

Sezione: TER-ENEBIO

"Laboratorio di Qualificazione Collettori e Sistemi Solari"
S.S. 106 Jonica Km 419.500 – 75026 Rotondella (MT)

Tel: 0835-974387 -- 0835-974532

Fax: 0835-974210

Pagina 1 di 24

**Rapporto di prova secondo EN 12976-2:2006
su sistema solare:**

IRPEM – Mod. SPP-470-H58/1800-24-C

N° di riferimento: 119e

Campione ricevuto il: 30.01.2008

Azienda:

IRPEM S.r.l.

Via Di Fioranello, 141 / 143 – 00134 – ROMA

Tel: 06.71355305

Fax: 06.71355519

Trisaia, li 20 marzo 2009

Il Responsabile di Prova:

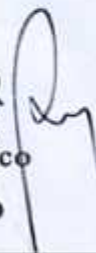
Dott. Vincenzo Sabatelli



Il Responsabile del Laboratorio:

Ing. Giacobbe Braccio

ENEA DIP. TER
Sezione TER-ENEBIO
Laboratorio Solare Termico
Il responsabile
Ing. Giacobbe BRACCIO



I risultati riportati nel presente Rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a test. Tale campione è inviato direttamente dal cliente, non effettuando il Laboratorio alcun campionamento presso l'azienda.

La riproduzione del seguente documento è ammessa in copia conforme integrale. La riproduzione parziale è ammessa solo a seguito di autorizzazione scritta del Laboratorio di Qualificazione Componenti e Sistemi Solari della TRISAIA.

N° di riferimento sistema: 119e

Indice

1. DESCRIZIONE DEL SISTEMA IN PROVA.....	3
1.1 COSTRUTTORE	3
1.2 MODELLO	3
1.3 CLASSIFICAZIONE DEL SISTEMA	3
1.4 FLUIDO TERMOMETTORE	3
1.5 ANTIGELO	4
1.6 SISTEMA DI COLLETTORI	4
1.7 CARATTERISTICHE DEL COLLETTORE	4
1.8 ASSORBITORE	4
1.9 SERBATOIO DI ACCUMULO	5
1.10 POMPA	5
1.11 SISTEMA DI CONTROLLO	5
1.12 TUBATURE DI CONNESSIONE TRA COLLETTORI E SERBATOIO	5
1.13 DATI SUL SISTEMA	5
1.14 ANNOTAZIONI.....	5
1.15 DIAGRAMMA SCHEMATICO DEL SISTEMA.....	6
2. PRESTAZIONI TERMICHE DEL SISTEMA	7
2.1 METODO DI PROVA	7
2.2 DIAGRAMMA SCHEMATICO DEL CIRCUITO DI PROVA.....	7
2.3 PRESTAZIONI TERMICHE DEL SISTEMA, RISULTATI DEI TEST E DATI DERIVATI.....	8
2.4 CURVE RELATIVE ALLE PRESTAZIONI GIORNALIERE DEL SISTEMA	9
2.5 CURVE RELATIVE ALL'AUMENTO IN TEMPERATURA DEL SISTEMA	10
3. COEFFICIENTE DI PERDITA NOTTURNO DEL SISTEMA	11
4. PROFILI DI DRAW-OFF	12
4.1 PROFILO DI <i>DRAW-OFF</i> PER UNA RADIAZIONE GIORNALIERA $H < 16 \text{ MJ/m}^2$	12
4.2 PROFILO DI <i>DRAW-OFF</i> PER UNA RADIAZIONE GIORNALIERA $H > 16 \text{ MJ/m}^2$	13
4.3 PROFILO DI <i>DRAW-OFF</i> CON MISCELAZIONE INIZIALE	14
4.4 PROFILI DI TEMPERATURA NORMALIZZATI	15
4.4.1 Valori dei profili normalizzati di draw-off e del profilo normalizzato con miscelazione iniziale.....	15
4.4.2 Profili normalizzati di draw-off $f(V)$ ($H < 16 \text{ MJ/m}^2$ ed $H \geq 16 \text{ MJ/m}^2$).....	16
4.4.3 Profilo normalizzato di draw-off con miscelazione iniziale $g(V)$	16
4.5 PROFILI DI <i>DRAW-OFF</i> CALCOLATI	17
4.5.1 Profili di temperatura per $H = 20 \text{ MJ/m}^2$	17
4.5.2 Profili di temperatura per $H = 10 \text{ MJ/m}^2$	17
5. STIMA DELLE PRESTAZIONI ANNUALI PER LOCALITÀ EUROPEE	18
5.1 DATI CLIMATICI PER LE DIVERSE LOCALITÀ EUROPEE	18
5.2 STIMA DELLA RESA ENERGETICA IN CONDIZIONI STANDARD D'UTILIZZO	19
5.3 INDICATORI DELLE PRESTAZIONI.....	20
6. STIMA DELLE PRESTAZIONI ANNUALI PER LOCALITÀ ITALIANE.....	21
6.1 DATI CLIMATICI PER LE LOCALITÀ ITALIANE SCELTE	21
6.2 STIMA DELLA RESA ENERGETICA IN CONDIZIONI STANDARD D'UTILIZZO	22
6.3 INDICATORI DELLE PRESTAZIONI.....	23
7. SIMBOLOGIA	24

N° di riferimento sistema: **119e**

Test Report

Test realizzato da: **ENEA – Centro Ricerche TRISAIA**
Sezione: TER-ENEBIO

Indirizzo: S.S. 106 Jonica km 419.500 - 75026 Rotondella (MT) – Italy
Tel: +39.0835.974387 +39.0835.974532 Fax: +39.0835.974210

Data: 20.03.2009

1. Descrizione del sistema in prova

1.1 Costruttore

Denominazione del costruttore: IRPEM S.r.l.
Indirizzo: Via Di Fioranello, 141 / 143 – 00134 – ROMA

1.2 Modello

Modello del sistema: SPP-470-H58/1800-24-C
Numero di serie: -

1.3 Classificazione del sistema

- | | | |
|---|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> A termosifone | <input type="checkbox"/> A circolazione forzata | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Diretto | <input type="checkbox"/> Indiretto | |
| <input type="checkbox"/> Aperto | <input type="checkbox"/> Con sfiato | <input checked="" type="checkbox"/> Chiuso |
| <input checked="" type="checkbox"/> A riempimento | <input type="checkbox"/> Drainback | <input type="checkbox"/> Draindown |
| <input type="checkbox"/> Con accumulo remoto | <input checked="" type="checkbox"/> Con accumulo accoppiato | |
| <input type="checkbox"/> Ad accumulo integrato | | |
- Altro (specificare): **

1.4 Fluido termovettore

Tipo:

- Glicole
 Olio
 Aria
 Altro (specificare): Sistema Heat-Pipe

Specifiche:

Contenuto totale di fluido:

Fluido alternativo accettabile:

-
- litri
-

N° di riferimento sistema: 119e

1.5 Antigelo

Protezione antigelo: SI NO
Altro: ***

1.6 Sistema di collettori

Numero di tubi presenti nel sistema: 24
Area lorda totale: 3.402 m²

1.7 Caratteristiche del collettore

Tipo:
 Piano
 A tubi evacuati con sistema Heat-Pipe
altro (specificare): **

Area lorda ^(*) :	3.402 m ²
Area d'apertura ^(*) :	3.093 m ²
Area netta:	2.030 m ²
Numero coperture:	1
Materiale copertura:	Vetro
Spessore della copertura:	1.5 mm
Materiale isolante:	Vuoto
Spessore isolante:	9.5 mm
Materiale struttura:	Acciaio inox
Massa a vuoto:	- kg
Dimensioni totali (Lun x Larg x Alt):	1735 x 2160 x 1590 mm

1.8 Assorbitore

Materiale assorbitore:	Vetro borosilicato
Tipo di costruzione:	Tubo sottovuoto
Trattamento superficiale:	Al-N / Al
Numero tubi o canali:	24
Dimensioni assorbitore:	$\phi_{est} = 58$ $\phi_{int} = 47$ $L_{tubi} = 1800$ mm
Distanza tra i tubi o canali:	- mm

^(*)Superfici rilevate dal laboratorio. In particolare, poiché il sistema di captazione è dotato di un riflettore piano, l'area di apertura totale è stata calcolata sommando alla superficie del riflettore l'area di apertura della parte di tubi evacuati non coperta dallo stesso. La relazione utilizzata per il calcolo è la seguente:

$$A_a = (A \times B) + [N_{tubi} \times \phi_{est} \times (L_{tubi} - B)]$$

dove A e B sono, rispettivamente, la larghezza e la lunghezza del riflettore.

N° di riferimento sistema: **119e****1.9 Serbatoio di accumulo**

Costruttore:	IRPEM
Modello:	200 litri
Volume:	200 litri
Diametro esterno stimato del serbatoio:	0.50 m
Lunghezza esterna stimata del serbatoio:	2.16 m
Materiale isolante:	Poliuretano
Spessore medio dell'isolante:	55 mm
Tipo di scambiatore:	
<input type="checkbox"/> a serpentino immerso	
<input type="checkbox"/> a intercapedine	
<input checked="" type="checkbox"/> altro (specificare):	tubi heat-pipe innestati direttamente nel serbatoio di accumulo (si veda diagramma schematico del sistema)

1.10 Pompa

Costruttore:	-
Modello:	-
Potenza:	- W
Velocità:	- r/min

1.11 Sistema di controllo

Costruttore:	-
Modello:	-

1.12 Tubature di connessione tra collettori e serbatoio

Diametro:	-
Lunghezza:	- mm
Materiale isolante:	-
Spessore isolante:	- mm

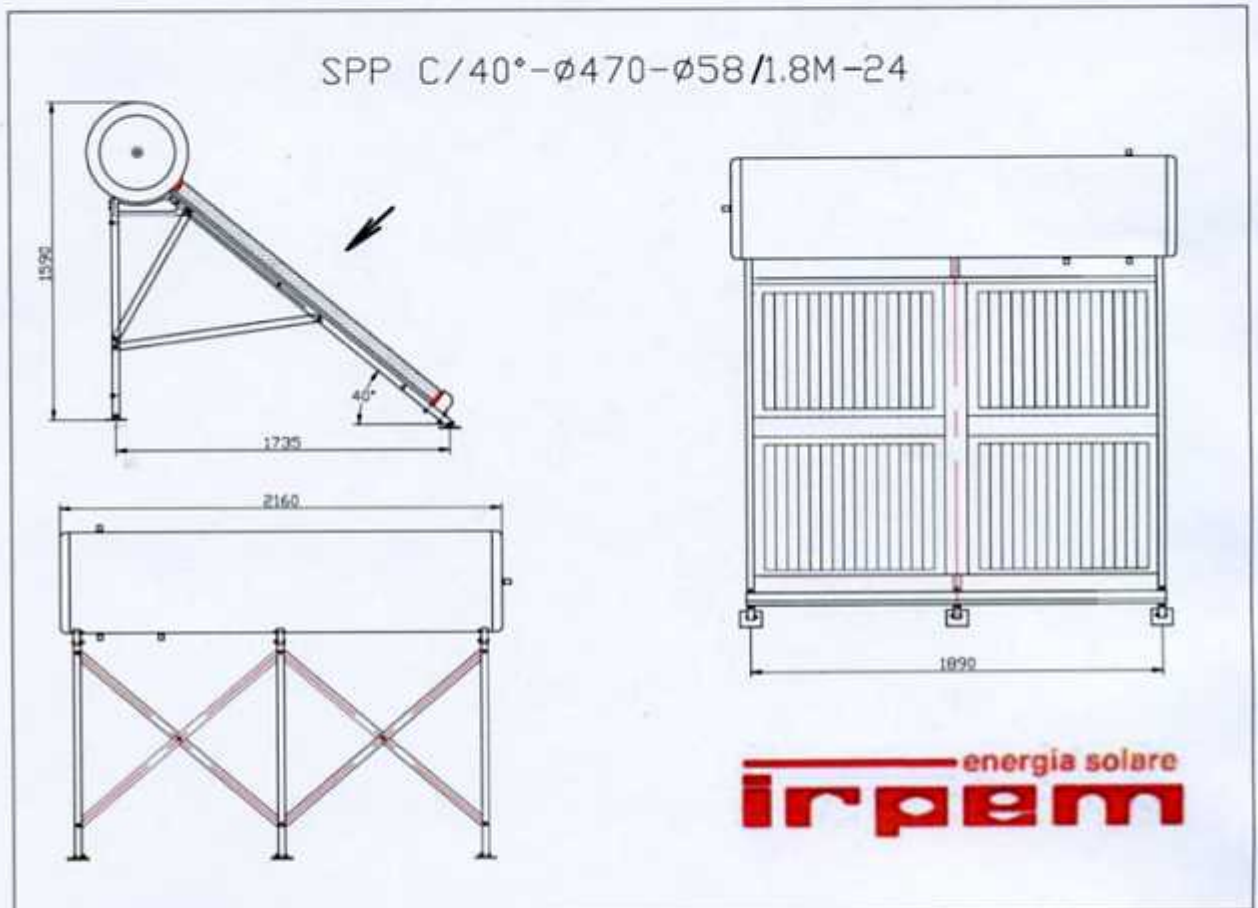
1.13 Dati sul sistema

Inclinazione collettori:	40 deg
Portata nel circuito dei collettori:	N.A. kg/s
Configurazione del sistema di controllo:	N.A.

1.14 Annotazioni

N° di riferimento sistema: **119e**

1.15 Diagramma schematico del sistema



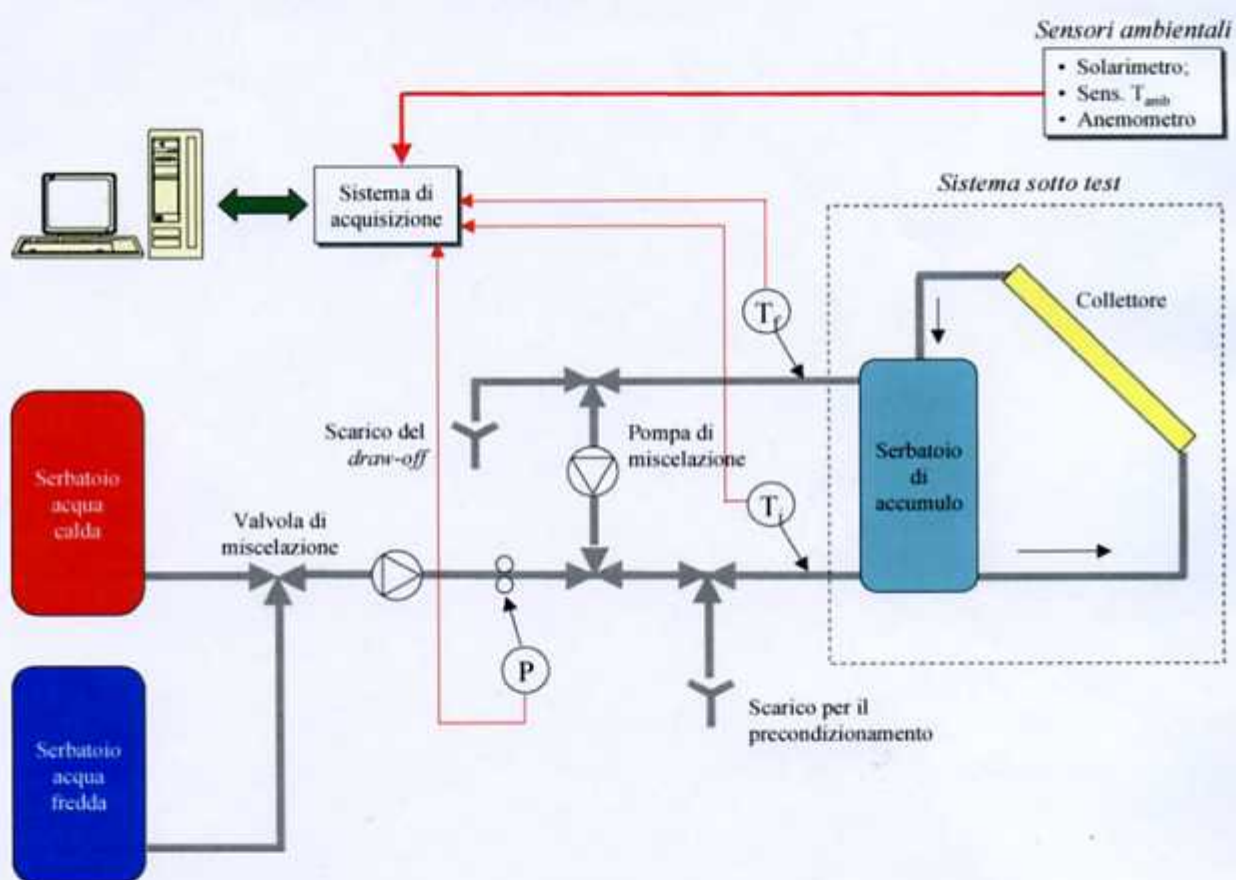
N° di riferimento sistema: **119e**

2. Prestazioni termiche del sistema

2.1 Metodo di prova

Test effettuato in accordo con lo standard EN 12976-2:2006.

2.2 Diagramma schematico del circuito di prova



N° di riferimento sistema: **119e**

2.3 Prestazioni termiche del sistema, risultati dei test e dati derivati

I dati ed i risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

Localizzazione sito di prova: Lat: 40° 09'N Long: 16°38'E
 Disposizione del collettore: - rivolto a SUD;
 - inclinato a 40° rispetto all'orizzontale

Periodo di prova: dal 12.01.2009 al 25.02.2009

Tabella 1 – Dati rilevati su 12 h di funzionamento giornaliero

Dati registrati durante 12 h di test						Draw-off			Output
H (MJ/m ²)	H _d (MJ/m ²)	T _{a(day)} (°C)	T _c (°C)	ΔT ₁ (°C)	u (m/s)	V _d (l)	T _{d(max)} (°C)	ΔT ₂ (°C)	Q (MJ)
10,6	-	13,9	21,3	-7,4	-	1000	41,0	19,6	15,8
14,6	-	13,4	21,6	-8,2	-	1000	50,5	28,9	23,1
14,6	-	12,2	21,7	-9,5	-	1000	49,4	27,7	22,2
17,9	-	10,3	21,5	-11,2	-	1000	56,6	35,1	27,9
10,2	-	9,3	21,4	-12,0	-	1000	38,1	16,7	13,6
15,5	-	15,6	21,5	-5,9	-	1000	51,6	30,1	24,1
11,2	-	11,0	21,4	-10,5	-	1000	41,3	19,8	16,1
8,5	-	10,9	21,1	-10,3	-	1000	35,7	14,5	11,6
13,9	-	11,8	21,3	-9,5	-	1000	42,2	20,9	19,3
11,9	-	11,6	21,2	-9,6	-	1000	38,9	17,7	16,4
12,5	-	11,6	20,1	-8,5	-	1000	40,9	20,8	17,8
10,0	-	11,3	20,8	-9,5	-	1000	34,5	13,7	12,8
14,5	-	13,6	21,2	-7,6	-	1000	45,6	24,4	21,8
12,9	-	7,2	20,8	-13,6	-	1000	38,6	17,8	17,1
9,4	-	5,7	21,0	-15,3	-	1000	30,5	9,5	9,3
19,6	-	5,3	20,9	-15,6	-	1000	51,4	30,5	27,3
11,9	-	4,4	20,9	-16,5	-	1000	37,5	16,6	14,7
22,2	-	6,4	20,9	-14,5	-	1000	57,9	37,0	32,5
17,9	-	6,6	20,9	-14,3	-	1000	49,2	28,3	25,1
21,0	-	4,6	20,9	-16,4	-	1000	54,0	33,0	28,8
22,2	-	5,9	20,9	-15,0	-	1000	57,1	36,2	31,8
14,9	-	8,7	21,0	-12,3	-	1000	43,2	22,2	20,2
8,9	-	6,1	20,9	-14,8	-	1000	31,6	10,7	9,9

N° di riferimento sistema: **119e**

2.4 Curve relative alle prestazioni giornaliere del sistema

I dati sperimentali sono stati correlati con il metodo dei minimi quadrati secondo l'equazione lineare (1). I punti sperimentali sono stati confrontati con i grafici ottenuti considerando, nella equazione lineare, differenti valori per $[T_{a(day)} - T_c]$ come riportato nel grafico stesso.

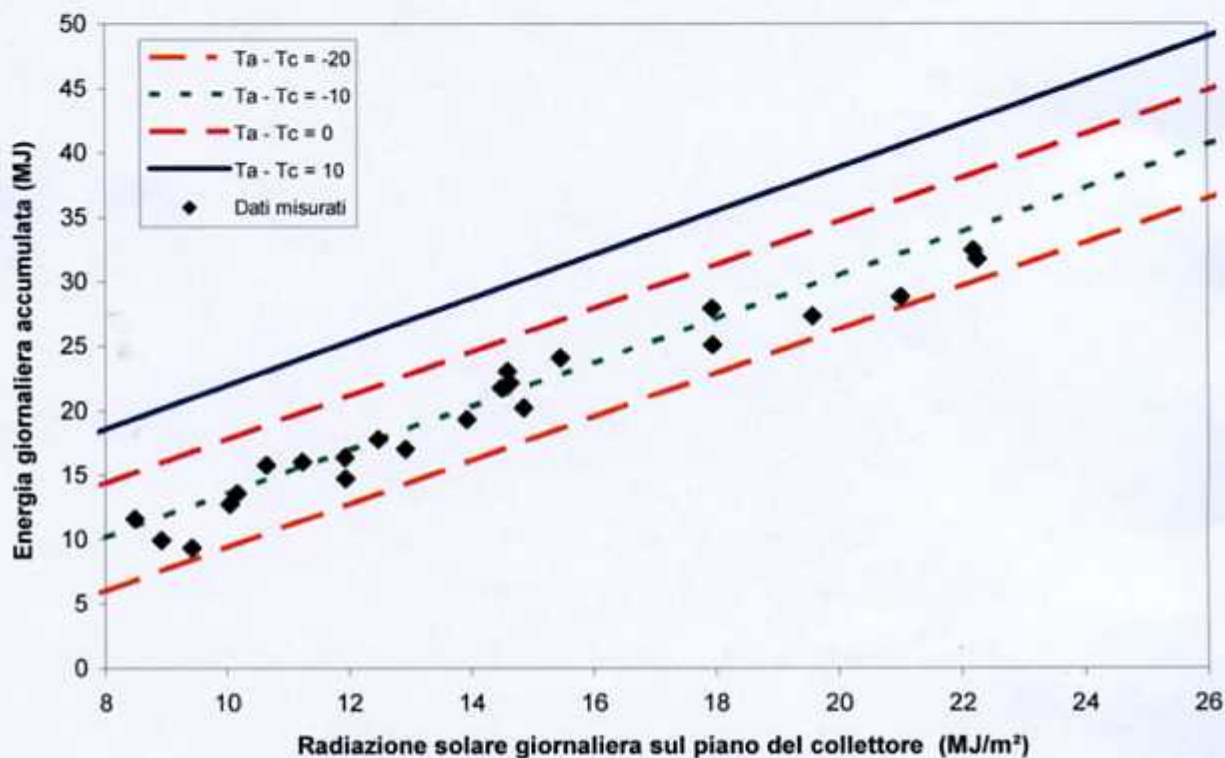


Figura 1 – Prestazioni termiche del sistema

Regressione lineare relativa ai dati di output energetico del sistema in prova:

$$Q = a_1 H + a_2 (T_{a(day)} - T_c) + a_3 \quad (1)$$

dove:

$$\begin{aligned} a_1 &= 1.69 \quad \text{m}^2 \\ a_2 &= 0.42 \quad \text{MJ/K} \\ a_3 &= 0.87 \quad \text{MJ} \end{aligned}$$

N° di riferimento sistema: **119e**

2.5 Curve relative all'aumento in temperatura del sistema

I dati sperimentali relativi all'aumento in temperatura sono stati correlati con il metodo dei minimi quadrati secondo l'equazione lineare (2). I punti sperimentali sono stati confrontati con i grafici ottenuti considerando, nella equazione lineare, differenti valori per $[T_{a(day)} - T_c]$ come riportato nel grafico stesso.

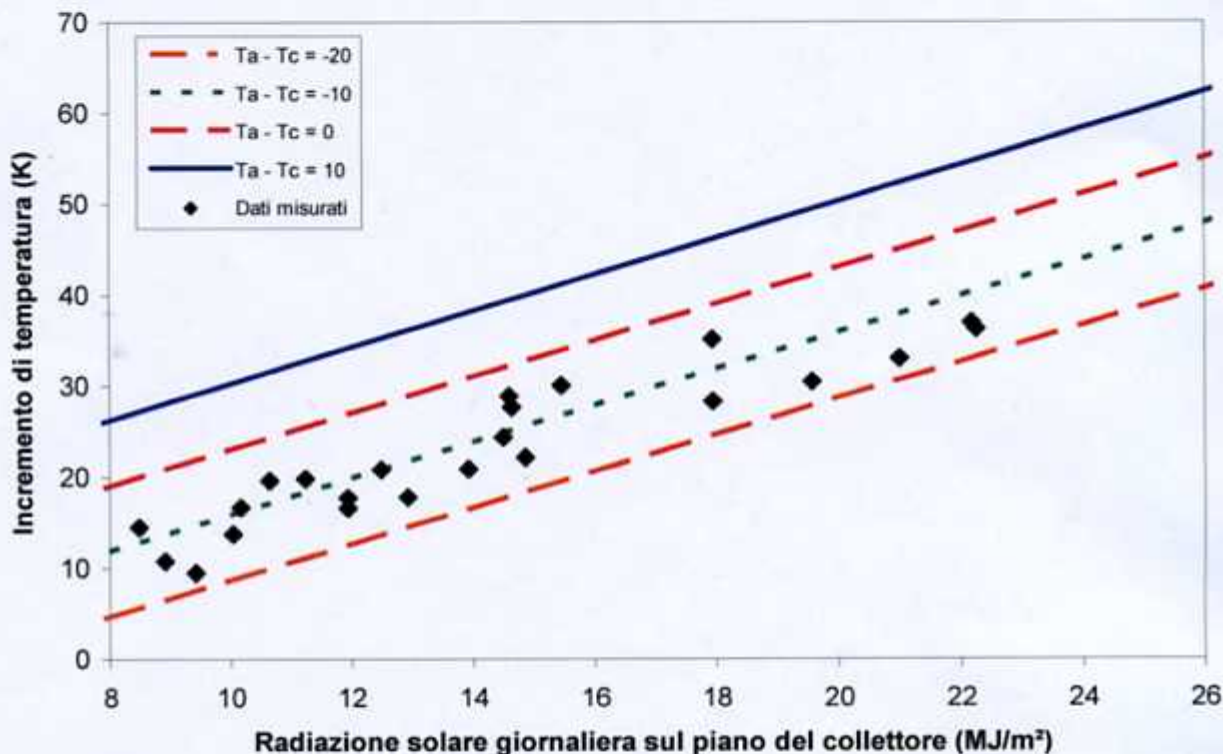


Figura 2 – Aumento in temperatura del sistema

Regressione lineare relativa ai dati di incremento della temperatura:

$$T_{d(max)} - T_c = b_1 H + b_2 (T_{a(day)} - T_c) + b_3 \quad (2)$$

dove:

$$\begin{aligned} b_1 &= 2.00 \quad \text{m}^2\text{K/MJ} \\ b_2 &= 0.72 \\ b_3 &= 3.10 \quad \text{°C} \end{aligned}$$

N° di riferimento sistema: 119e

3. Coefficiente di perdita notturno del sistema

Test effettuato: *outdoor* *indoor*

Volume serbatoio: 200 litri
 Temperatura iniziale nel serbatoio [T_i]: 65.5 °C
 Temperatura finale nel serbatoio [T_f]: 56.3 °C
 Temperatura ambiente media durante il test: 4.2 °C
 Velocità media del vento sul collettore: - m/s
 Velocità media del vento sul serbatoio: - m/s
 Durata del test: 12 h

Valore dedotto, secondo la formula (3), del coefficiente di perdita: **3.1 W/K**

$$U_s = \frac{4180V_s}{\Delta t} \ln \left(\frac{T_i - T_{an}}{T_f - T_{an}} \right) \quad (3)$$

Tabella 2 – Temperature finali raggiunte dal sistema in diverse condizioni operative notturne

Temperatura iniziale [°C]	Temperatura finale raggiunta dal serbatoio dopo 12 h [°C]			
	Temperatura ambiente media notturna [°C]			
	0	5	10	15
70	59.5	60.3	61.0	61.8
60	51.0	51.8	52.5	53.3
50	42.5	43.3	44.0	44.8
40	34.0	34.8	35.5	36.3

N° di riferimento sistema: **119e**

4. Profili di draw-off

4.1 Profilo di *draw-off* per una radiazione giornaliera $H < 16 \text{ MJ/m}^2$.

Portata di draw-off:	600 kg/h
Volume serbatoio:	200 litri
Radiazione giornaliera sul piano del collettore:	8.5 MJ/m ²
Temperatura ambiente media [$T_{a(\text{day})}$]:	10.9 °C
Temperatura di carica [T_c]:	21.1 °C
Differenza di temperatura [$T_{a(\text{day})} - T_c$]:	-10.3 °C

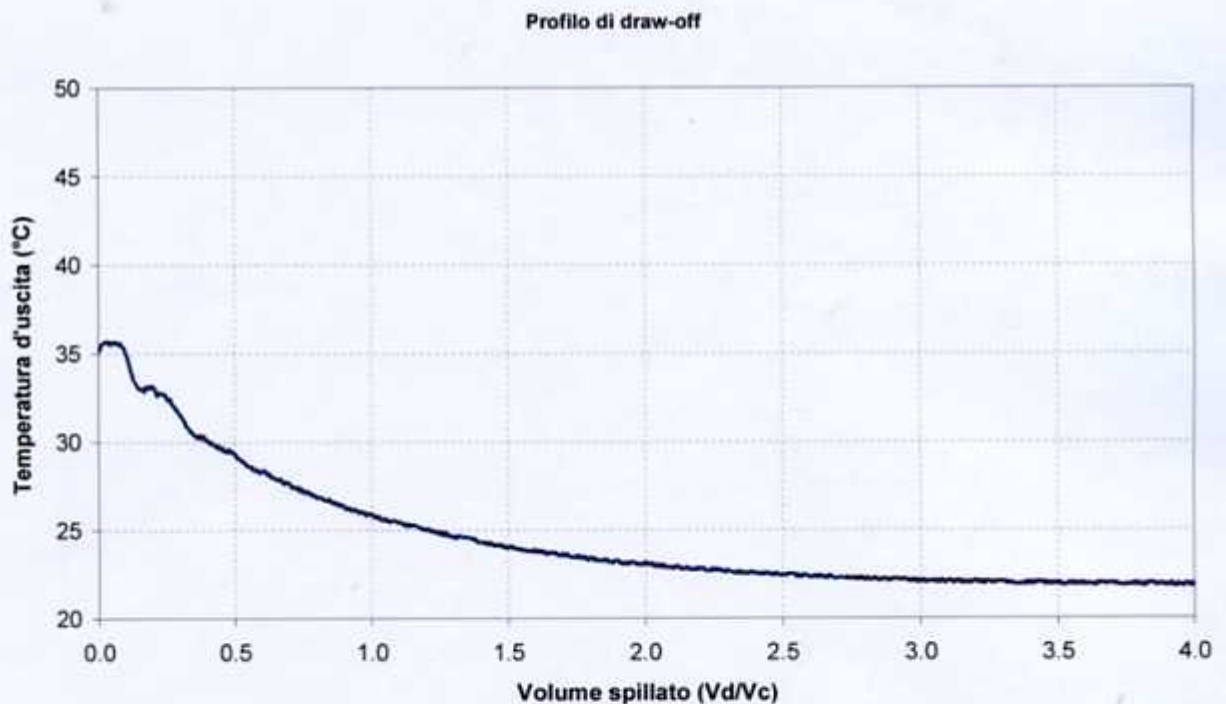


Figura 3

N° di riferimento sistema: **119e**

4.2 Profilo di *draw-off* per una radiazione giornaliera $H \geq 16 \text{ MJ/m}^2$

Portata di draw-off:	600 kg/h
Volume serbatoio:	200 litri
Radiazione giornaliera sul piano del collettore:	22.2 MJ/m ²
Temperatura ambiente media [$T_{a(\text{day})}$]:	5.9 °C
Temperatura di carica [T_c]:	20.9 °C
Differenza di temperatura [$T_{a(\text{day})} - T_c$]:	-15.0 °C

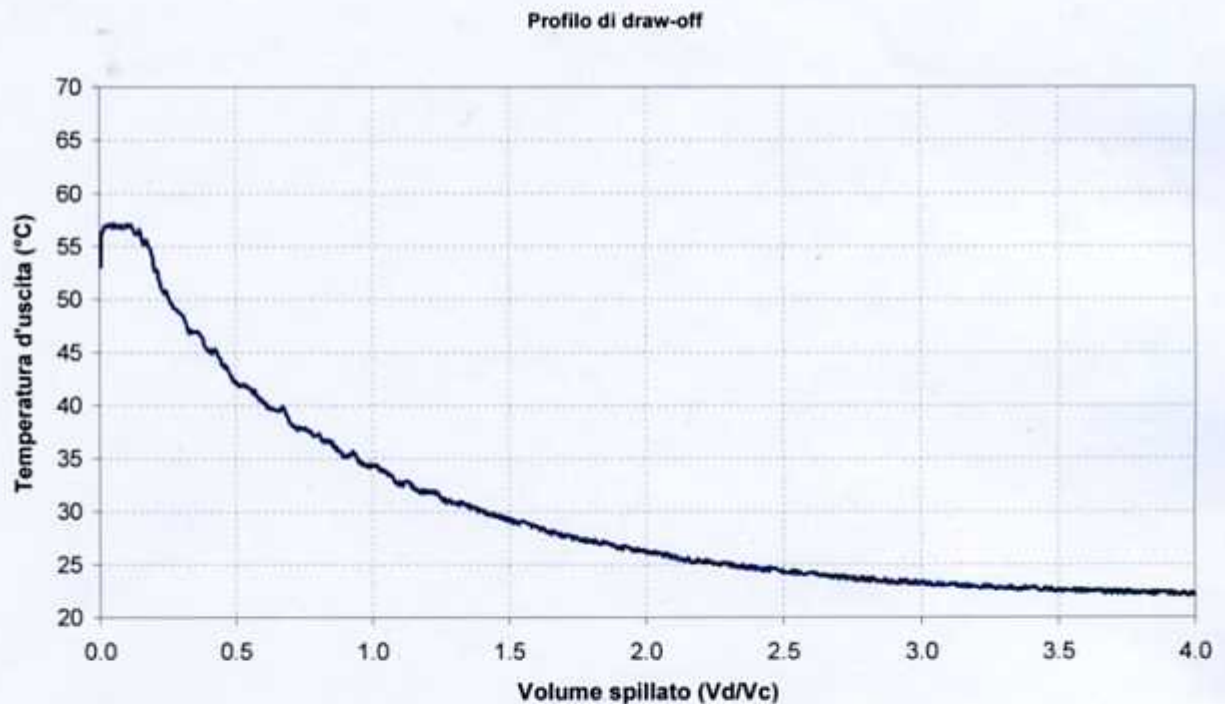


Figura 4

N° di riferimento sistema: **119e**

4.3 Profilo di *draw-off* con miscelazione iniziale

Portata di draw-off:	600 kg/h
Volume serbatoio:	200 litri
Temperatura di carica [T _c]:	20.9 °C

Profilo di draw-off con misceazione iniziale

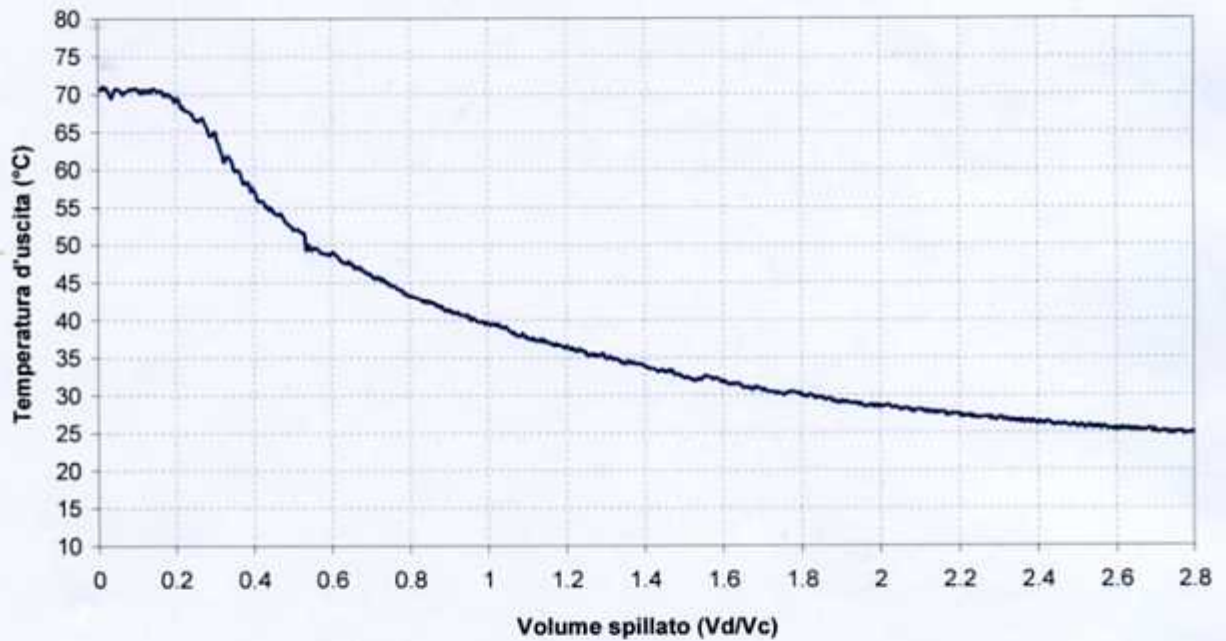


Figura 5

N° di riferimento sistema: **119e**

4.4 Profili di temperatura normalizzati

4.4.1 Valori dei profili normalizzati di *draw-off* e del profilo normalizzato con miscelazione iniziale

Tabella 3

Multipli del volume del serbatoio	$f(V)$ %		$g(V)$ %	Multipli del volume del serbatoio	$f(V)$ %		$g(V)$ %
	H < 16 MJ/m ²	H ≥ 16 MJ/m ²			H < 16 MJ/m ²	H ≥ 16 MJ/m ²	
0.0 – 0.1	10.2%	9.5%	9.5%	1.5 – 1.6	1.9%	2.2%	2.2%
0.1 – 0.2	8.9%	9.0%	9.8%	1.6 – 1.7	1.7%	1.9%	2.0%
0.2 – 0.3	8.1%	7.9%	9.1%	1.7 – 1.8	1.6%	1.7%	1.8%
0.3 – 0.4	7.0%	6.9%	7.8%	1.8 – 1.9	1.4%	1.6%	1.7%
0.4 – 0.5	6.0%	6.3%	6.7%	1.9 – 2.0	1.3%	1.4%	1.5%
0.5 – 0.6	5.3%	5.4%	5.8%	2.0 – 2.1	1.2%	1.3%	1.4%
0.6 – 0.7	5.0%	4.9%	5.2%	2.1 – 2.2	1.1%	1.2%	1.3%
0.7 – 0.8	4.3%	4.4%	4.7%	2.2 – 2.3	1.1%	1.1%	1.2%
0.8 – 0.9	4.0%	4.2%	4.2%	2.3 – 2.4	0.9%	1.0%	1.1%
0.9 – 1.0	3.4%	3.6%	3.8%	2.4 – 2.5	0.9%	0.9%	1.1%
1.0 – 1.1	3.2%	3.3%	3.5%	2.5 – 2.6	0.8%	0.8%	0.9%
1.1 – 1.2	2.8%	3.0%	3.2%	2.6 – 2.7	0.8%	0.8%	0.9%
1.2 – 1.3	2.6%	2.8%	2.9%	2.7 – 2.8	0.7%	0.7%	0.8%
1.3 – 1.4	2.3%	2.5%	2.8%	2.8 – 2.9	0.7%	0.6%	0.5%
1.4 – 1.5	2.1%	2.3%	2.4%	2.9 – 3.0	0.6%	0.6%	0.0%
0.0 – 1.0	62.1%	62.1%	66.7%	0.0 – 3.0	92.0%	93.6%	100%

N° di riferimento sistema: **119e**

4.4.2 Profili normalizzati di draw-off $f(V)$ ($H < 16 \text{ MJ/m}^2$ ed $H \geq 16 \text{ MJ/m}^2$)

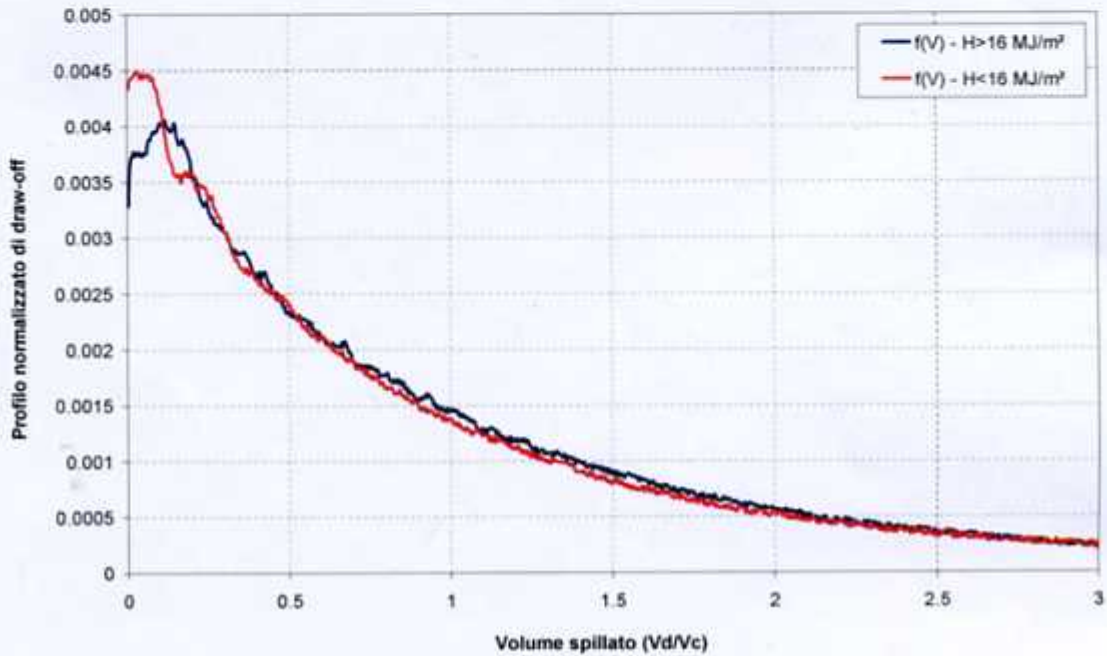


Figura 6

4.4.3 Profilo normalizzato di draw-off con miscelazione iniziale $g(V)$

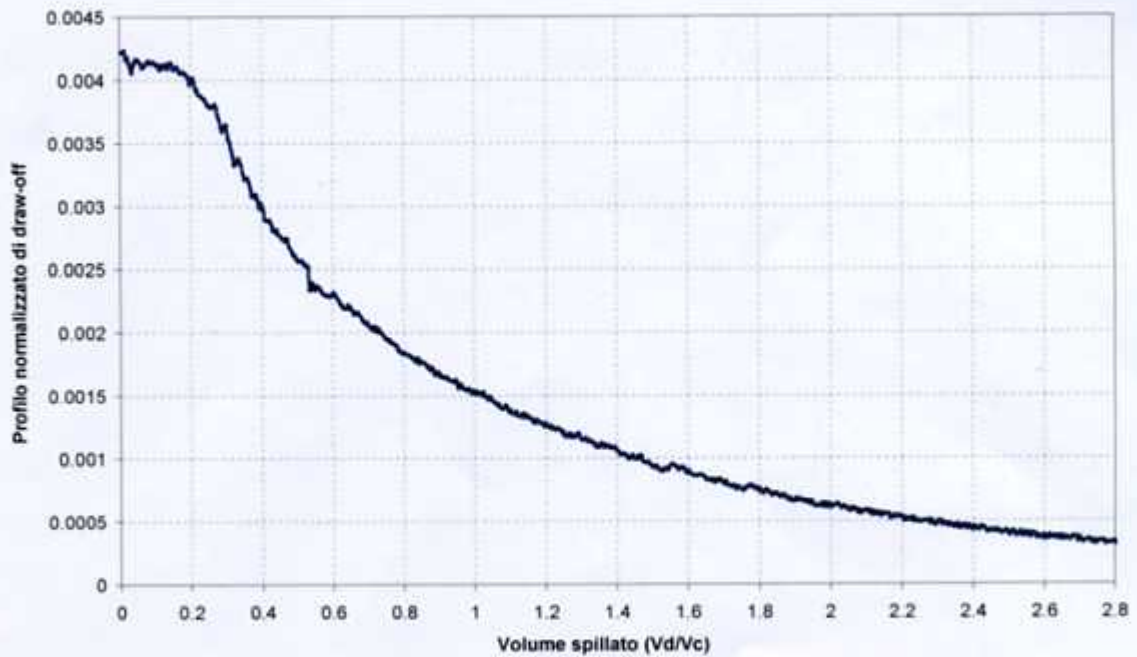


Figura 7

N° di riferimento sistema: 119e

4.5 Profili di draw-off calcolati

4.5.1 Profili di temperatura per $H = 20 \text{ MJ/m}^2$

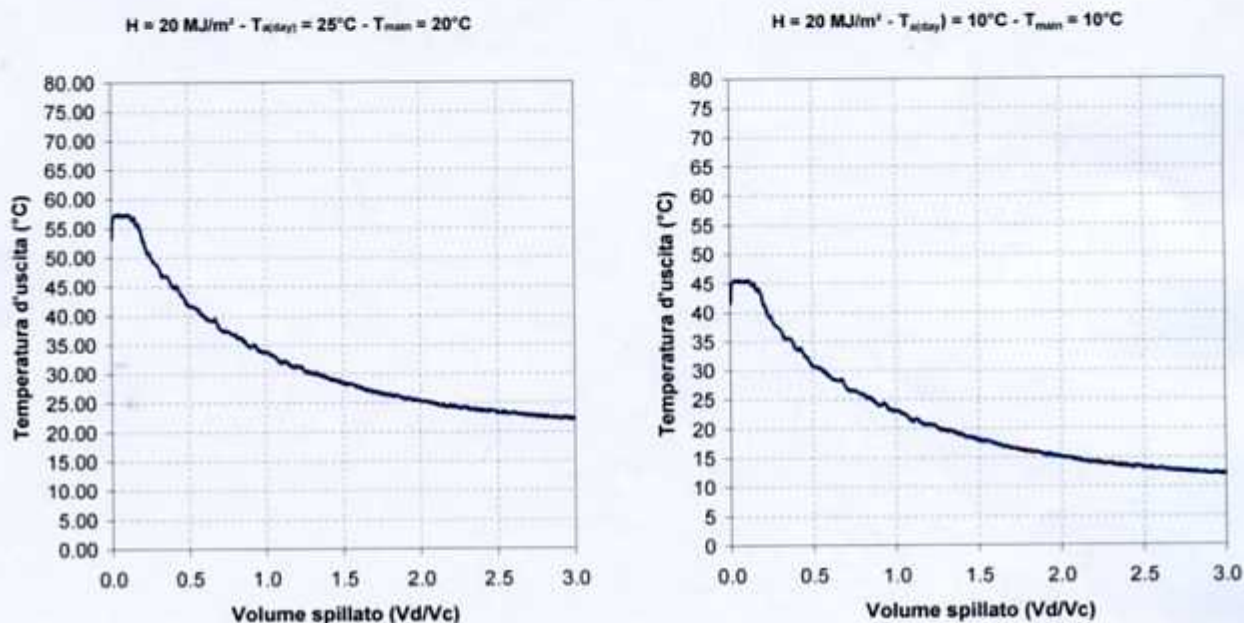


Figura 8

4.5.2 Profili di temperatura per $H = 10 \text{ MJ/m}^2$

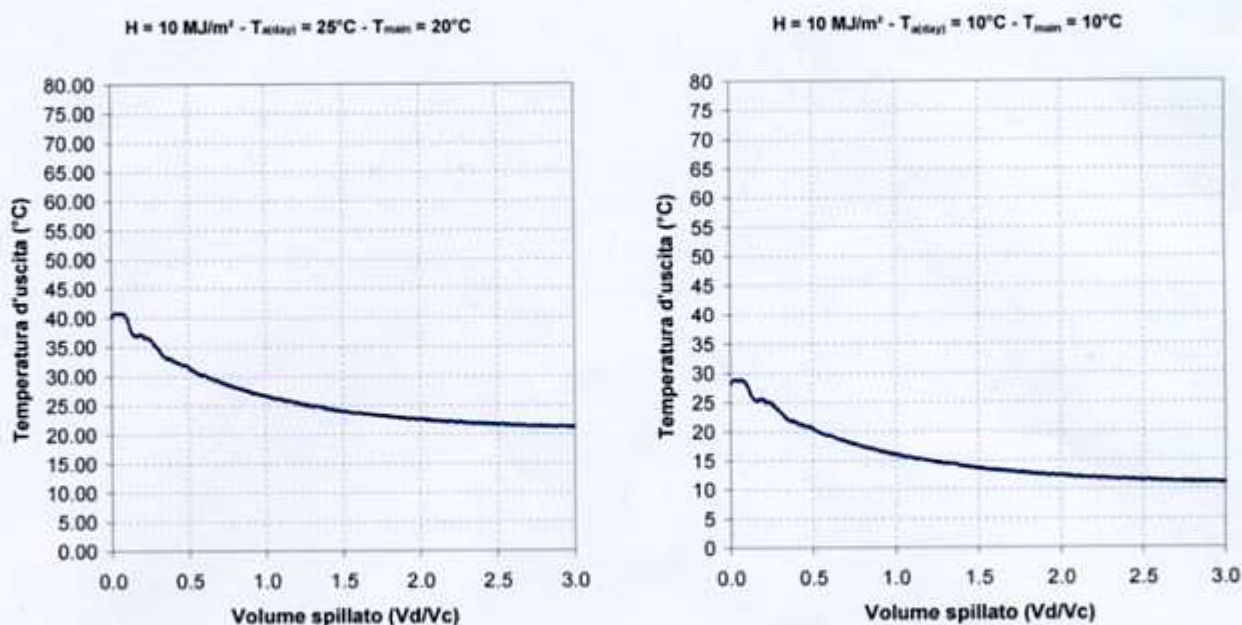


Figura 9

N° di riferimento sistema: **119e**

5. Stima delle prestazioni annuali per località europee

La valutazione delle prestazioni annuali del sistema in esame, sono state effettuate considerando le quattro località rappresentative delle diverse zone climatiche europee, ossia: Stoccolma, Würzburg, Davos e Atene.

5.1 Dati climatici per le diverse località europee

Località 1: STOCCOLMA Lat.: 59°34' N Long.: 18°06' E Inclinazione collettore: 45°												
Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H_h (MJ/m ²)	35,7	95,8	250,0	397,4	590,4	710,6	623,8	504,4	291,6	138,4	49,7	25,7
H_{int} (MJ/m ²)	110,4	212,6	391,0	465,3	588,9	663,6	597,9	554,4	398,8	265,2	139,9	101,3
T_c (°C)	3,0	2,2	3,0	5,2	8,4	11,6	13,9	14,8	14,0	11,7	8,5	5,3
$T_{a(dav)}$ (°C)	0,2	0,0	3,1	7,6	13,7	18,6	20,2	19,2	14,9	10,5	5,6	2,0
T_n (°C)	-5,8	-6	-2,9	1,6	7,7	12,6	14,2	13,2	8,9	4,5	-0,4	-4

Località 2: WÜRZBURG Lat.: 49°48' N Long.: 09°54' E Inclinazione collettore: 45°												
Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H_h (MJ/m ²)	91,5	161,3	299,1	436,3	561,3	598,3	595,9	500,0	381,2	216,5	99,4	72,5
H_{int} (MJ/m ²)	170,3	261,9	384,1	463,0	522,2	526,6	537,6	500,8	464,0	329,4	171,1	139,7
T_c (°C)	9,4	9,0	9,4	10,5	11,9	13,4	14,5	15,0	14,6	13,5	12,0	10,5
$T_{a(dav)}$ (°C)	3,6	4,1	8,6	11,3	16,3	19,7	21,3	21,3	18,0	12,4	7,4	4,7
T_n (°C)	-2,4	-1,9	2,6	5,3	10,3	13,7	15,3	15,3	12,0	6,4	1,4	-1,3

Località 3: DAVOS Lat.: 46°50' N Long.: 09°47' E Inclinazione collettore: 45°												
Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H_h (MJ/m ²)	123,9	177,4	300,2	367,2	515,6	536,8	623,8	544,6	394,2	250,0	137,2	103,8
H_{int} (MJ/m ²)	236,2	281,7	375,2	370,1	469,2	465,0	552,4	536,3	461,9	366,9	239,6	207,7
T_c (°C)	4,7	4,6	4,7	5,0	5,4	5,8	6,1	6,2	6,1	5,8	5,4	5,0
$T_{a(dav)}$ (°C)	0,1	1,9	5,2	8,6	13,4	6,1	9,5	9,3	5,4	10,7	4,0	0,5
T_n (°C)	-5,9	-4,1	-0,8	2,6	7,4	0,1	3,5	3,3	-0,6	4,7	-2,0	-5,5

Località 4: ATENE Lat.: 37°58' N Long.: 23°43' E Inclinazione collettore: 45°												
Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H_h (MJ/m ²)	195,3	264,1	426,3	556,2	715,4	738,7	767,8	689,7	524,9	377,2	251,6	188,6
H_{int} (MJ/m ²)	299,5	361,8	491,0	541,6	611,6	593,9	633,1	637,7	576,2	498,9	402,6	311,8
T_c (°C)	11,4	10,5	11,4	14,0	17,7	21,4	24,1	25,1	24,2	21,5	17,8	14,1
$T_{a(dav)}$ (°C)	12,3	12,8	14,7	18,5	23,2	27,6	30,0	29,6	26,3	21,3	17,4	14,1
T_n (°C)	6,3	6,8	8,7	12,5	17,2	21,6	24,0	23,6	20,3	15,3	11,4	8,1

Nota: I dati climatici riportati nelle tabelle precedenti sono stati ottenuti a partire da valori medi mensili
[Fonte: NASA-Surface meteorology and Solar Energy Data Set]

N° di riferimento sistema: **119e**

5.2 Stima della resa energetica in condizioni standard d'utilizzo

La valutazione delle prestazioni del sistema è stata eseguita considerando un volume d'acqua utilizzato giornalmente pari a **200 litri** alla temperatura di **45°C**.

Tabella 4 – Energia prodotta su base mensile (Q_s , espressa in MJ)

Mese	Volume spillato $V_C = 200$ l			
	Località			
	1	2	3	4
1	112	201	260	355
2	255	341	344	451
3	536	559	515	642
4	689	691	564	762
5	942	832	767	929
6	1105	866	668	962
7	1006	885	829	1158
8	905	819	794	1050
9	618	717	632	901
10	395	478	572	747
11	184	217	319	561
12	104	156	225	395
Annuale (MJ)	6851	6762	6489	8913
Annuale (MJ/m²)	2215	2186	2098	2882

La resa annuale per unità di superficie è stata valutata rispetto all'area di apertura pari a 3.093 m².

N° di riferimento sistema: **119e**

5.3 Indicatori delle prestazioni

La tabella seguente riporta la frazione solare, data dal rapporto tra l'energia utile prodotta ed il carico richiesto, come indicatore delle prestazioni del sistema solare, valutata sia su base mensile che annuale, per una richiesta d'acqua calda sanitaria di **200 litri/giorno** alla temperatura di **45°C**.

Tabella 5 – Indicatori delle prestazioni

Mese	Località: STOCCOLMA			Località: WÜRZBURG			Località: DAVOS			Località: ATENE		
	Q_{carico} (MJ)	Q_s (MJ)	f_{sol}	Q_{carico} (MJ)	Q_s (MJ)	f_{sol}	Q_{carico} (MJ)	Q_s (MJ)	f_{sol}	Q_{carico} (MJ)	Q_s (MJ)	f_{sol}
1	1072	112	0.10	994	201	0.20	1046	260	0.25	719	355	0.49
2	978	255	0.26	907	341	0.38	947	344	0.36	647	451	0.70
3	1072	536	0.50	994	559	0.56	1046	515	0.49	716	642	0.90
4	1005	689	0.69	934	691	0.74	1005	564	0.56	686	762	1.00
5	994	942	0.95	927	832	0.90	1028	767	0.75	703	929	1.00
6	922	1105	1.00	861	866	1.00	985	668	0.68	676	962	1.00
7	914	1006	1.00	854	885	1.00	1010	829	0.82	693	1158	1.00
8	901	905	1.00	843	819	0.97	1007	794	0.79	696	1050	1.00
9	882	618	0.70	826	717	0.87	977	632	0.65	676	901	1.00
10	945	395	0.42	882	478	0.54	1017	572	0.56	706	747	1.00
11	957	184	0.19	892	217	0.24	995	319	0.32	688	561	0.82
12	1028	104	0.10	958	156	0.16	1038	225	0.22	716	395	0.55
Annuale (MJ)	11670	6851	0.56	10872	6762	0.62	12101	6489	0.54	8322	8913	0.87

N° di riferimento sistema: **119e**

6. Stima delle prestazioni annuali per località italiane

La valutazione delle prestazioni annuali del sistema in esame, sono state effettuate considerando anche i dati di tre località rappresentative delle diverse zone climatiche italiane. Nella fattispecie sono state considerate le località di: Bolzano per l'Italia settentrionale, Roma per il centro e Palermo per il meridione.

6.1 Dati climatici per le località italiane scelte

Località 1: BOLZANO Lat.: 46° 28' N Long.: 11° 20' E Inclinazione collettore: 45°												
Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H_h (MJ/m ²)	140,2	209,8	380,6	498,1	601,0	641,3	638,0	514,7	379,8	233,4	121,8	100,6
H_{filr} (MJ/m ²)	228,7	316,0	491,6	539,9	581,7	592,9	602,7	528,4	450,4	319,5	171,0	152,7
T_c (°C)	7,4	7,0	7,4	8,4	9,9	11,4	12,5	13,0	12,6	11,5	10,1	8,6
$T_{a(day)}$ (°C)	3,2	6,7	11,7	16,0	20,1	23,2	25,2	24,3	21,5	15,4	9,0	4,1
T_n (°C)	-2,8	0,7	5,7	10,0	14,1	17,2	19,2	18,3	15,5	9,4	3,0	-1,9

Località 2: ROMA Lat.: 42° 06' N Long.: 12° 11' E Inclinazione collettore: 45°												
Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H_h (MJ/m ²)	192,4	236,4	453,9	533,9	693,5	706,9	733,6	634,9	496,2	336,0	179,3	168,4
H_{filr} (MJ/m ²)	324,2	344,7	565,0	537,2	627,6	609,6	646,7	613,3	567,5	479,8	277,2	299,2
T_c (°C)	9,4	9,0	9,4	10,4	11,9	13,4	14,5	15,0	14,6	13,5	12,1	10,6
$T_{a(day)}$ (°C)	10,0	10,7	12,6	14,9	19,2	23,2	26,6	26,8	23,6	18,9	14,2	11,0
T_n (°C)	4,0	4,7	6,6	8,9	13,2	17,2	20,6	20,8	17,6	12,9	8,2	5,0

Località 3: PALERMO Lat.: 38° 07' N Long.: 13° 19' E Inclinazione collettore: 45°												
Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H_h (MJ/m ²)	266,6	333,2	496,0	564,0	719,2	726,0	753,3	644,8	501,0	393,7	243,0	217,0
H_{filr} (MJ/m ²)	485,5	516,0	607,0	550,8	616,0	585,3	622,8	595,8	546,6	527,9	385,5	399,6
T_c (°C)	11,4	11,0	11,4	12,4	13,9	15,4	16,5	17,0	16,6	15,5	14,1	12,6
$T_{a(day)}$ (°C)	13,7	14,7	15,9	18,2	22,2	25,9	28,7	29,2	26,6	22,8	19,2	16,1
T_n (°C)	7,7	8,7	9,9	12,2	16,2	19,9	22,7	23,2	20,6	16,8	13,2	10,1

Nota: I dati climatici riportati nelle tabelle precedenti sono stati ottenuti a partire da valori medi mensili.

[Fonte: ENEA – *La radiazione solare globale al suolo in Italia*]

N° di riferimento sistema: **119e**

6.2 Stima della resa energetica in condizioni standard d'utilizzo

La valutazione delle prestazioni del sistema è stata eseguita considerando un volume d'acqua utilizzato giornalmente pari a **200 litri** alla temperatura di **45°C**.

Tabella 6 – Energia prodotta su base mensile (Q_s espressa in MJ)

Mese	Volume spillato V _c = 200 l		
	Località		
	1	2	3
1	307	563	613
2	431	576	660
3	722	794	839
4	787	803	853
5	904	942	957
6	918	961	961
7	982	1046	1038
8	898	1007	1011
9	764	859	892
10	661	780	840
11	409	591	654
12	292	482	612
Annuale (MJ)	8075	9404	9930
Annuale (MJ/m²)	2611	3040	3210

La resa annuale per unità di superficie è stata valutata rispetto all'area di apertura pari a 3.093 m².

N° di riferimento sistema:

119e

6.3 Indicatori delle prestazioni

La tabella seguente riporta la frazione solare, data dal rapporto tra l'energia utile prodotta ed il carico richiesto, come indicatore delle prestazioni del sistema solare, valutata sia su base mensile che annuale, per una richiesta d'acqua calda sanitaria di **200 litri/giorno** alla temperatura di **45°C**.

Tabella 7 – Indicatori delle prestazioni

Mese	Località: BOLZANO			Località: ROMA			Località: PALERMO		
	Q_{carico} (MJ)	Q_s (MJ)	f_{sol}	Q_{carico} (MJ)	Q_s (MJ)	f_{sol}	Q_{carico} (MJ)	Q_s (MJ)	f_{sol}
1	976	307	0.31	924	563	0.61	872	613	0.70
2	891	431	0.48	844	576	0.68	797	660	0.83
3	976	722	0.74	924	794	0.86	872	839	0.96
4	919	787	0.86	869	803	0.92	819	853	1.00
5	911	904	0.99	859	942	1.00	807	957	1.00
6	844	918	1.00	794	961	1.00	743	961	1.00
7	843	982	1.00	792	1046	1.00	740	1038	1.00
8	831	898	1.00	779	1007	1.00	727	1011	1.00
9	814	764	0.94	764	859	1.00	713	892	1.00
10	869	661	0.76	818	780	0.95	766	840	1.00
11	877	409	0.47	826	591	0.71	776	654	0.84
12	945	292	0.31	893	482	0.54	841	612	0.73
Annuale (MJ)	10696	8075	0.73	10086	9404	0.85	9473	9930	0.92

N° di riferimento sistema:

119e

7. Simbologia

Simbolo	Descrizione	Unità di misura
ρ	Densità dell'acqua	kg/m ³
Δt	Durata del periodo notturno	sec
a_1	Costante algebrica	m ²
a_2	Costante algebrica	MJ/K
a_3	Costante algebrica	MJ
b_1	Costante algebrica	m ² K/MJ
b_2	Costante algebrica	-
b_3	Costante algebrica	K
c_p	Calore specifico dell'acqua	J/kgK
H_h	Radianza globale mensile sull'orizzontale	MJ/m ²
H_{ult}	Radianza globale mensile sul piano del collettore	MJ/m ²
H	Radianza globale giornaliera sul piano del collettore	MJ/m ²
H_d	Radianza diffusa giornaliera sul piano del collettore	MJ/m ²
Q_s	Energia spillata mensilmente	MJ
Q_u	Energia utile mensile estratta dal sistema	MJ
Q_c	Carico mensile richiesto dall'utenza	MJ
f_{sol}	Frazione solare = Q_u / Q_c	-
$f(V)$	Profilo di <i>draw-off</i> normalizzato	-
$g(V)$	Profilo di <i>draw-off</i> normalizzato con miscelazione iniziale	-
Q	Energia termica accumulata dal sistema	MJ
$T_{a(day)}$	Temperatura ambiente media diurna	°C
T_{an}	Temperatura ambiente media notturna	°C
T_c	Temperatura di carica del sistema	°C
$T_{d(max)}$	Temperatura massima di spillamento	°C
T_f	Temperatura finale raggiunta dal sistema	°C
T_i	Temperatura iniziale di carica del sistema	°C
T_{main}	Temperatura acqua di rete	°C
ΔT_1	$T_{a(day)} - T_c$	°C
ΔT_2	$T_{d(max)} - T_c$	°C
u	Velocità del vento sull'orizzontale	m/s
U_S	Coefficiente di perdita notturno	W/°K
V_d	Volume di <i>draw-off</i>	litri
V_s	Volume serbatoio d'accumulo	litri