

Obiettivo

- Conoscere le tecniche di sfruttamento dell'energia solare.
- Effettuare un dimensionamento di massima del solare termico e del solare fotovoltaico.

Argomenti

1. Energia solare

- Radiazione solare extra-atmosferica
- Radiazione solare al suolo
- Determinazione dell'irraggiamento utile incidente su una superficie
- Impianti di sfruttamento dell'energia solare

2. Solare termico

- Componenti del sistema
- Caratteristiche e tipologie dei collettori solari
- Criteri di dimensionamento
- Dimensionamento semplificato

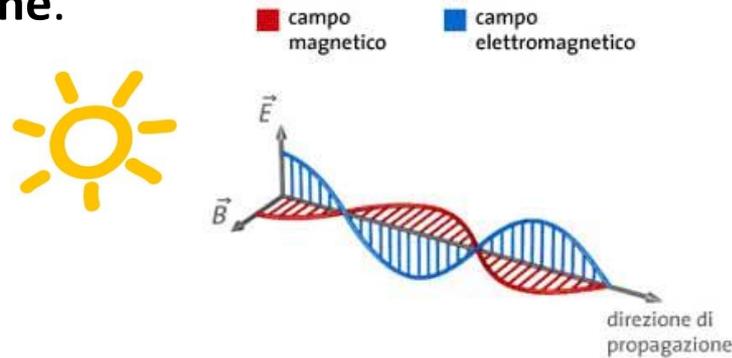
1.

ENERGIA SOLARE

Energia solare

DEFINIZIONE

- L'energia solare è l'energia fornita dal sole sotto forma di **onde elettromagnetiche**.



CONSIDERAZIONI

- Il sole rigenera continuamente tutte le altre forme di energia rinnovabile (vento, maree, biomasse, corsi d'acqua, ecc).
- Il sole ha generato in ere passate anche le principali fonti non rinnovabili (petrolio, gas e carbone derivanti dalla decomposizione di materie organiche).

Radiazione al suolo

FATTORI DETERMINANTI

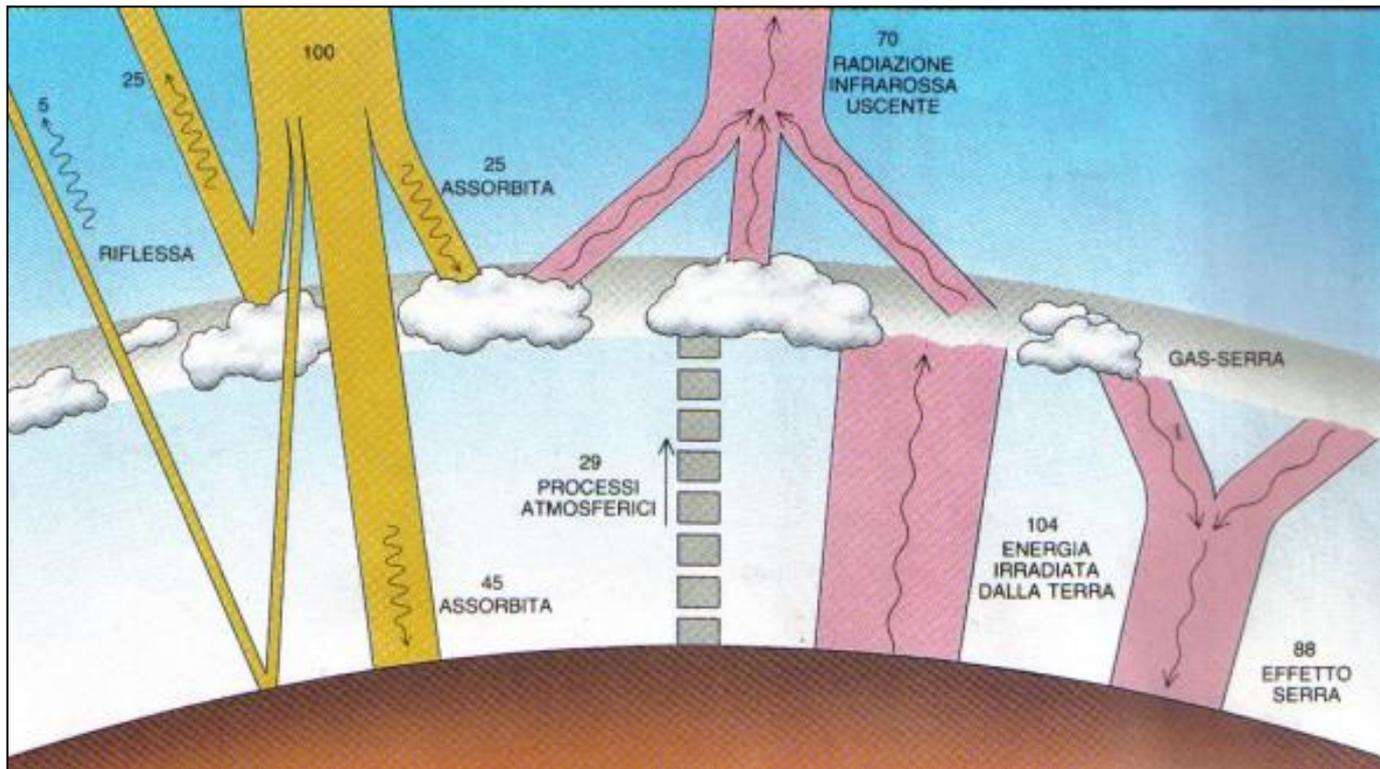
La **potenza sfruttabile** a livello della crosta terrestre è **notevolmente più bassa** rispetto a quella extra-atmosferica a causa di:

- **Trasparenza imperfetta** dell'atmosfera (vapore, nubi, inquinamento, ecc);
- **Latitudine** della località considerata (varia l'angolo di incidenza e la massa di aria attraversata dalla radiazione);
- **Rotazione** terrestre (alternanza giorno-notte);
- **Forma e posizione dell'oggetto** irraggiato;
- **Ombreggiamenti.**

Radiazione al suolo

TRASMISSIONE, RIFLESSIONE, ASSORBIMENTO

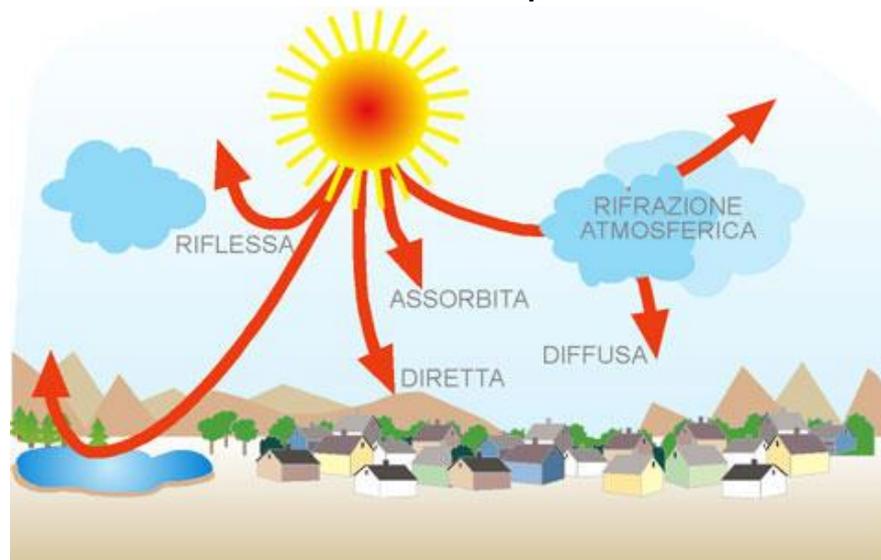
- La radiazione che arriva fino alla crosta terrestre è inferiore rispetto a quella esterna all'atmosfera: parte viene riflessa nello spazio o assorbita dall'atmosfera.



Radiazione al suolo

RADIAZIONE DIRETTA, DIFFUSA E RIFLESSA

- L'atmosfera ha un **effetto diffondente** sulla radiazione in transito. Ciò fa sì che la luce non provenga solamente dal sole, ma da tutta la volta celeste. Il fenomeno è particolarmente intenso in presenza di nubi o nebbia.



- La radiazione solare al suolo si può **suddividere** di:
 - radiazione **diretta**: non ha subito variazioni di direzione;
 - radiazione **diffusa**: ha subito variazioni di direzione a causa dell'atmosfera (non proviene direttamente dal sole ma dalla volta celeste);
 - radiazione **riflessa**: ha subito variazioni di direzione a causa di oggetti (proviene dagli oggetti sulla crosta terrestre).

Radiazione al suolo

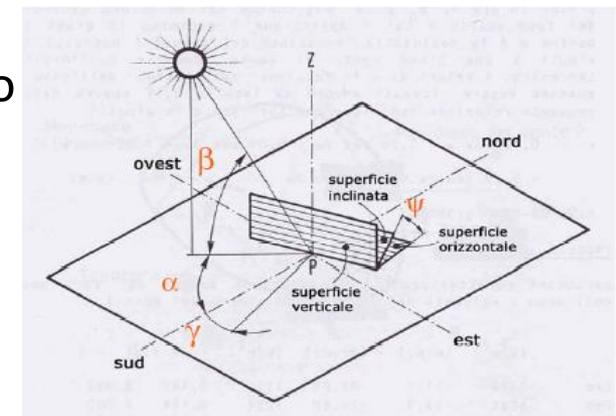
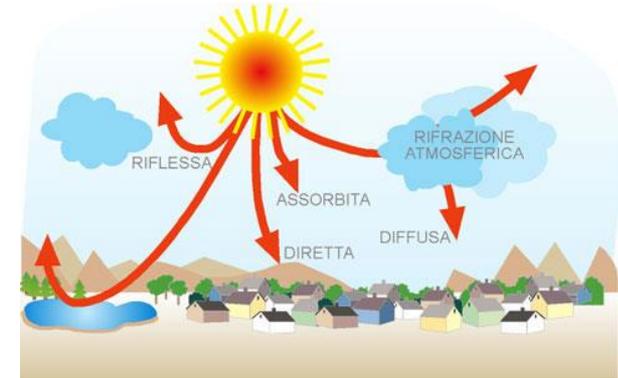
RADIAZIONE DIRETTA, DIFFUSA E RIFLESSA

- La **radiazione globale** incidente su un oggetto collocato sulla crosta terrestre è la somma delle componenti dirette, diffuse e riflesse (albedo):

$$I = I_{dir} + I_{dif} + I_a$$

dove:

- I_{dir} = radiazione diretta del sole;
 - I_{dif} = radiazione diffusa dall'atmosfera;
 - I_a = radiazione di albedo o rinvio multiplo dovuta a riflessioni da parte dei corpi limitrofi.
- Il calcolo delle tre componenti è piuttosto complesso ed è anche molto variabile in base alla località, all'ora del giorno, alle condizioni atmosferiche, alla posizione dell'oggetto, alle caratteristiche dell'ambiente circostante, ecc.

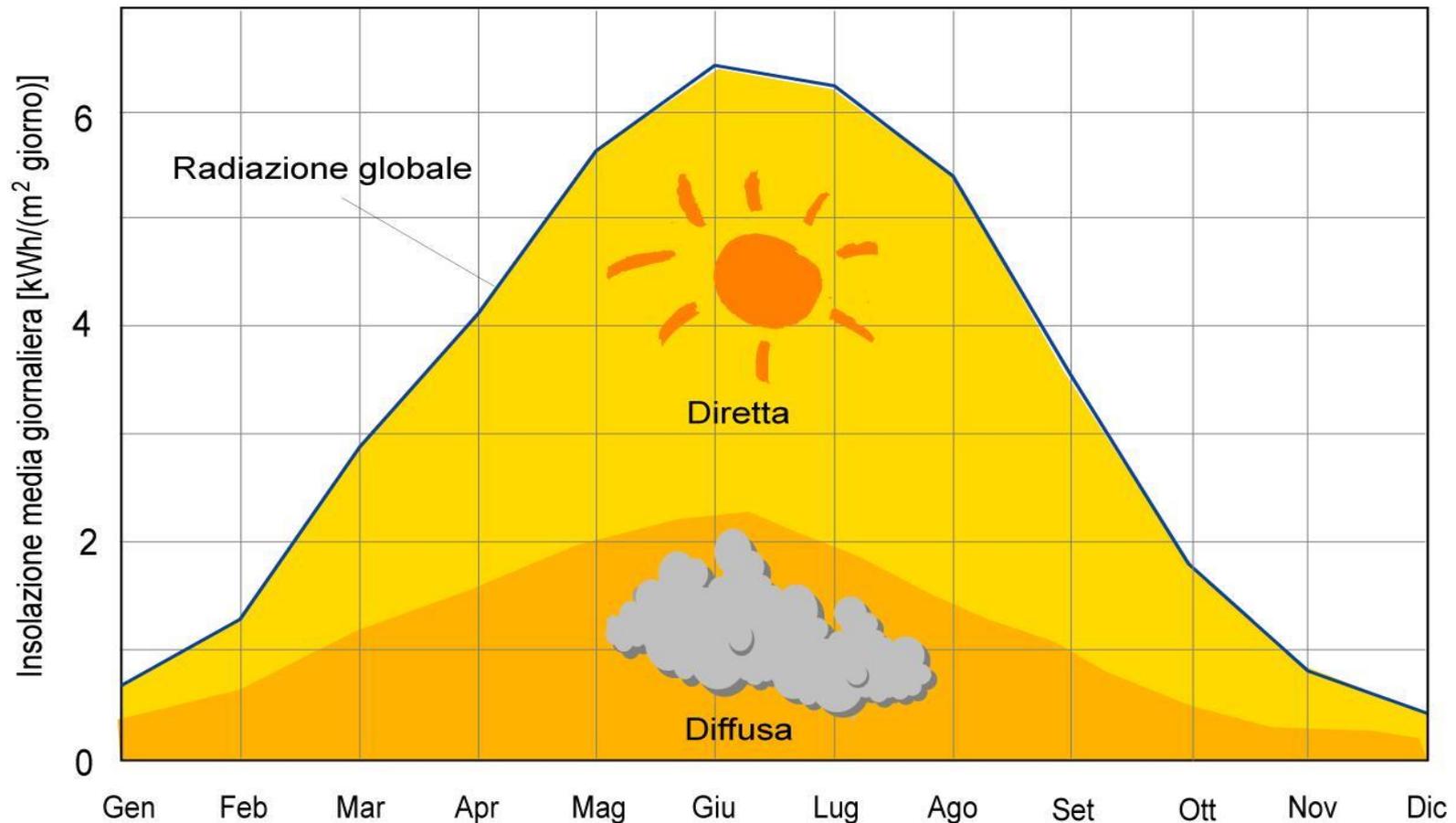


Parametri angolari per la definizione della posizione di una superficie nello spazio.

Radiazione al suolo

DETERMINAZIONE DELL'IRRAGGIAMENTO UTILE

- La componente diretta è superiore a quella diffusa nella stagione estiva e per climi soleggiati.



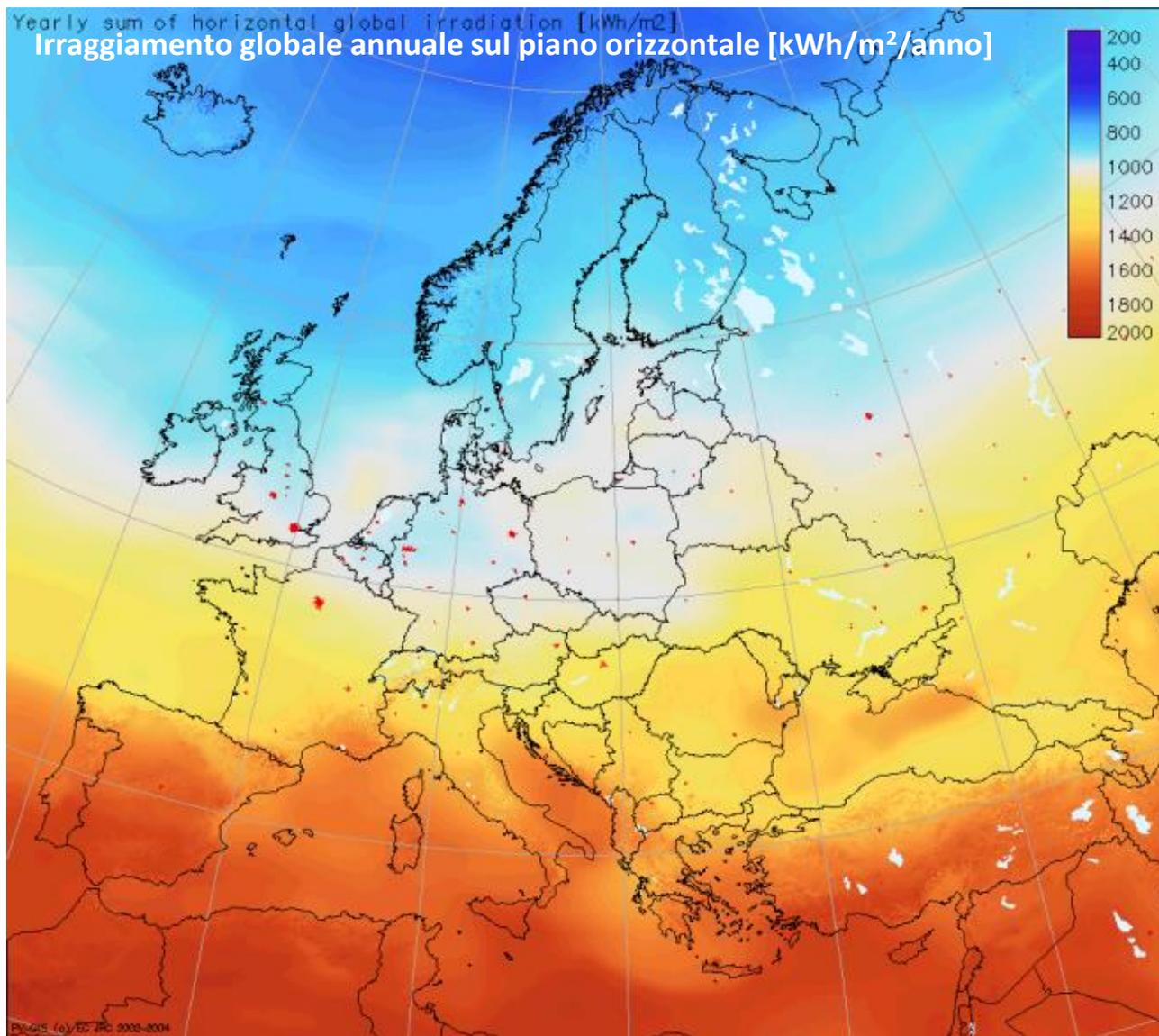
Radiazione al suolo

DETERMINAZIONE DELL'IRRAGGIAMENTO UTILE

- La determinazione dell'**irraggiamento utile** che incide su un oggetto può essere svolta secondo le **seguenti strade**:
 - **metodi di calcolo analitici**;
 - **mappe isoradiative** (irraggiamento medio annuale);
 - **norma UNI 10349** (irraggiamento medio mensile per ogni esposizione e per ogni località);
 - **misurazioni**.
- Nella pratica si possono utilizzare due **servizi web** gratuiti messi a disposizione da ENEA e dalla Commissione Europea:
 - **www.solaritaly.enea.it**
 - **<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>**

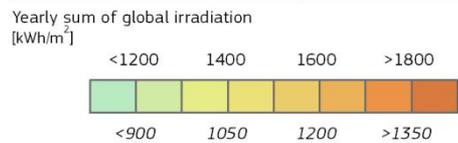
Radiazione al suolo

MAPPE ISORADIATIVE



Radiazione al suolo

MAPPE ISORADIATIVE



Radiazione al suolo

PV-GIS - Input



 Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps



[EUROPA](#) > [EC](#) > [JRC](#) > [IE](#) > [RE](#) > [SOLAREC](#) > [PVGIS](#) > [Interactive maps](#) > [europe](#)

[Contact](#)
[Important legal notice](#)

New: PVGIS expanded to cover Asia. [Click here](#) to read about it.


 e.g., "Ispra, Italy" or "45.256N, 16.9589E"

cursor position: 41.798, 12.524
 selected position: 41.903, 12.496



Map data ©2014 Google, [Termini e condizioni d'uso](#), [Segnala un errore nella mappa](#)

[Solar radiation](#) | [Temperature](#) | [Other maps](#)

PV Estimation | **Monthly radiation** | Daily radiation | Stand-alone PV

Monthly global irradiation data

Radiation database:

- Horizontal irradiation
- Irradiation at opt. angle
- Direct normal irradiation
- Irradiation at chosen angle: deg.
- Linke turbidity
- Dif. / global radiation
- Optimal inclination angle

Monthly ambient temperature data

- Average daytime temperature
- Daily average of temperature
- Number of heating degree days

Output options

- Show graphs
- Show horizon
- Web page
- Text file
- PDF

[\[help\]](#)

Radiazione al suolo

PV-GIS - Output irraggiamento (1/4)

Monthly Solar Irradiation

PVGIS Estimates of long-term monthly averages

Location: 41°54'10" North, 12°29'46" East, Elevation: 65 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Optimal inclination angle is: 35 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	H_h	H_{opt}	$H(90)$	DNI	I_{opt}	T_{24h}
Jan	1800	3060	3110	2690	64	6.3
Feb	2810	4290	3930	3860	57	6.6
Mar	4140	5240	3940	4360	44	10.3
Apr	5310	5840	3420	5240	29	13.8
May	6540	6420	2940	6310	15	18.4
Jun	7480	6960	2660	7740	8	22.3
Jul	7750	7390	2910	8720	12	25.2
Aug	6720	7150	3660	7680	25	25.0
Sep	4900	5990	4130	5470	39	20.3
Oct	3400	4780	4060	3990	52	16.3
Nov	2100	3460	3410	3020	62	11.6
Dec	1630	2980	3170	2730	66	7.5
Year	4560	5300	3440	5160	35	15.3

H_h : Irradiation on horizontal plane (Wh/m²/day)

H_{opt} : Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m²/day)

$H(90)$: Irradiation on plane at angle: 90deg. (Wh/m²/day)

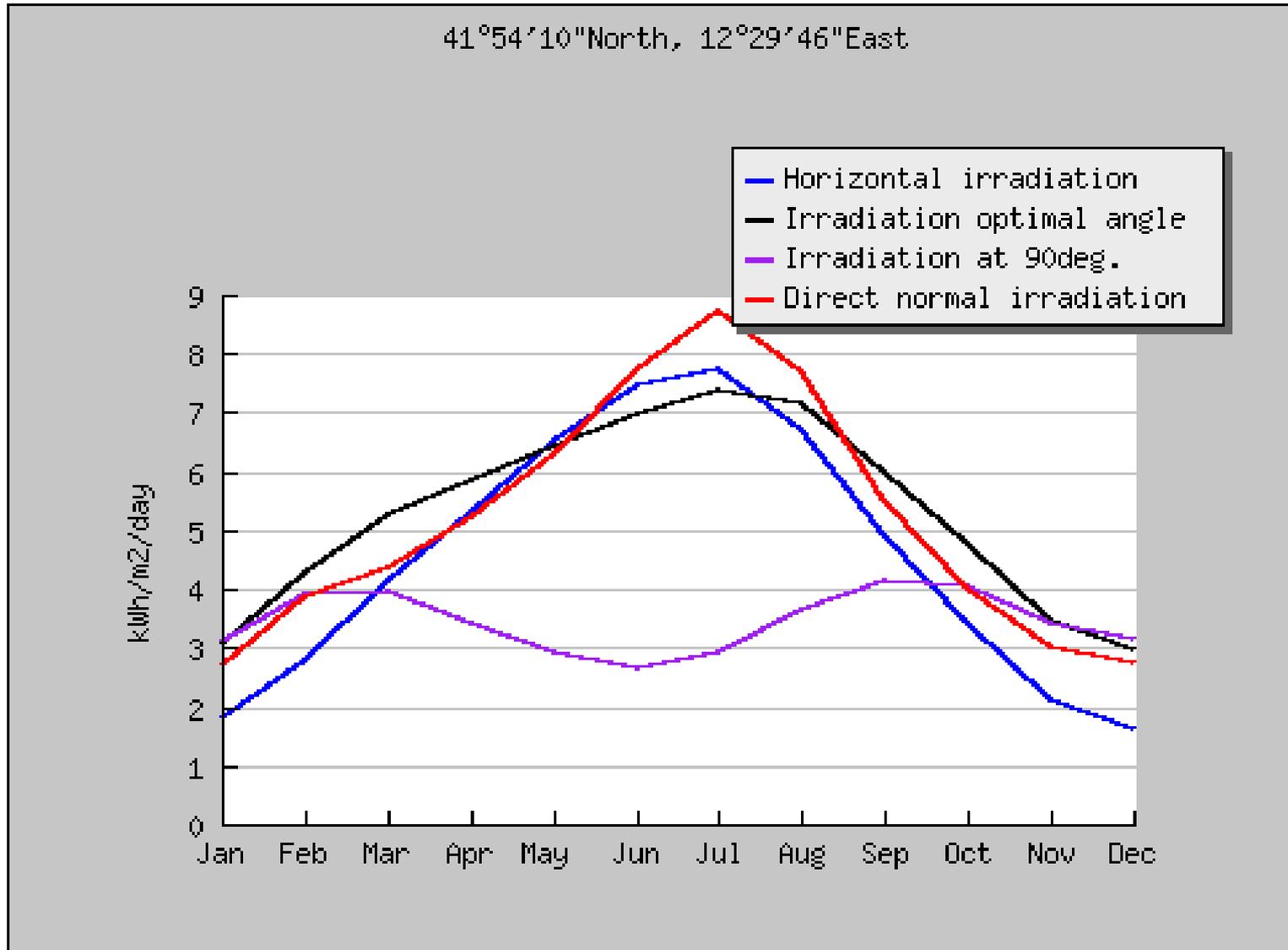
DNI : Direct normal irradiation (Wh/m²/day)

I_{opt} : Optimal inclination (deg.)

T_{24h} : 24 hour average of temperature (°C)

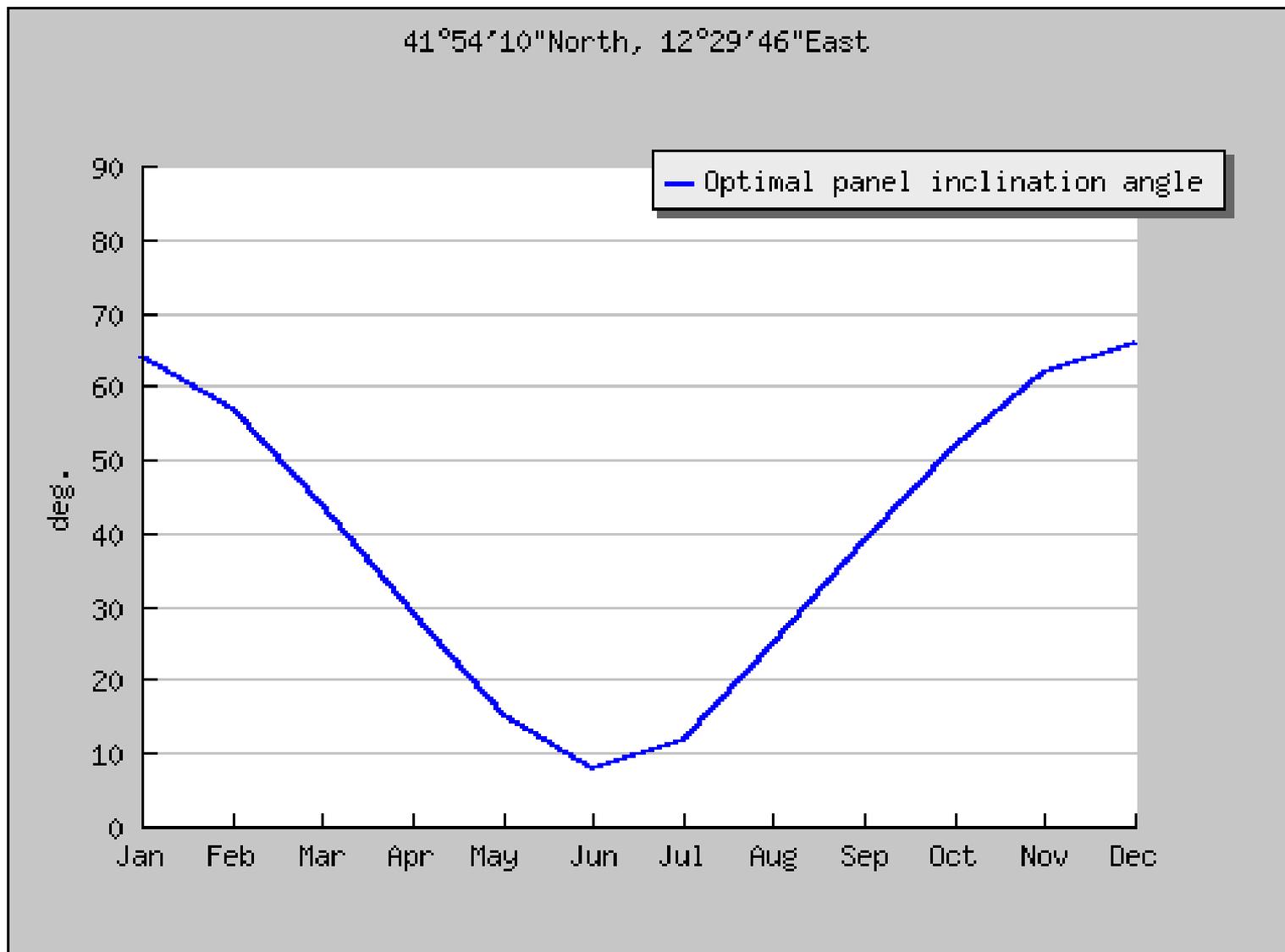
Radiazione al suolo

PV-GIS - Output irraggiamento (2/4)



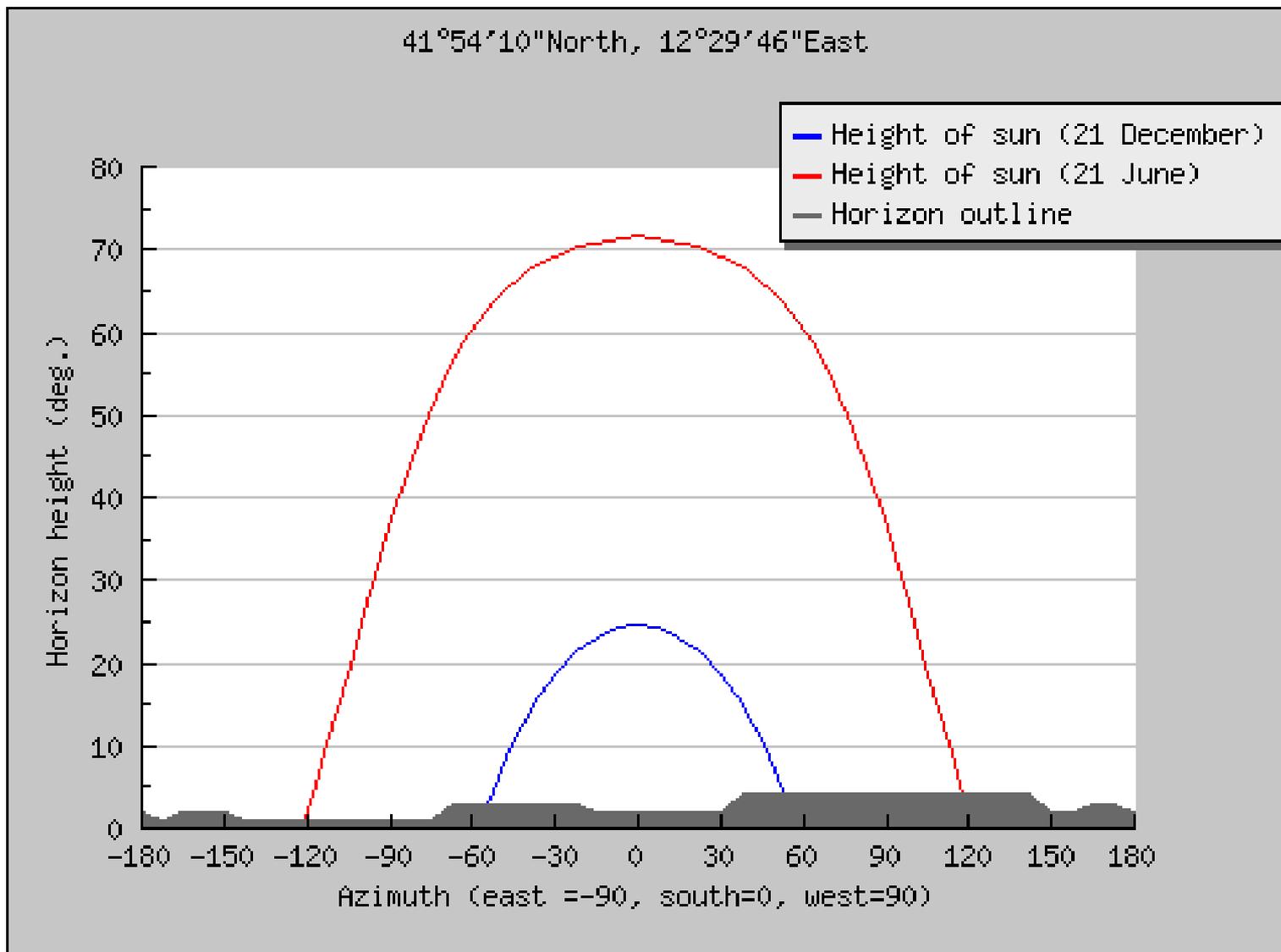
Radiazione al suolo

PV-GIS - Output irraggiamento (3/4)



Radiazione al suolo

PV-GIS - Output irraggiamento (4/4)



Radiazione al suolo

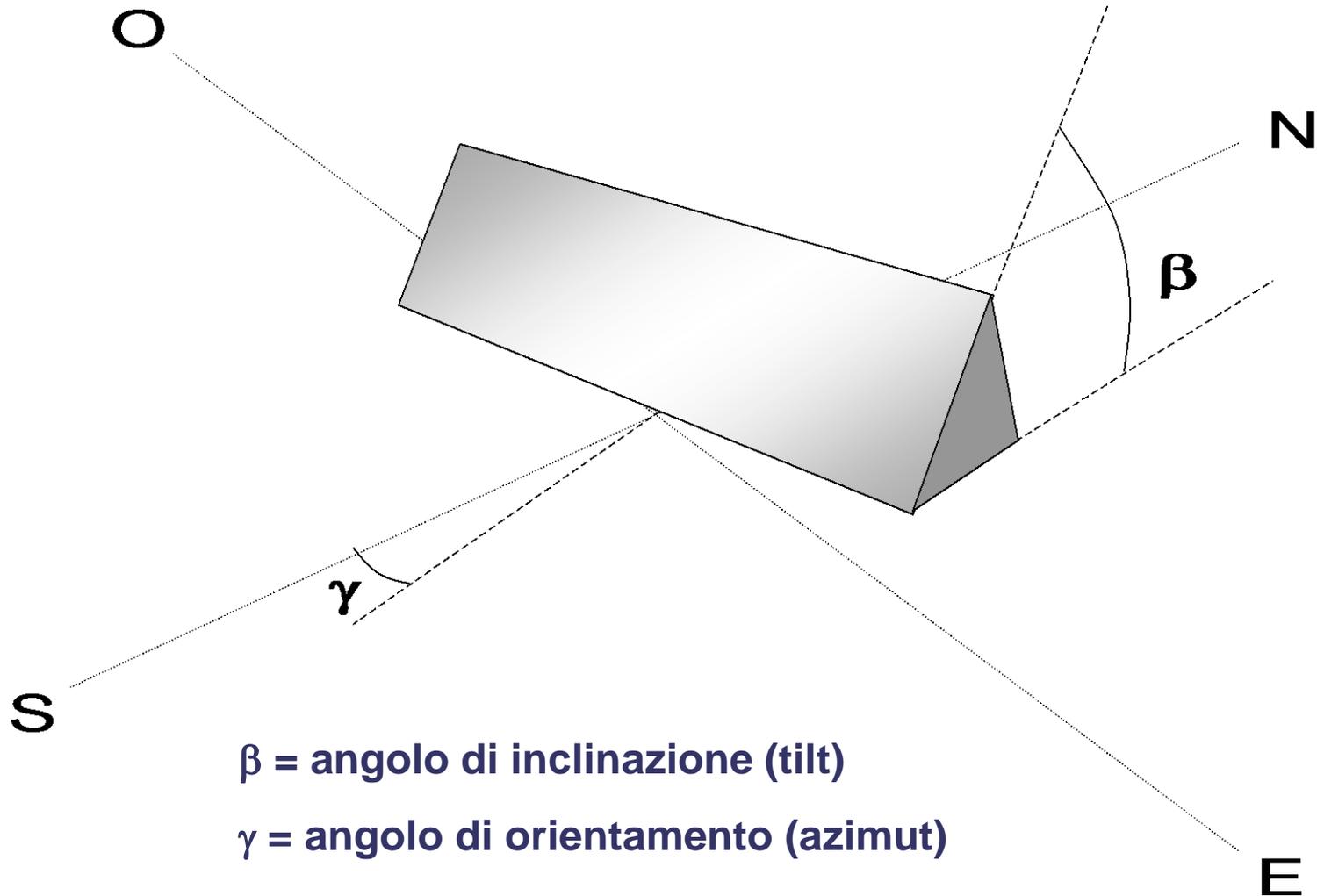
EFFETTO DELLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE

- Le condizioni meteo **influenzano notevolmente** l'irraggiamento solare istantaneo.
- Per le latitudini italiane l'irraggiamento orizzontale **massimo è intorno a 1000 W/m^2** , che può ridursi della metà in caso di cielo nuvoloso e scendere fino a meno di 50 W/m^2 in giornate molto coperte.

Intensità approssimata della radiazione solare.

Radiazione solare	Condizioni atmosferiche							
	Cielo sereno	Nebbia	Nuvoloso	Disco solare giallo	Disco solare bianco	Sole appena percettibile	Nebbia fitta	Cielo coperto
globale								
	1000 W/m^2	600 W/m^2	500 W/m^2	400 W/m^2	300 W/m^2	200 W/m^2	100 W/m^2	50 W/m^2
diretta	90%	50%	70%	50%	40%	0%	0%	0%
diffusa	10%	50%	30%	50%	60%	100%	100%	100%

DISPOSIZIONE DELLA SUPERFICIE



β = angolo di inclinazione (tilt)

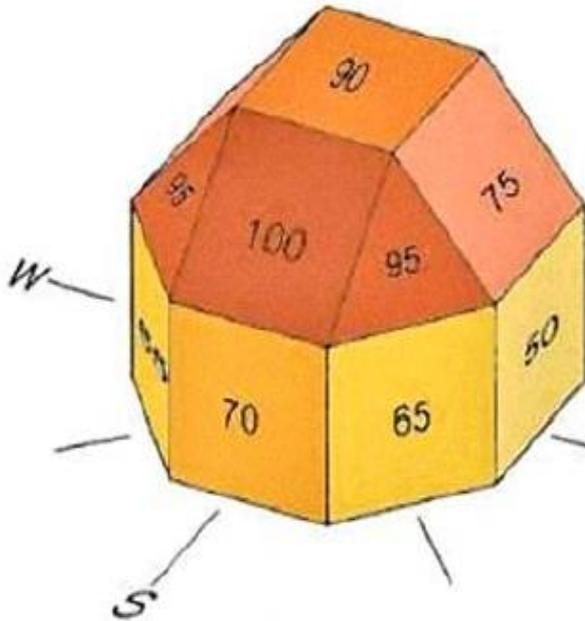
γ = angolo di orientamento (azimut)

Radiazione su superfici orientate

EFFETTO DI ORIENTAMENTO E INCLINAZIONE

- L'**orientamento** (o Azimut) è l'angolo compreso tra la normale della superficie irraggiata ad il sud geografico.
- L'**inclinazione** (o Tilt) è l'angolo compreso tra il piano della superficie irraggiata ed il piano orizzontale.

Percentuale di energia ricevuta annualmente da ciascuna superficie rispetto a quella della superficie ottimale.

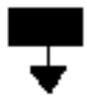


Tilt	AZ												
	-90°	-75°	-60°	-45°	-30°	-15°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
90°	47	52	57	62	65	68	70	70	68	65	61	56	50
80°	53	59	64	70	74	77	79	78	77	73	69	63	57
70°	59	65	71	77	82	85	87	87	84	81	78	70	63
60°	65	71	78	83	88	91	93	93	90	87	82	75	68
50°	70	77	83	89	93	96	97	97	95	91	86	80	73
40°	76	82	87	91	96	98	100	99	97	94	90	84	78
30°	80	84	90	93	97	98	100	99	98	95	91	87	82
20°	83	87	90	93	95	97	97	97	97	94	91	89	85
10°	86	88	90	90	92	93	93	93	93	92	90	89	87
0°	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87

Radiazione su superfici orientate

EFFETTO DI ORIENTAMENTO E INCLINAZIONE

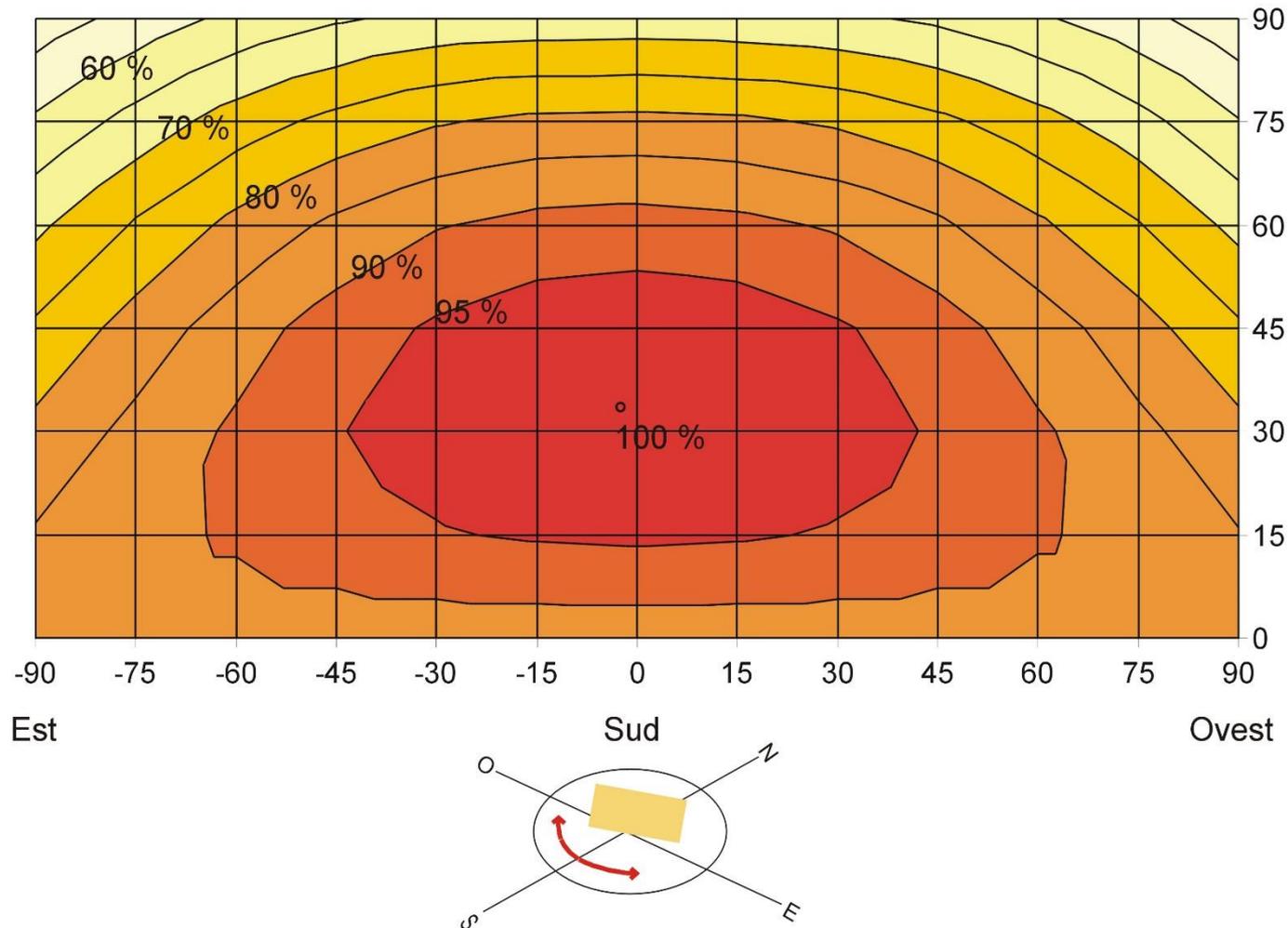
- Per le latitudini italiane la superficie che riceve maggiore energia durante l'anno è orientata a sud (azimut=0°) e inclinata di 36° sull'orizzontale.

INCLINAZIONE \ ORIENTAMENTO		 0° 	 30° 	 60° 	 90° 
		Est 	0,93	0,90	0,78
Sud-Est 	0,93	0,96	0,88	0,66	
Sud 	0,93	1,00	0,91	0,68	
Sud-Ouest 	0,93	0,96	0,88	0,66	
Ouest 	0,93	0,90	0,78	0,55	

- Non è detto che 36° sia sempre l'angolo ottimale**, occorre ottimizzarlo in base alla località (presenza di ombreggiamenti, ecc) ed in base al periodo di utilizzo dell'energia (es. solare termico: più inclinato di 36° per avere maggiore energia d'inverno).

Radiazione su superfici orientate

EFFETTO DI ORIENTAMENTO E INCLINAZIONE



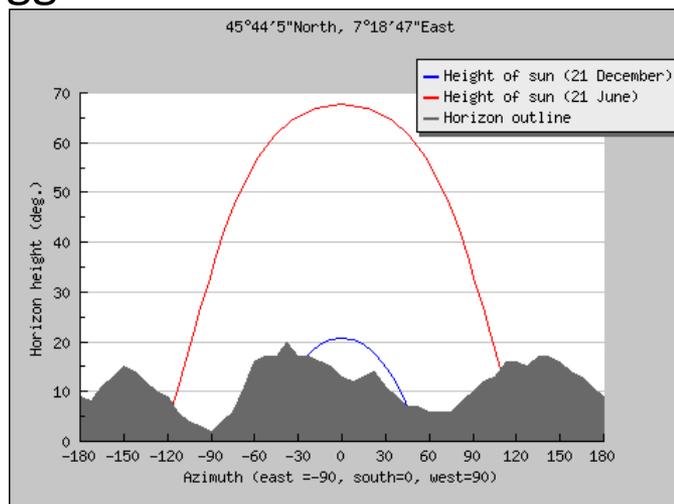
Radiazione su superfici orientate e ombreggiate

EFFETTO DEGLI OMBREGGIAMENTI

- Gli ombreggiamenti possono influire notevolmente sulla disponibilità di radiazione solare.
- L'ombreggiamento può essere suddiviso in due categorie:

1. Ombreggiamento generale

Si tratta di oggetti all'orizzonte che schermano parte del cammino solare. Di solito sono dovuti alla **configurazione orografica** del terreno (montagne, colline, ecc). Queste ombre sono facilmente prevedibili poiché fanno parte del territorio e schermano in modo uniforme tutta la superficie irraggiata. Lo stesso PV-GIS considera la presenza di montagne nel calcolo dell'irraggiamento.

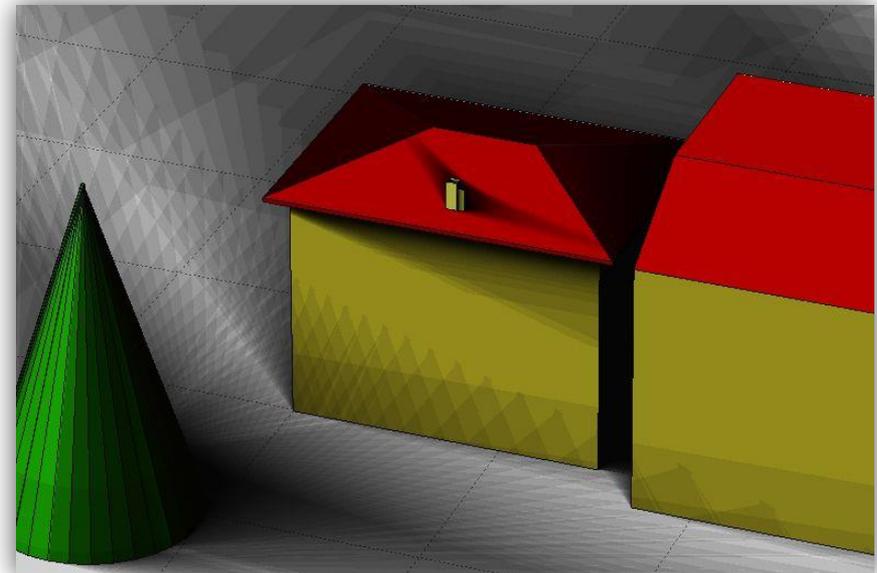
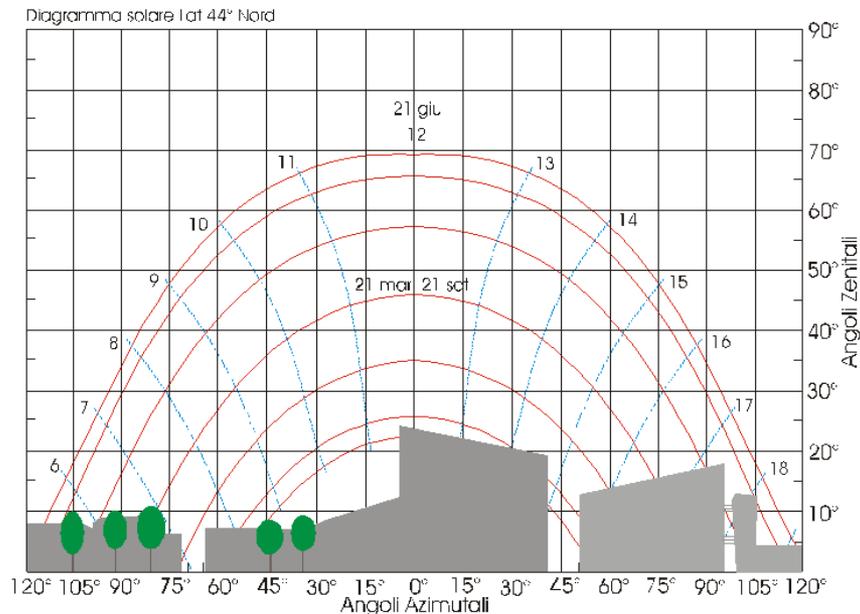


Radiazione su superfici orientate e ombreggiate

EFFETTO DEGLI OMBREGGIAMENTI

2. Ombreggiamento particolare

E' dovuto all'effetto schermante di **oggetti relativamente vicini** (es: edifici circostanti, comignoli, vegetazione, ecc) non prevedibili a priori. In questo caso è necessario costruire delle curve di ombreggiamento ad-hoc (fig.1). Inoltre, se tali oggetti ombreggiano solo parte della superficie interessata, allora è necessario un calcolo dinamico tridimensionale per effettuare valutazioni corrette.



Utilizzo dell'energia solare

IMPIANTI AD ENERGIA SOLARE

- L'energia radiante solare può essere convertita nelle seguenti **tipologie di energia utile**:
 - **Energia termica a bassa temperatura** (max 80°C): riscaldamento dell'acqua ai fini sanitari e/o di riscaldamento ambientale → **impianti solari termici**
 - **Energia termica ad alta temperatura** (centinaia di gradi): produzione di vapore ed espansione del vapore in turbina per la generazione di energia elettrica → **impianti solari termodinamici**
 - **Energia elettrica**: produzione di energia elettrica direttamente mediante l'effetto fotovoltaico → **impianti fotovoltaici**



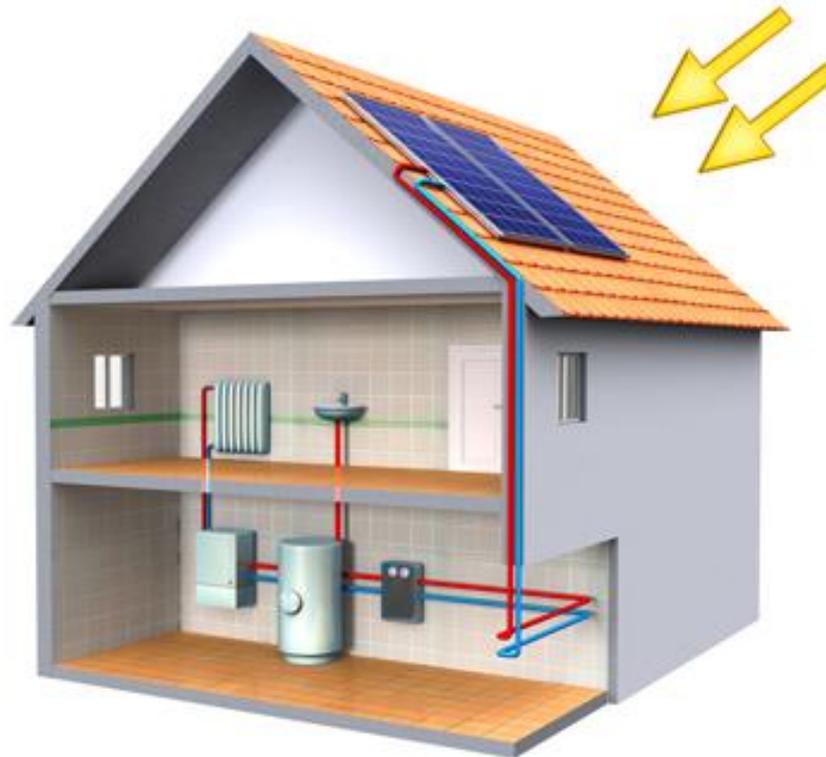
2.

**SOLARE TERMICO
A BASSA TEMPERATURA**

Impianti solari termici a bassa temperatura

FUNZIONALITA' E OBIETTIVI

- L'impianto solare termico a bassa temperatura ha la funzione di **convertire l'energia elettromagnetica** contenuta nella radiazione solare **in energia termica** con l'obiettivo di produrre acqua calda per usi sanitari e/o per riscaldamento degli ambienti.



Componenti di un impianto solare termico

COMPONENTI

- L'impianto solare termico è composto dai seguenti **elementi principali**:
 - 1. Collettore solare** (o pannello solare termico)

Rappresenta l'elemento preposto alla captazione della radiazione solare, alla sua conversione in energia termica e alla successiva trasmissione al fluido termovettore (miscela di acqua e glicole propilenico).
 - 2. Serbatoio di accumulo**

Costituisce la riserva di acqua calda prodotta dall'impianto e pronta all'uso.
 - 3. (Eventuale) pompa di circolazione**

Serve alla movimentazione del fluido termovettore per impianti che non sfruttano la circolazione naturale.
 - 4. Tubazioni, valvole, carpenteria, sistemi di fissaggio, ecc**



Collettori solari

TIPOLOGIE DI COLLETTORI

- I collettori solari a bassa temperatura si distinguono in 3 macro-categorie (a complessità ed efficienza crescente):

1. Collettori non vetrati

Tutte le soluzioni, più o meno artigianali, che permettono di riscaldare l'acqua mediante radiazione solare.

Pro: semplicità, economicità

Contro: efficienza

Utilizzi: temporanei solo estivi (campeggi, case vacanze, chalet, ecc)



Collettori solari

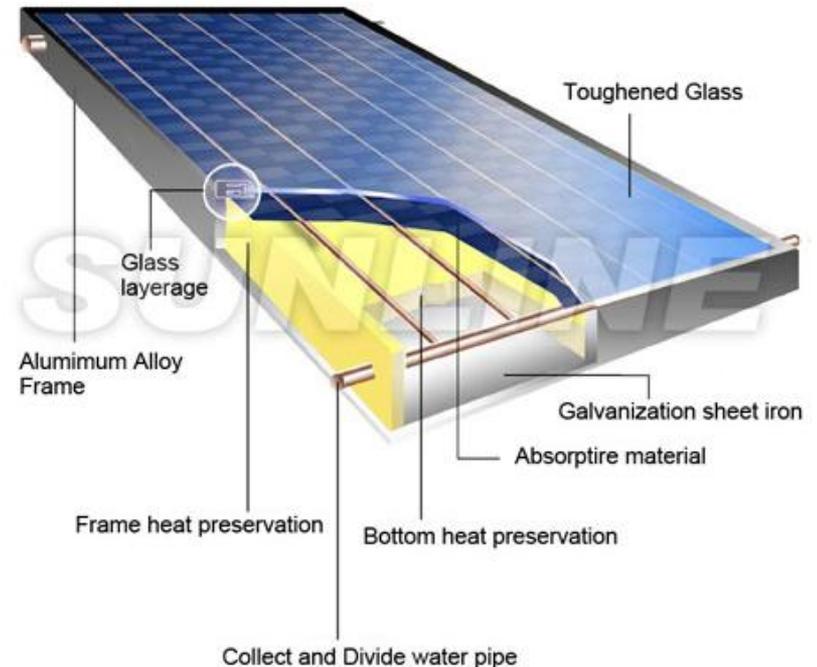
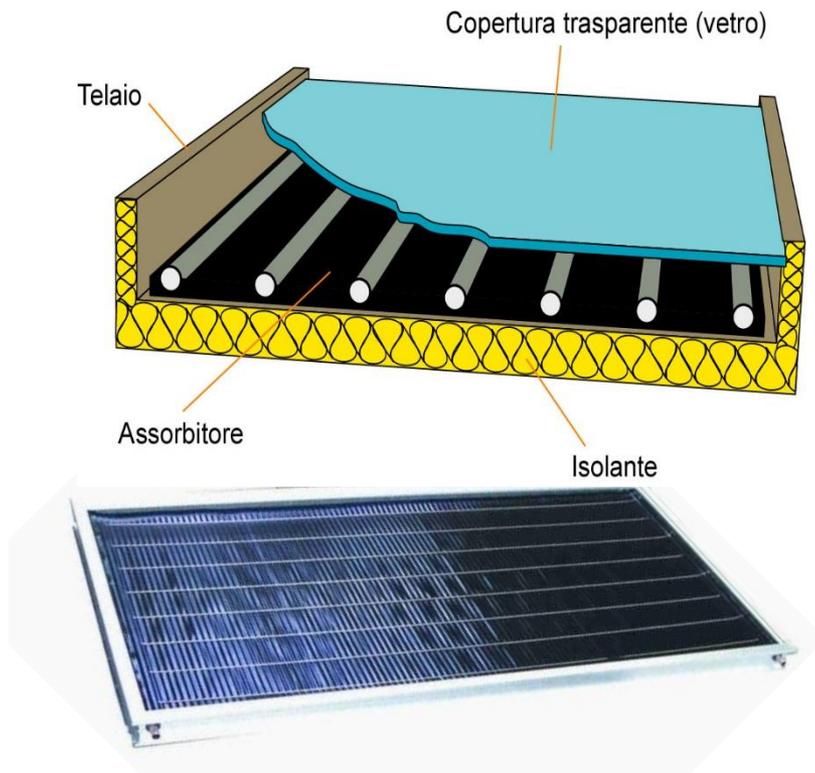
TIPOLOGIE DI COLLETTORI

2. Collettori piani vetrati

Pannelli realizzati appositamente per assorbire radiazione solare e limitare al massimo le dispersioni verso l'ambiente esterno (grazie alla chiusura vetrata che realizza l'effetto serra).

Pro: discreta efficienza, buona resa estetica **Contro:** prezzo medio-alto

Utilizzi: sia estivi che invernali (residenze, piscine, centri sportivi, ecc)



Collettori solari

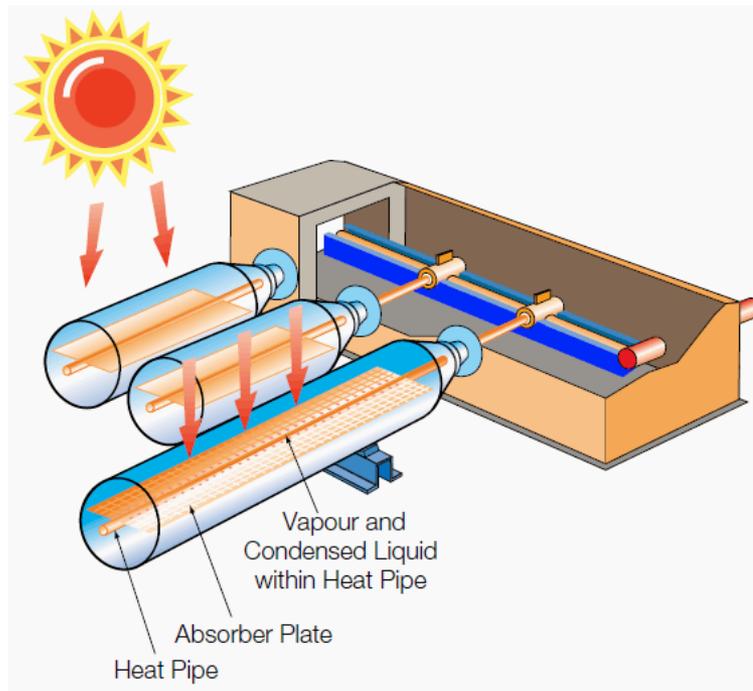
TIPOLOGIE DI COLLETTORI

3. Collettori a tubi sottovuoto

Pannelli realizzati appositamente per assorbire radiazione solare e limitare al massimo le dispersioni verso l'ambiente esterno. L'elemento captante è costituito da *heat-pipes* poste all'interno di tubi in vetro sottovuoto (effetto serra + riduzione di conduzione e convezione).

Pro: buona efficienza, buona resa estetica **Contro:** prezzo alto

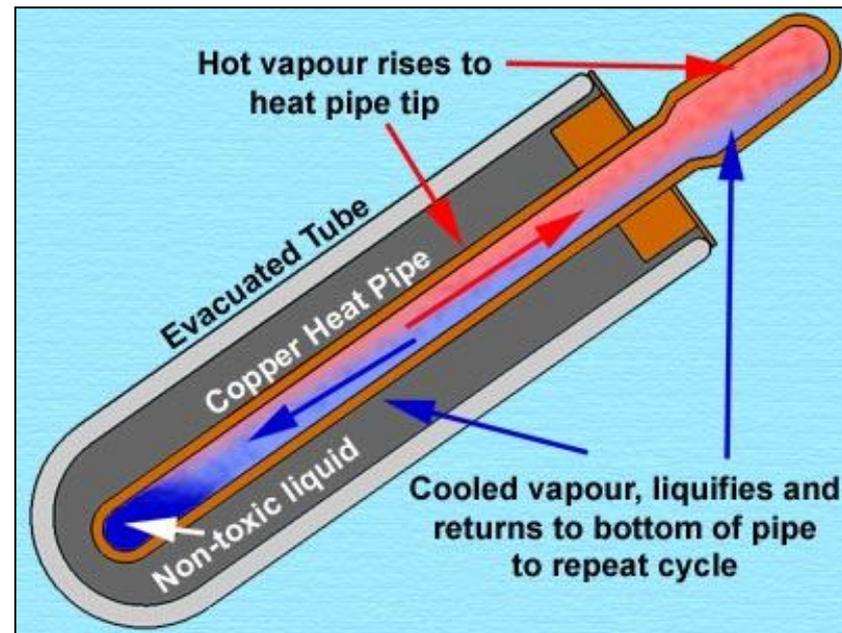
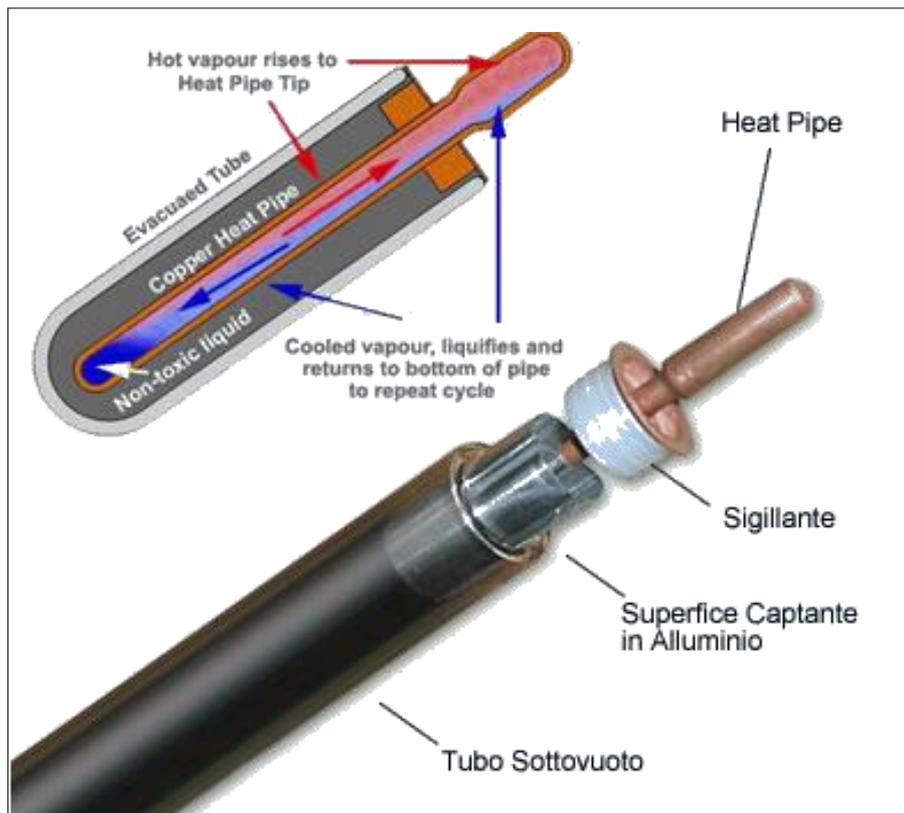
Utilizzi: sia estivi che invernali (residenze, piscine, centri sportivi, ecc)



Collettori solari

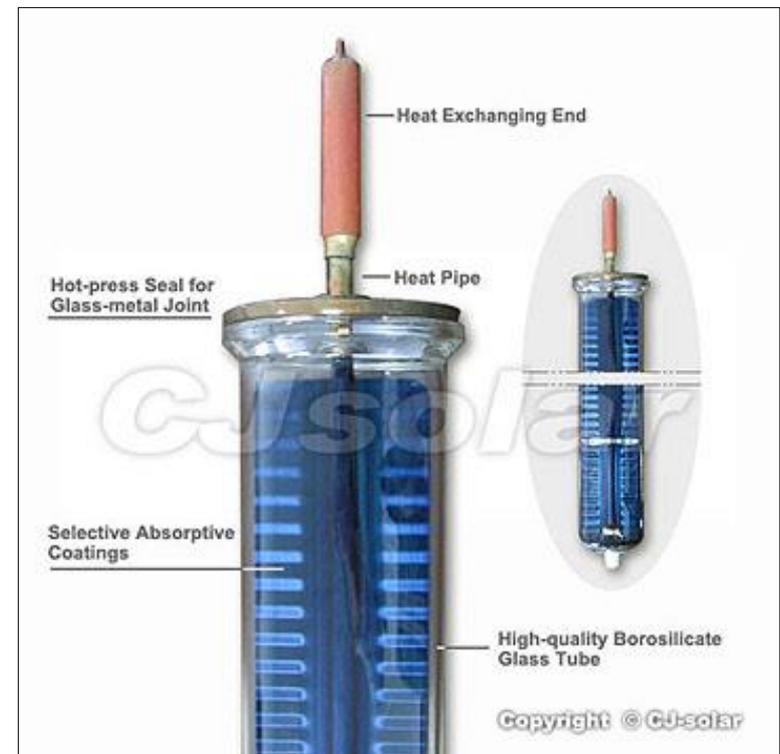
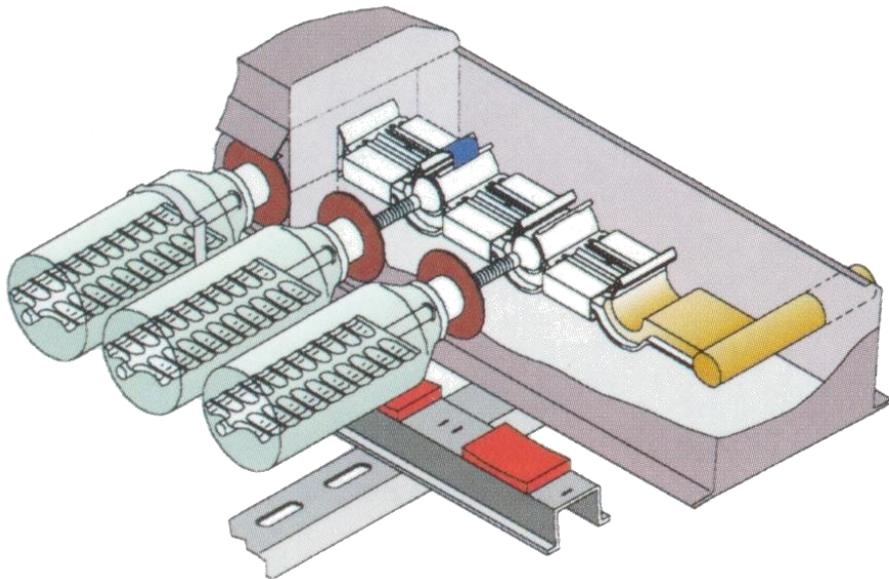
TECNOLOGIA HEAT PIPES

- Le heat pipes sono letteralmente "tubi di calore".
- Sono tubi sigillati con all'interno un liquido che evapora nella zona calda (lungo il collettore) e condensa nella zona fredda (parte alta dove passa il flusso d'acqua). Sfruttano il passaggio di stato evaporazione-condensazione per aumentare lo scambio energetico.



Collettori solari

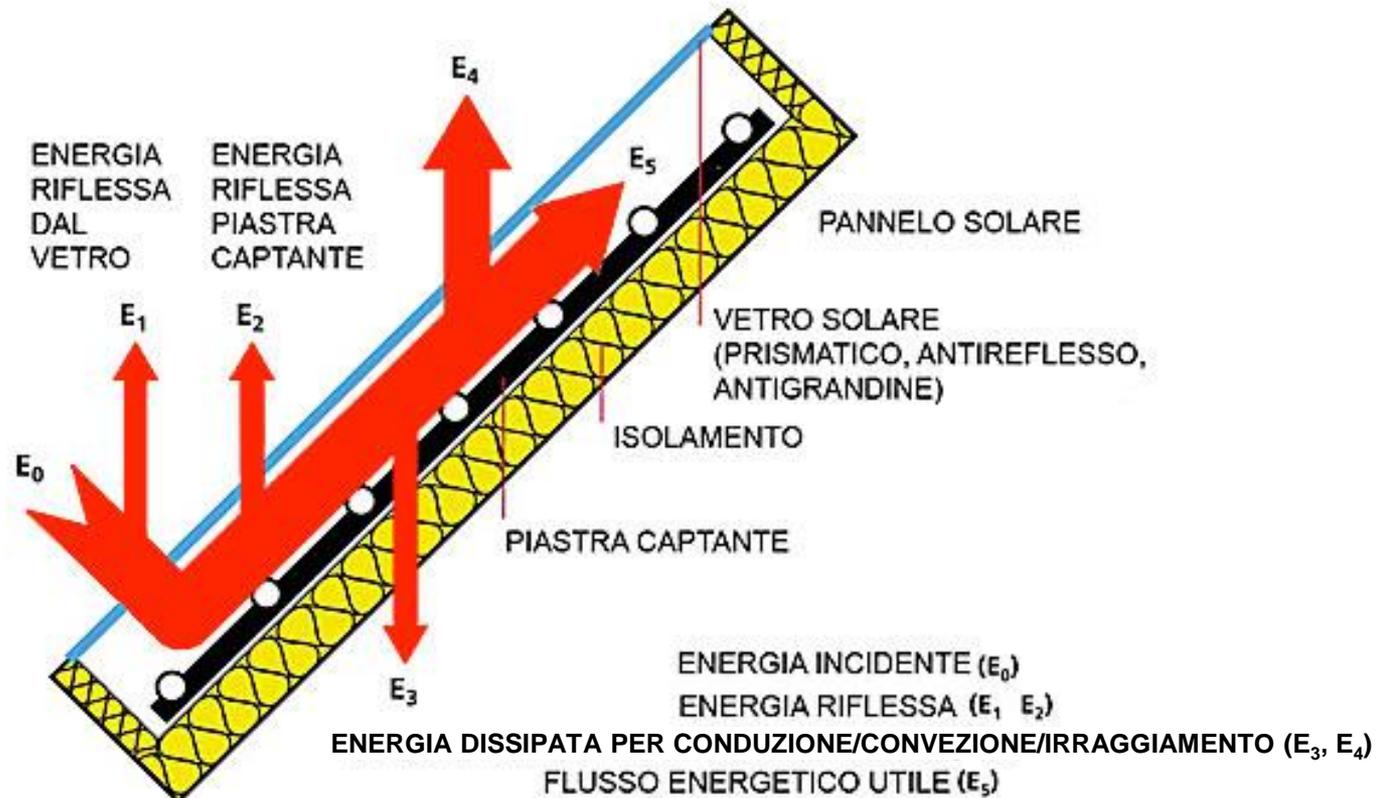
TECNOLOGIA HEAT PIPES



Collettori solari

EFFICIENZA DI CONVERSIONE

- L'efficienza di conversione della potenza radiante in potenza termica dipende dalla capacità del collettore di assorbire energia senza disperderla nell'ambiente circostante.



Configurazioni di impianto

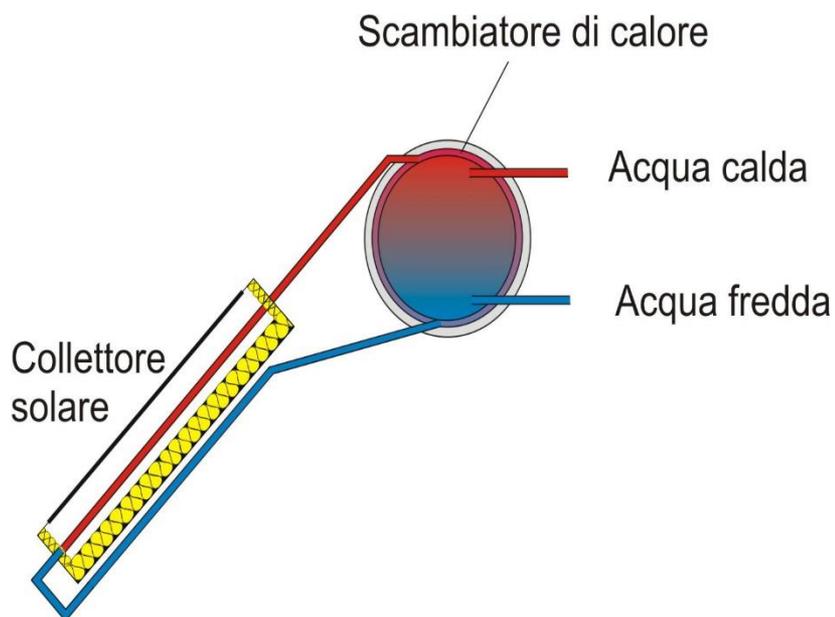
CIRCOLAZIONE NATURALE

- Nell'impianto a circolazione naturale il movimento dell'acqua attraverso i pannelli è realizzato mediante **convezione naturale**, senza pompe.
- E' necessario che il serbatoio di accumulo sia posto al di sopra dei pannelli.

Pro: nessun consumo elettrico, minori costi

Contro: resa estetica

Utilizzi: piccoli impianti domestici



Configurazioni di impianto

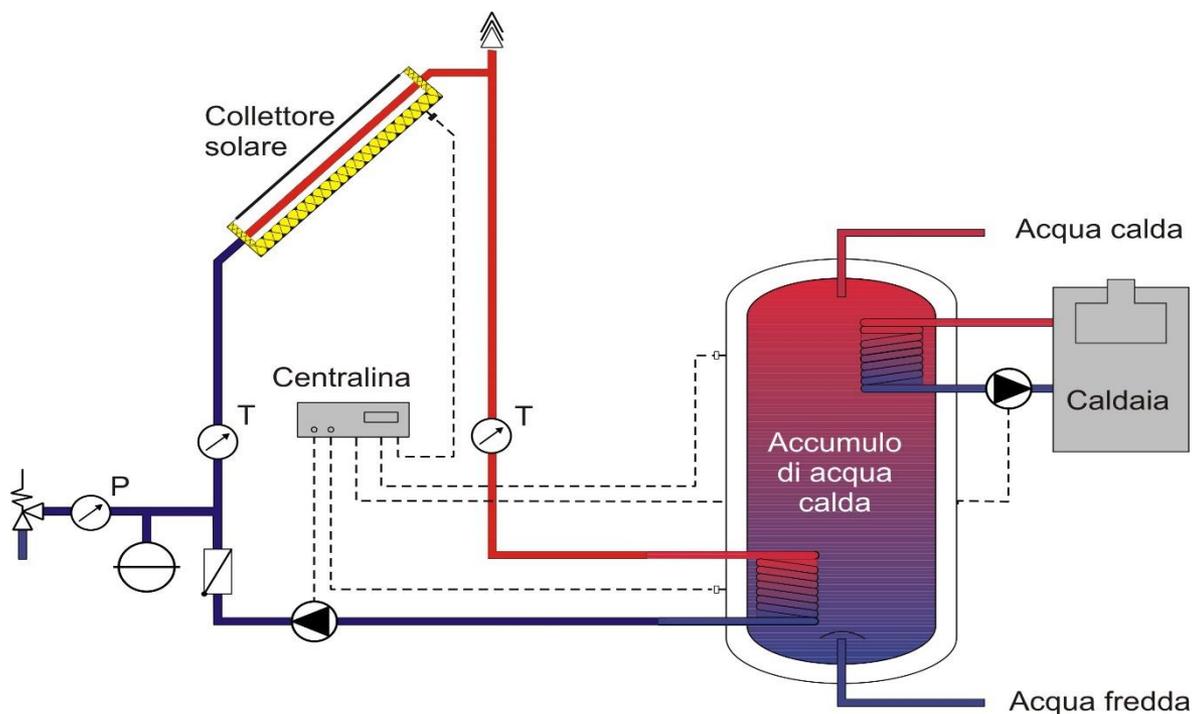
CIRCOLAZIONE FORZATA

- Nell'impianto a circolazione naturale il movimento dell'acqua attraverso i pannelli è realizzato mediante una **pompa di circolazione**.
- Il serbatoio di accumulo può essere collocato in posizione qualsiasi.

Pro: flessibilità, maggiore resa estetica

Contro: costi, consumo elettrico

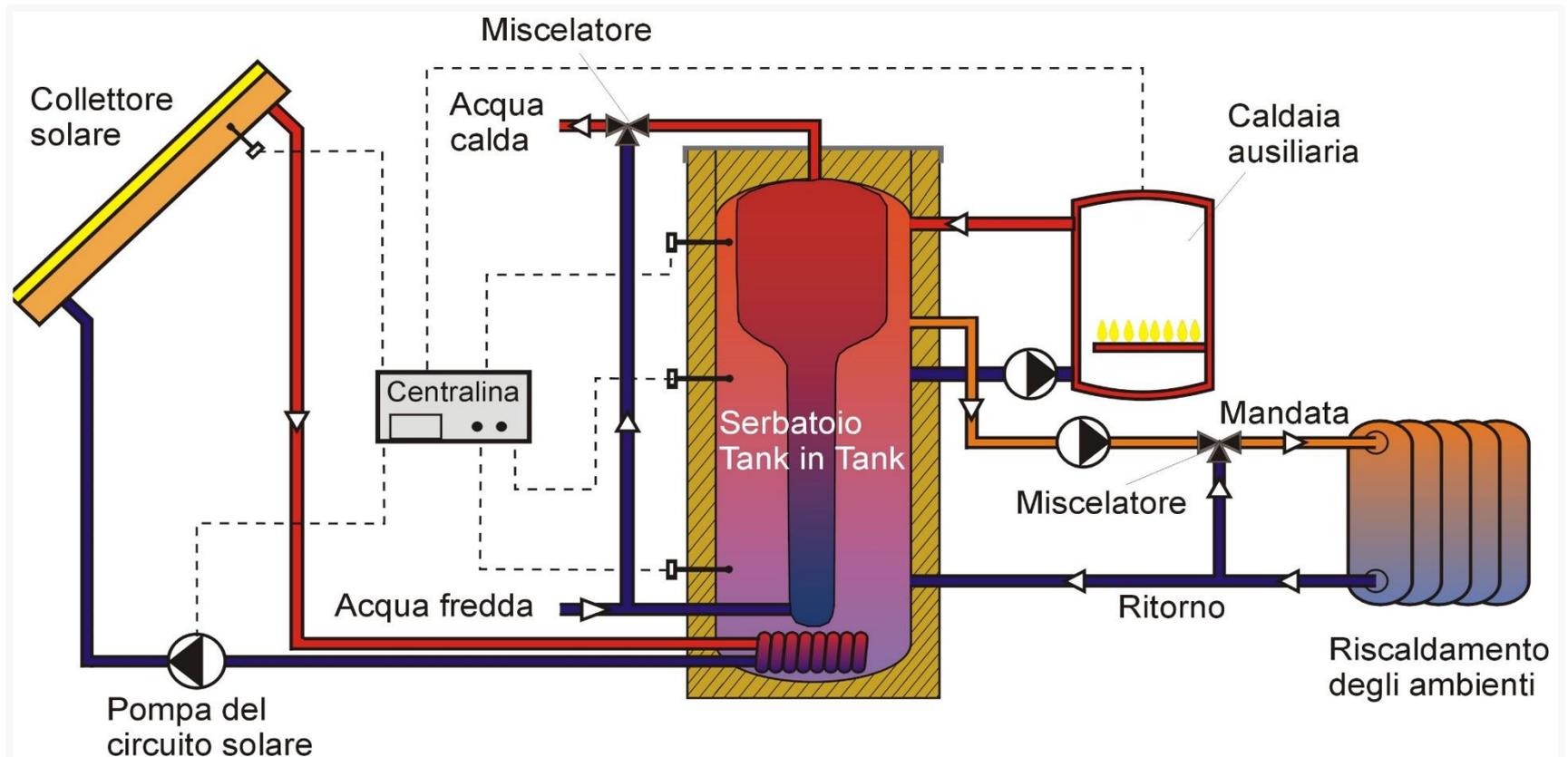
Utilizzi: impianti qualsiasi



Configurazioni di impianto

RISCALDAMENTO E ACQUA CALDA SANITARIA

- Se l'impianto solare termico è adibito sia a riscaldamento che a produzione di acqua calda sanitaria è possibile un'**integrazione delle due funzionalità** con la presenza di un riscaldatore ausiliario (caldaia, resistenza elettrica o altro) in caso di insufficienza dell'energia solare.



Dimensionamento collettore solare

GRANDEZZE BASE DI CALCOLO:

- 1) La superficie netta dei collettori solari,
- 2) La potenza specifica di progetto,
- 3) Il salto termico del fluido vettore,
- 4) Il volume del serbatoio d'accumulo

Superfici nette pannelli piani correlate al fabbisogno giornaliero di **acqua calda sanitaria** a 45°C

- Italia del Nord 1,2 mq. per fabbisogno 50 lt./giorno
- Italia del Centro 1,0 mq. per fabbisogno 50 lt./giorno
- Italia del Sud 0,8 mq. per fabbisogno 50 lt./giorno

Dimensionamento collettore solare

Consumo giornaliero pro capite di acqua calda a 45° C

35 l (persona/giorno)	Comfort basso
50 l (persona/giorno)	Comfort medio
75 l (persona/giorno)	Comfort alto

Valori di correzione per i diversi orientamenti

Sud: 0° Est/Ovest: 90°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0,89	0,97	1,00	0,99	0,93	0,83	0,69
15	0,89	0,96	1,00	0,98	0,93	0,83	0,69
30	0,89	0,96	0,99	0,97	0,92	0,82	0,70
45	0,89	0,94	0,97	0,95	0,90	0,81	0,70
60	0,89	0,93	0,94	0,92	0,87	0,79	0,69
75	0,89	0,91	0,91	0,88	0,83	0,76	0,66
90	0,89	0,88	0,87	0,83	0,78	0,71	0,62

Dimensionamento collettore solare

Negli edifici residenziali il fabbisogno termico per la produzione di acqua calda rimane costante nel corso dell'anno. Un'indicazione sul fabbisogno di acqua calda è data dal numero di persone che abitano l'edificio. Solitamente il consumo giornaliero di acqua calda a 45°C viene stimato attorno a queste cifre:

	<i>Quantità</i>	<i>Parametro</i>	<i>Risultato</i>
Persone	7	50 l/(p g)	350 l/g
Lavaggi lavastoviglie	1	20 l/(a lavaggio)	20 l/g
Lavaggi lavatrice	1	30 l/(a lavaggio)	30 l/g
		TOT	400 l/g

Dati di progetto

Esempio di valori minimi per il fabbisogno procapite di acqua calda ad uso sanitario

LITRI/GIORNO PROCAPITE	FABBISOGNO	UNITA' DI MISURA
ABITAZIONE	50	l/(persona/giorno)
OSTELLO	35	l/(persona/giorno)
CAMPEGGIO	30	l/(persona/giorno)
HOTEL	130	l/(stanza/giorno)
SPOGLIATOI (DOCCE PALESTRA)	35	l/(utilizzatore/giorno)
OSPEDALE	60	l/(posto letto/giorno)
CASA DI RIPOSO	40	l/(persona/giorno)
INDUSTRIA	20	l/(persona/giorno)
LAVANDERIA	06	l/(kg. lavato)
RISTORANTE	10	l/(pasto)

Dimensionamento impianto solare

Per una situazione con orientamento ideale (sud, inclinazione 30°) si utilizzano i valori di riferimento di seguito riportati per dimensionare la superficie dei collettori:

<i>Zone in Italia</i>	<i>Valori di riferimento per il dimensionamento</i>
Nord	1,2 m ² / (50 l/g)
Centro	1 m ² / (50 l/g)
Sud	0,8 m ² / (50 l/g)

Il volume del serbatoio corrisponderà circa a 50 - 70 l/(m² di superficie di collettore piano).

$$10 \text{ m}^2 \times 60 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} = 600 \text{ l}$$

Dimensionamento collettore solare

Superfici nette collettori vetrati piani correlate al fabbisogno giornaliero di **acqua calda per riscaldamento con sistemi a bassa temperatura (imp. di medio -piccole dimensioni)**

- Italia del Nord ca. 1,10-1,30 mq. ogni 10 mq. sup. netta abitata**
- Italia del Centro ca. 0,80-1,00 mq. ogni 10 mq. sup. netta abitata**
- Italia del Sud ca. 0,60-0,70 mq. ogni 10 mq. sup. netta abitata**

Riscaldamento piscine -superfici nette collettori vetrati piani -

- Piscine esterne ca. 0,70-0,50 mq.ogni mq.di sup. piscina**
- Piscine coperte ca. 0,50-0,40 mq.ogni mq.di sup. piscina**

NORMATIVA FER

DECRETO LEGISLATIVO 3 marzo 2011, n. 28

Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE. (11G0067) (GU n. 71 del 28-3-2011 - Suppl. Ordinario n.81)

Allegato 3:

Obblighi per i nuovi edifici o gli edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti

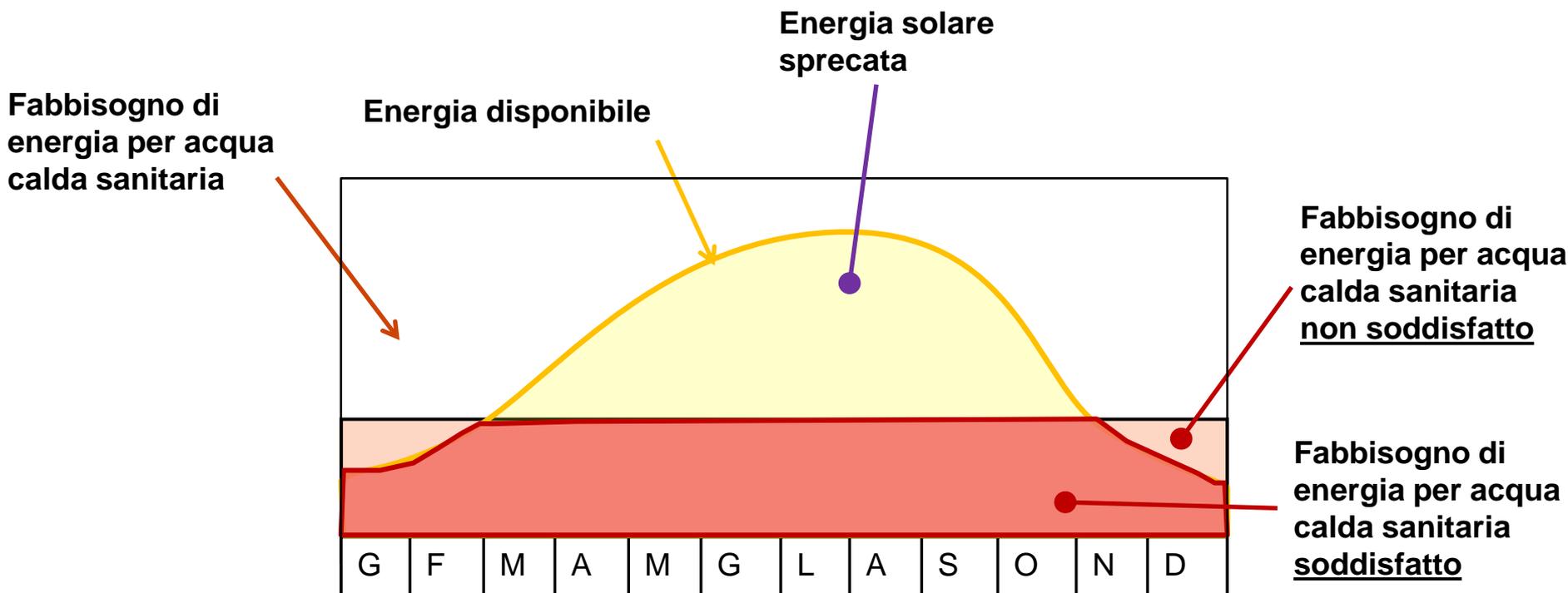
Percentuali da FER:

- **50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria**

Dimensionamento solare termico

CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

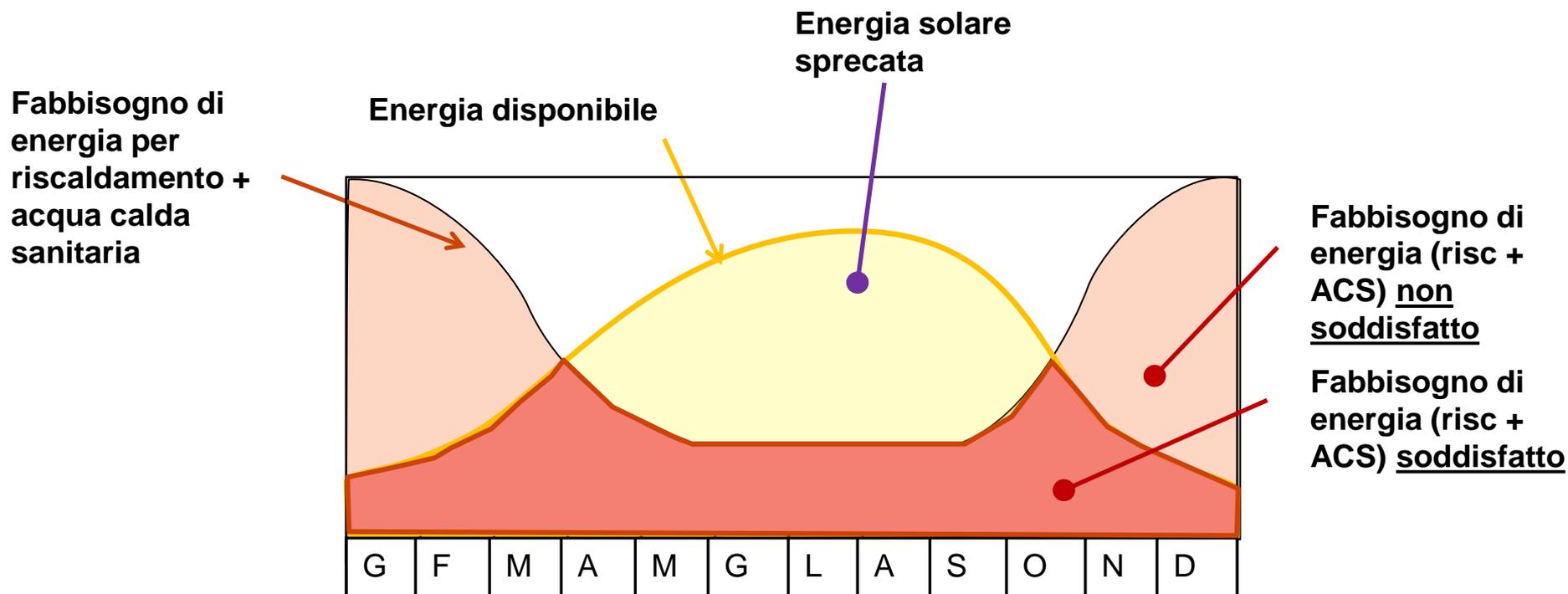
- **PROBLEMA:** la fonte solare è presente prevalentemente in estate, mentre i fabbisogni termici sono presenti prevalentemente in inverno, quindi: ci potrebbe essere un surplus (spreco) di energia in estate e/o mancanza di energia in inverno.



Dimensionamento solare termico

CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

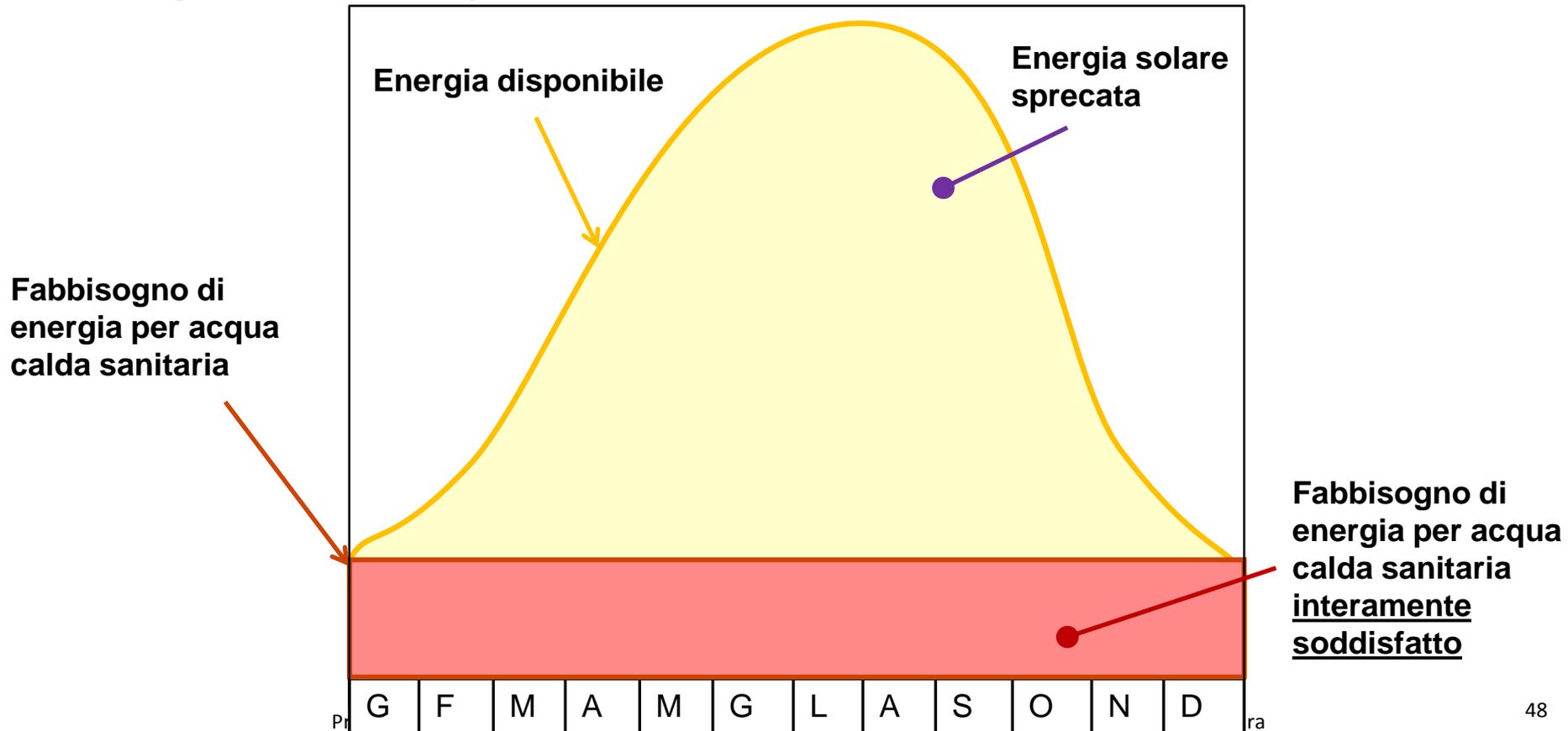
- Il problema si complica se oltre all'acqua calda sanitaria l'impianto deve soddisfare anche il fabbisogno di **riscaldamento degli ambienti**.



Dimensionamento solare termico

CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

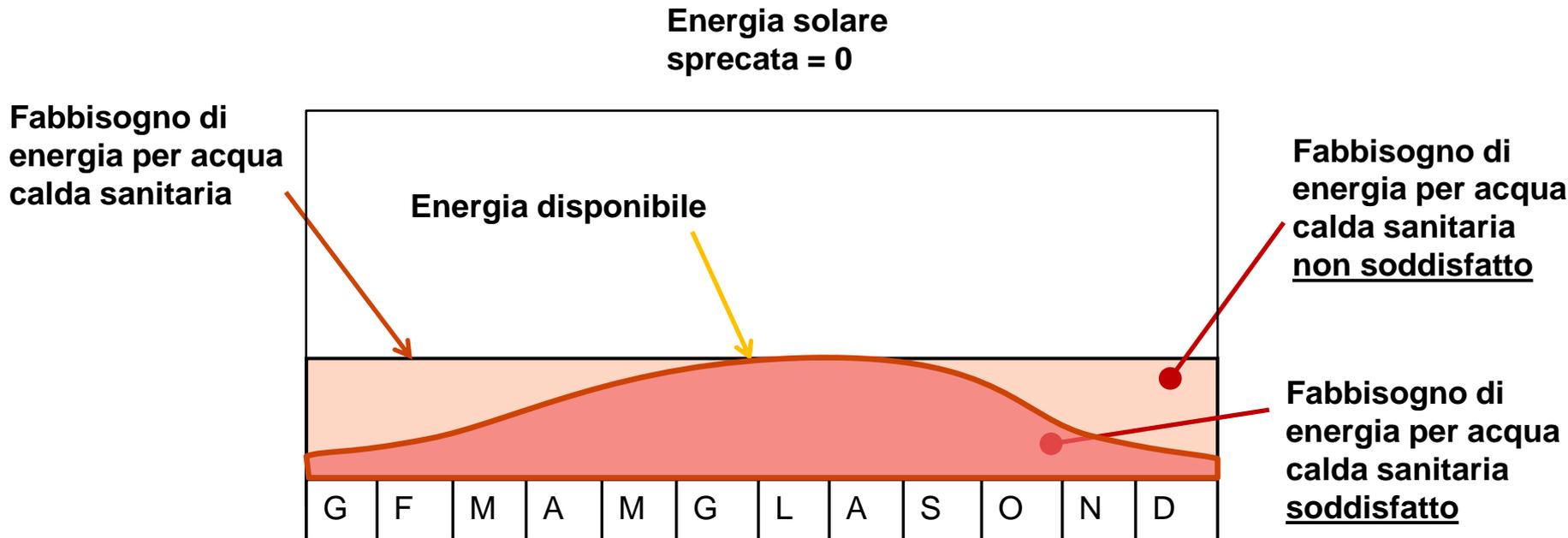
- Il dimensionamento degli impianti si può basare su due criteri diversi:
 1. **OTTIMO ENERGETICO**: Si dimensiona l'impianto per **coprire i fabbisogni energetici del periodo peggiore**. Sarà presente un forte spreco estivo.
Pro: copertura energetica $\approx 100\%$ **Contro**: costi elevati, problemi di gestione dell'acqua calda estiva inutilizzata



Dimensionamento solare termico

CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

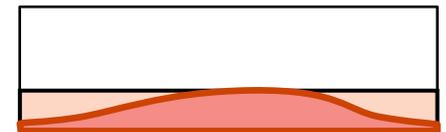
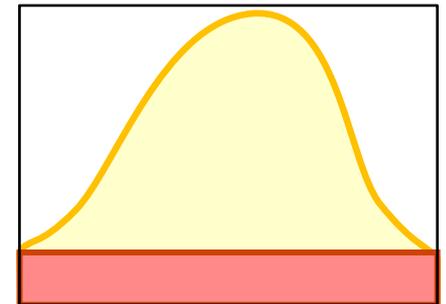
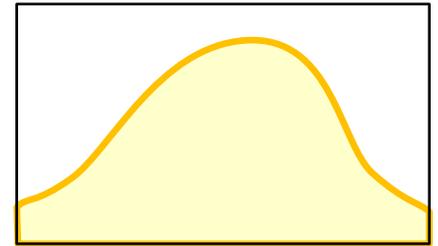
2. **OTTIMO ECONOMICO**: Si dimensiona l'impianto per **utilizzare sempre tutta l'energia fornita dall'impianto**. Buona parte del fabbisogno invernale dovrà essere soddisfatto in altro modo.
- Pro**: massima efficienza economica (-80% dei costi rispetto all'impianto precedente) **Contro**: ricorso importante a fonti ausiliarie (es. caldaia)



Dimensionamento solare termico

PROCEDIMENTO DI DIMENSIONAMENTO

1. Costruzione del diagramma mensile dei **fabbisogni energetici**.
2. **Calcolo della producibilità** energetica mensile di 1 m^2 di collettori solari installati nella località in analisi con orientamento e inclinazione scelti.
3. **Determinazione del numero di m^2** necessari per soddisfare il fabbisogno energetico (estivo per l'ottimo economico, invernale per l'ottimo energetico).
4. Dimensionamento degli **altri componenti**.



Dimensionamento solare termico

CALCOLO SEMPLIFICATO PER SOLA ACQUA CALDA SANITARIA

- Per un **primo dimensionamento (di massima)** dei sistemi che producono esclusivamente acqua calda sanitaria per edifici residenziali è possibile utilizzare la seguente formula:

$$A_c = F_{acs} \cdot N_{pers} \cdot \frac{A_{rif}}{50} \cdot \frac{1}{f_{corr}}$$

A_c = Superficie captante dei collettori solari necessaria [m²]

F_{acs} = Fabbisogno giornaliero pro-capite di acqua calda sanitaria [litri/giorno/persona]

N_{pers} = Numero di persone nell'abitazione

A_{rif} = Valore di riferimento della superficie necessaria per ottenere 50 litri di ACS/giorno nelle diverse località [m²/50litri/giorno]

f_{corr} = Fattore correttivo per inclinazioni diverse da 30° e orientamenti diversi dal sud [adim]

Livello di comfort	Facs [l/giorno/pers]
Basso	35
Medio	50
Alto	75

Zona	Arif [m ² /50litri/giorno]
Nord Italia	1,2
Centro Italia	1,0
Sud Italia	0,8

Dimensionamento solare termico

CALCOLO SEMPLIFICATO PER SOLA ACQUA CALDA SANITARIA

Fattore <i>f_{corr}</i>	Inclinazione						
Orientamento	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0° (SUD)	0,89	0,97	1,00	0,99	0,93	0,83	0,69
± 15°	0,89	0,96	1,00	0,98	0,93	0,83	0,69
± 30°	0,89	0,96	0,99	0,97	0,92	0,82	0,70
± 45° (SO - SE)	0,89	0,94	0,97	0,95	0,90	0,81	0,70
± 60°	0,89	0,93	0,94	0,92	0,87	0,79	0,69
± 75°	0,89	0,91	0,91	0,88	0,83	0,76	0,66
± 90° (OVEST - EST)	0,89	0,88	0,87	0,83	0,78	0,71	0,62

Dimensionamento solare termico

ESEMPIO NUMERICO 1

- Calcolare l'area di collettori solari necessaria per soddisfare il fabbisogno di acqua calda di un'abitazione residenziale occupata da 3 persone e situata nel nord Italia, con livello di comfort medio, considerando di installare i pannelli con un azimut di -30° e con un tilt di 45° . Calcolare inoltre il numero di collettori solari sapendo che ciascuno misura $1000 \times 2000 \text{mm}$.

Area dei collettori:

$$A_c = F_{acs} \cdot N_{pers} \cdot \frac{A_{rif}}{50} \cdot \frac{1}{f_{corr}} = 50 \cdot 3 \cdot \frac{1,2}{50} \cdot \frac{1}{0,97} = 3,71 \text{m}^2$$

Numero di collettori:

$$N_c = \frac{A_c}{A_{pannello}} = \frac{3,71}{1,00 \cdot 2,00} = 1,86 \rightarrow 2 \text{ collettori}$$

Dimensionamento solare termico

ESEMPIO NUMERICO 2

- Si intende installare un impianto solare termico sulla copertura di un'abitazione situata nel centro Italia, posizionando i pannelli in modalità complanare alla copertura. Il tetto è orientato a sud-ovest e inclinato di 15° rispetto al piano orizzontale e lo spazio disponibile per i pannelli è un rettangolo di larghezza 3,5 m e altezza 2,2 m. Considerando di avere a disposizione collettori solari che misurano ciascuno 1,00x2,00 metri, calcolare il numero massimo di collettori installabili e la quantità giornaliera di acqua calda disponibile (litri/giorno). Indicare inoltre che tipologia di impianto occorre installare (circolazione forzata o naturale).

Numero di collettori:

Visto che l'altezza disponibile è di poco superiore all'altezza del pannello si decide di installare i pannelli in posizione verticale (col lato corto verso il basso). Vista la larghezza disponibile di 3,5m e la larghezza dei collettori di 1,0m, il numero di collettori massimo sarà pari a 3. $N_c = 3$

Quantità giornaliera di acqua calda

Considerando che il fattore F_{acs} è espresso in litri/giorno/persona, basterà ricavare tale fattore (invertendo l'equazione delle slides precedenti) e moltiplicarlo per il numero di persone. In questo modo si otterrà la quantità di acqua Q_{acs} in litri/giorno.

$$Q_{acs} = F_{acs} \cdot N_{pers} = \frac{50 \cdot A_c \cdot f_{corr}}{N_{pers} \cdot A_{rif}} \cdot N_{pers} = \frac{50 \cdot A_c \cdot f_{corr}}{A_{rif}} = \frac{50 \cdot 6,00 \cdot 0,94}{1,0} = 282 \text{ l/g}$$

Tipo di impianto: Considerando che non c'è spazio per il serbatoio di accumulo di acqua calda sopra i collettori (disponibili solo 20 cm), l'impianto dovrà essere a circolazione forzata.