE100 RC PN 16 DN25 è possibile confinare 1,3 mc di sabbia ad elevata conducibilità termica in modo da avere disponibile un accumulo di energia utilizzabile giorno e notte. **Con l'inserimento al suo interno di un tubo poroso in grado di erogare da 5-10 l/h e quindi aumentare l'umidità della sabbia/terreno è possibile utilizzare la sonda per il raffrescamento estivo.**

Dimensioni canestro: Diametro 1mt
Altezza 1,6mt
Volume 1,3mc

Lunghezza tubo spiralato in PE: 52 mt
Profondità di Posa: 2,5-3,5mt base canestro
Profondità tubi di collegamento: almeno 1,0mt

Energia Prelevabile/Immagazzinabile breve periodo (4-5h) con $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$: circa 10kWh

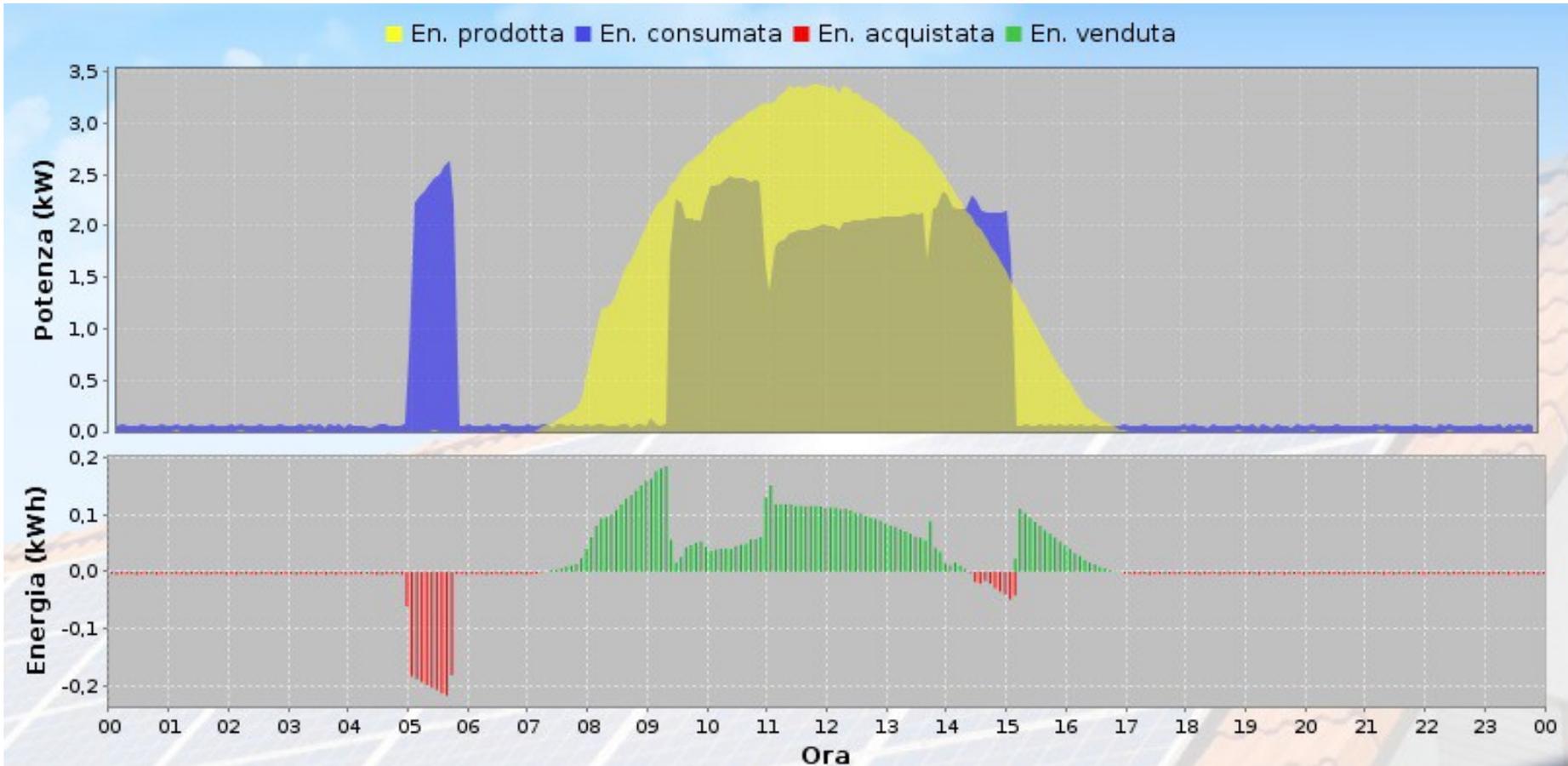
Potenza breve periodo (4-5h) con $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$: circa 2kW

Energia Prelevabile/Immagazzinabile medio periodo (12-14h) con $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$: circa 20kWh

Potenza medio periodo (12-14h) con delta $T=5^{\circ}\text{C}$: circa 1,5kW

Potenza Asintotica (oltre le 14h) con $\Delta T=3^{\circ}\text{C}$: circa 800W

TECNOLOGIA IBRIDA (PVT) – Ottimizzare l'autoconsumo (forcing utenza)



“Nell’ipotesi che tutta l’energia solare possa essere sfruttata!” è importante implementare una gestione dell’impianto al fine di ottimizzare l’autoconsumo di tutta l’energia solare prodotta dall’impianto ibrido facendo in modo che la pompa di calore funzioni sempre con il massimo COP disponibile.

Esempio: con presenza di un accumulo termico molto importante può essere sufficiente aumentare il set-point della temperatura al fine di immagazzinare più energia.

TECNOLOGIA IBRIDA (PVT) – Utilizzo della tecnologia per comparto agricolo

Il settore agricolo può essere suddiviso nelle seguenti macro aree:

Agrario con Produzione di Cultivar

Allevamento:

Sunicolo

Bovino

Avicolo

Aziende di trasformazione

Lattiero-Caseario

Produzione di Salumi e Insaccati

Lavorazione e trasformazione di prodotti agricoli



TECNOLOGIA IBRIDA (PVT) – Utilizzo della tecnologia per comparto agricolo

Le aziende agricole in generale hanno bisogno di importanti quantità di energia elettrica e termica per il loro funzionamento.

I livelli di fabbisogno energetico risultano, per ovvie ragioni, più bassi (in termini di valori specifici) nelle aziende di Produzione di Cultivar per crescere nelle aziende di allevamento e trasformazione.

Nel particolare:

a) Sunicolo molto variabile in dipendenza dal tipo di allevamento e dalle presenza di mangimifici aziendali e impianti di trattamento dei liquami

b) Bovino consumi di energia elettrica e termica mediamente elevati i maggiori consumi riguardano il serbatoio di raccolta e refrigerazione del latte; – il riscaldamento dell'acqua sanitaria per le operazioni di lavaggio; – l'illuminazione del blocco mungitura, delle aree di stabulazione e delle aree esterne; – le attrezzature per la pulizia e il lavaggio; – le pompe dell'impianto di mungitura.

TECNOLOGIA IBRIDA (PVT) – Utilizzo della tecnologia per comparto agricolo – Esempio di Azienda con allevamento di Suini e produzione Insaccati.



TECNOLOGIA IBRIDA (PVT) – Utilizzo della tecnologia per comparto agricolo – Esempio di Azienda con allevamento di Suini e produzione Insaccati.

Analisi dei Consumi Energetici

Circa 1'200€/bimestre per energia elettrica **Casa-Laboratorio**
(33'000 kWh/anno)
spesa annua di 8'400 € - costo circa 0,25 € / kWh

Circa 6'500 litri GPL per Casa-laboratorio (possiamo pensare 1500 [18'000kWh] per casa e 5'000 [60'000 kWh] per Laboratorio quindi dobbiamo ragionare con 2'950 lit / day con delta T=40)
Spesa annua $6'500 \times 0,7 = 4'550$ €

Potenza elettrica trifase casa-laboratorio: 15kW
Spesa energetica Totale Casa-laboratorio-> € 12'950

Capannone Porcilaia [potenza contatore 25kW]

circa 350 € / mese per energia elettrica (circa 17'000 kWh/anno)

Spesa energetica capannone circa 4'200 €

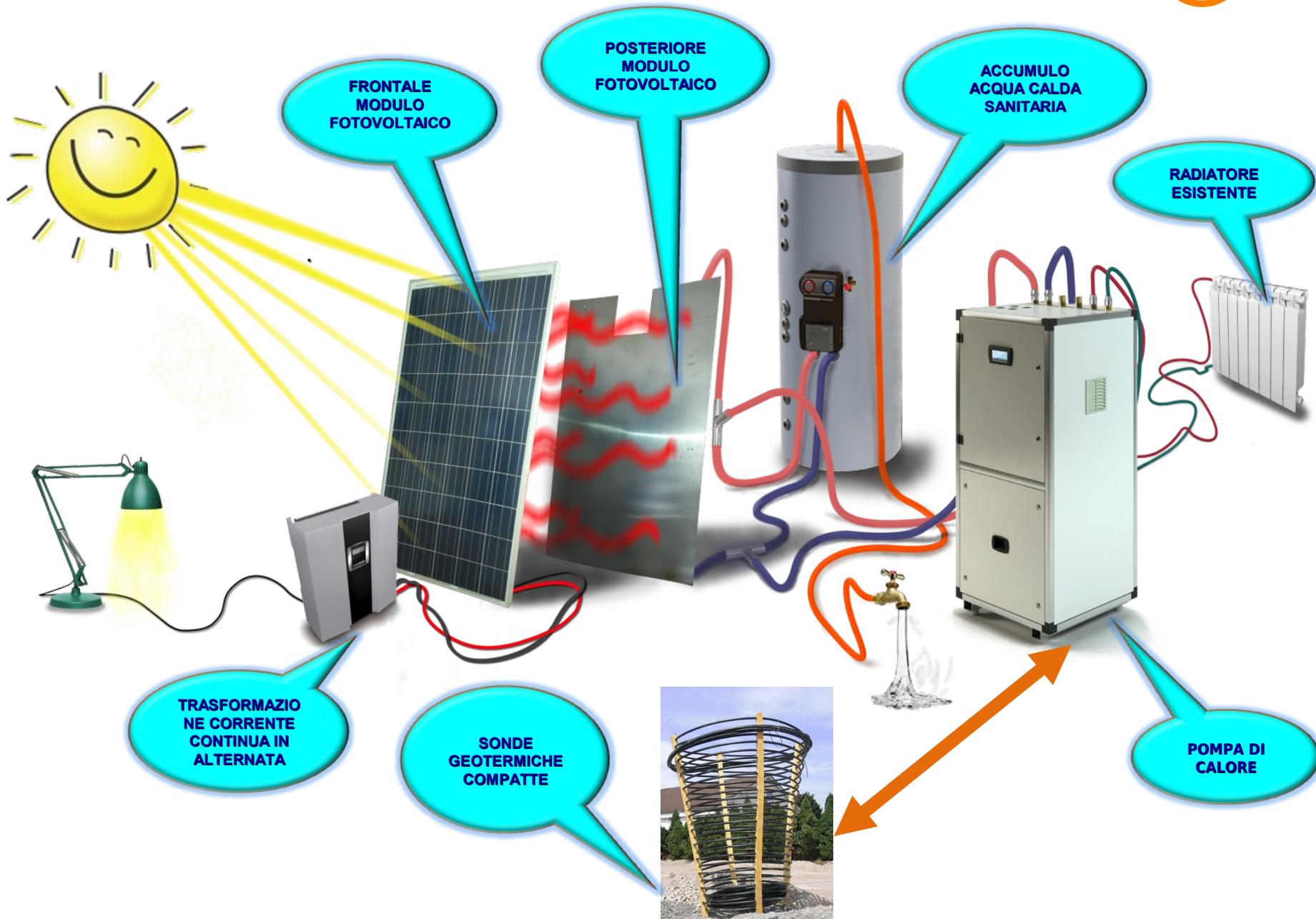
TECNOLOGIA IBRIDA (PVT) – Utilizzo della tecnologia per comparto agricolo – Esempio di Azienda con allevamento di Suini e produzione Insaccati.

Soluzione Proposta

La soluzione impiantistica consigliata prevedeva la fornitura ed installazione di **28kWe** (n.108 pannelli) di modulo termo-fotovoltaici (**moduli ibridi**) abbinati ad una **pompa di calore di 20kWt** in grado di produrre acqua calda per uso igienico sanitario. La pompa di calore sarà di tipo geotermico con scambio di tipo acqua-acqua e sarà in grado di prelevare calore a seconda delle esigenze dai moduli ibridi o da sonde geotermiche (n.12 sonde) interrato nel terreno di fronte all'edificio. La pompa di calore riscalderebbe un accumulo di lit 1500 che verrà utilizzato per la produzione di acqua calda sanitaria per uso laboratorio ed integrazione al riscaldamento dell'abitazione. A completare la soluzione inseriamo una centralina programmabile intelligente per favorire l'autoconsumo di energia prodotta dall'impianto termo-fotovoltaico.

L'impianto connesso alla rete proposto è di 20kWe, mentre altri 8kWe sono collegati ad un Inverter ibrido con sistema di accumulo elettrico con batterie al Piombo-Gel dimensionato per la copertura degli ausiliari dell'impianto di riscaldamento, ad alcune utenze del laboratorio ed alle utenze dell'abitazione

SCHEMA GRAFICO DI CONCETTO



TECNOLOGIA IBRIDA (PVT) – Utilizzo della tecnologia per comparto agricolo – Esempio di Azienda con allevamento di Suini e produzione Insaccati.

RISPARMI-RICAVI

Ipotesi di autoconsumo dell'energia prodotta pari al 70%

Energia PRODOTTA 35'000 kWh / anno

Energia Consumata 33'000 kWh / anno

Energia Auto-consumata $35'000 \times 0,65 = 24'500$ kWh

Risparmio = $24'500 \times 0,25 = 6'125$ €

SSP = $35'000 \times (1-0,7) = 10'500$ kWh

Ricavi SSP = $10'500 \times 0,12 = 1'260$ €

Energia consumata dalla Pompa di Calore (90% di copertura di Gas)

Copertura Fabbisogno 45'000 kWh di 12'800 kWh (COP = 3,5) consumati dalla PDC ovvero 35kWh / gg (considerando la copertura del solare termico)

Risparmio GAS $6'500 \times 0,9 \times 0,7 = 4'095$ €

Risparmio complessivo Energia Elettrica = $33'000 - 21'300 = 11'700$ kWh

$11'700 \times 0,25 = 2'925$ €

Totale Risparmio + Ricavi Gas + Elettricità = **8'280 €**

Detrazione 6'050 €

PBT = 6,9 anni = $(100'000/14'330)$

IL TUO CONTO ECONOMICO



USCITE

INVESTIMENTO INIZIALE

**Impianto
Fotovoltaico su
porcilaia kWp 15**

€ 24'000,00

**Generatore Energetico
Globale kWp 28 + PDC
W/W + accumulo
termico + sonde Geo**

€ 100'000

ENTRATE

Rate annue detrazione fiscale 50%

€ 1'200,00

€ 1'500

Rate annue detrazione fiscale 65%

€ =====

€ 4'550

Risparmio annuo bolletta gas

€ =====

€ 4'095

Risparmio annuo bolletta Enel

€ 2'125

€ 2'925

Contributo Scambio GSE

€ 1'000

€ 1'260

Beneficio economico cumulabile in 25 anni.

Detrazioni fiscali in 10 anni

€ 12'000

€ 60'500

Risparmi e detrazioni in 10 anni

€ 43'250

€ 143'300

Pareggio investimento

Anni 5,5 (7,6)

Anni 6,9

Nei costi sono escluse eventuali opere edili, le quali verranno valutate con sopralluogo Tecnico e concordate con l'Utente.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing Alessio Iannascoli – Entropia Zero Srl

Energy Manager e Sviluppo Progetti

Email: aiannascoli@entropiazero.it

www.entropiazero.it

www.solarbond.it

Cellulare: 366.5380118