



solarcombi+

Identificazione dei mercati europei più promettenti per l'installazione di sistemi Solar Combi Plus

Scritto da

Juan Rodriguez, Roberto Fedrizzi

EURAC
research

Traduzione Università di Bergamo



Bolzano, 25.02.2010



Indice

1	Introduzione	5
2	Metodologia.....	6
2.1	Fabbisogni energetici degli edifici	6
2.1.1	HDD (Indice di riscaldamento)	8
2.1.2	CDD (Indice di raffrescamento)	9
2.1.3	Fabbisogni di raffrescamento e di riscaldamento ricavati dalla simulazione degli edifici.....	10
2.2	Parametri di irraggiamento.....	10
2.2.1	Radiazione critica	12
2.2.2	Radiazione utile	14
3	Risultati	15
3.1	Mercato dei collettori solari termici	15
3.2	Prezzi dell'energia	17
3.3	Carichi di riscaldamento e di raffrescamento	19
3.4	Radiazione utile per il riscaldamento (40°C)	19
3.5	Radiazione utile per acqua calda sanitaria (60°C)	21
3.6	Radiazione utile per il funzionamento delle macchine frigorifere..	24
3.6.1	Macchine frigorifere ad adsorbimento (70°C - Stagione estiva)	24
3.6.2	Macchine frigorifere ad assorbimento (90°C - Stagione estiva)	25
4	Conclusioni.....	27
5	Riferimenti.....	28



Elenco delle Figure

Figura 1 - Condizioni di comfort ottimale sul diagramma psicrometrico.....	7
Figura 2 - Condizioni ambientali selezionate per il progetto Solar Combi+.....	7
Figura 3 - Indice di riscaldamento in Europa.....	8
Figura 4 - Indice di raffrescamento in Europa	9
Figura 5 - Radiazione totale sull'orizzontale	10
Figura 6 - Radiazione totale su una superficie inclinata nella stagione di riscaldamento (8 mesi).	11
Figura 7 - Radiazione totale su una superficie inclinata nella stagione di raffrescamento (4 mesi).....	11
Figura 8 - Collettore piano: $k_0= 0.823$, $k_1= 3.02 \text{ W/m}^2\text{K}$	13
Figura 9 - Collettore a tubi evacuati: $k_0= 0.601$, $k_1= 0.767 \text{ W/m}^2\text{K}$	13
Figura 10 - Mercato del solare termico in Europa. Campi solari termici installati fino al 2008.	15
Figura 11 - Mercato del solare termico in Europa. Installazioni nel 2004	16
Figura 12 - Mercato del solare termico in Europa. Installazioni nel 2008	16
Figura 13 - Prezzi del gas in Europa - Fonte Eurostat	18
Figura 14 - Prezzi dell'elettricità in Europa - Fonte Eurostat	18
Figura 15 - Stagione di riscaldamento (8 mesi): radiazione utile per collettori piani con acqua a 40°C.....	20
Figura 16 - Stagione di riscaldamento (8 mesi): radiazione utile per collettori a tubi evacuati con acqua a 40°C	21
Figura 17 - Stagione di riscaldamento (8 mesi): radiazione utile per collettori piani con acqua a 60°C.....	22
Figura 18 - Stagione di riscaldamento (8 mesi): radiazione utile per collettori a tubi evacuati con acqua a 60°C	23
Figura 19 - Stagione di raffrescamento (4 mesi): radiazione utile per collettori piani con acqua a 60°C.....	23
Figura 20 - Stagione di raffrescamento (4 mesi): radiazione utile per collettori a tubi evacuati con acqua a 60°C.....	23
Figura 21 - Stagione di raffrescamento (4 mesi): radiazione utile per collettori piani con acqua a 70°C.....	25
Figura 22 - Stagione di raffrescamento (4 mesi): radiazione utile per collettori a tubi evacuati con acqua a 70°C.....	25
Figura 23 - Stagione di raffrescamento (4 mesi): radiazione utile per collettori piani con acqua a 90°C.....	26
Figura 24 - Stagione di raffrescamento (4 mesi): radiazione utile per collettori a tubi evacuati con acqua a 90°C.....	26



Elenco delle tabelle

Tabella 1 - Fabbisogni degli edifici [kWh/m ² /anno]	10
Tabella 2 - Radiazione orizzontale, Angolo di inclinazione 40° per le stagioni di riscaldamento e raffrescamento.	12
Tabella 3 - Installazioni di collettori solari termici in Europa - Fonte ESTIF, AEE-Intec	17
Tabella 4 - Valori HDD e CDD per le città studiate nel progetto.	19
Tabella 5 -Radiazione utile [kWh/m ² /anno] per riscaldamento con acqua a 40°C (8 mesi)	20
Tabella 6 - Radiazione utile [kWh/m ² /anno] per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria a 60°C	21
Tabella 7- Rapporto tra energia solare intercettata dai collettori piani (FP) e a tubi evacuati (ET) nelle due stagioni	22
Tabella 8 -Radiazione utile [kWh/m ² /anno] per il raffrescamento (4 mesi)	24
Tabella 9 -Radiazione utile[kWh/m ² /anno] per il raffrescamento (4 mesi)	26



1 Introduzione

Lo scopo di questo documento è l'identificazione dei mercati europei più promettenti per l'installazione di sistemi Solar Combi Plus, sulla base delle vendite di collettori solari termici e di dati meteorologici.

L'idea consiste nella creazione di mappe che, per via grafica, permettano di identificare le regioni più adatte per questo genere di applicazioni. La prima fase dell'analisi è stata caratterizzata dallo studio dei dati di mercato dei collettori solari termici in Europa, in modo da individuare quali mercati siano più adatti alla diffusione di applicazioni solari termiche.

Sono stati poi analizzati i prezzi dell'energia per identificare i paesi dove i clienti sono più sensibili ai consumi energetici.

Infine, lo studio dei dati meteorologici ha permesso di valutare il quantitativo massimo di energia solare che può essere ricavato da ogni tipologia di collettore solare (collettori piani e a tubi evacuati) a differenti temperature di lavoro, e con differenti tipologie di distribuzione utilizzate negli edifici. Al tempo stesso, è stato valutato il fabbisogno di riscaldamento e raffrescamento degli edifici, nell'arco di un intero anno solare. Confrontando la richiesta e la disponibilità di energia, sono stati definiti i mercati più promettenti.

2 Metodologia

I dati dei collettori solari termici, necessari per la preparazione delle mappe, sono stati ricavati dal documento “Solar Thermal Markets in Europe, Trends and Market Statistics 2007” stilato dall’ESTIF, le cui informazioni sono state elaborate dall’ente AEE-INTEC, sulla base del mercato del solare termico per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria. I dati sono stati utilizzati senza alcuna elaborazione.

Per l’elaborazione dei dati meteorologici, è stato necessario creare un file excel con una macro in visual basic. I dati orari utilizzati erano scritti nel formato TM2 (la maggior parte di essi proviene dalla base dati Meteonorm[®]6), e fanno riferimento ai dati climatici di 608 stazioni di rilevamento. Si evidenzia che nessuno di questi dati è stato interpolato mediante l’utilizzo di misurazioni provenienti da altre stazioni di rilevamento. Grazie ad una macro ottenuta dal sito web del laboratorio nazionale per le energie rinnovabili (USA) [<http://rredc.nrel.gov/solar/pubs/tmy2>], i dati relativi alle 608 località sono stati caricati e successivamente elaborati. Alcuni parametri possono essere ricavati dal file originale, vale a dire:

- Nome della città
- Paese
- Latitudine
- Longitudine
- Altitudine
- Radiazione diretta
- Radiazione diffusa orizzontale
- Temperatura

Altri, come HDD (Indice di riscaldamento), CDD (Indice di raffrescamento), radiazione critica, radiazione utile, sono stati calcolati a partire dai primi. Questi parametri, definiti nel prossimo capitolo, sono stati ricavati dai valori medi e da dati introdotti dall’utente della macro (tipo ed efficienza dei collettori, temperature utili, etc.). Tutte le informazioni ottenute sono state rappresentate su mappe europee per mezzo di strumenti GIS gratuiti.

2.1 Fabbisogni energetici degli edifici

Il diagramma psicrometrico di Figura 1 delimita all’interno di aree trapezoidali le condizioni di confort accettabili per l’inverno e l’estate. Come si può notare, un’umidità del 50%, con temperature di 21°C nella stagione invernale (trapezio blu), e di 25°C nella stagione estiva (trapezio rosa), garantisce il comfort ottimale. Per definire i parametri proporzionali

ai carichi termici degli edifici, si è deciso di valutare come condizioni interne 21°C nel periodo invernale e 26°C nel periodo estivo (Figura 2).

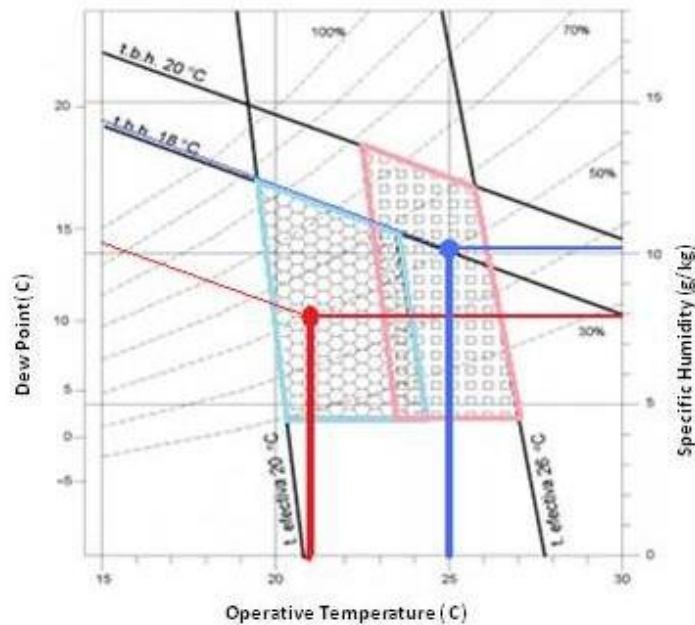


Figura 1 - Condizioni di comfort ottimale sul diagramma psicrometrico.

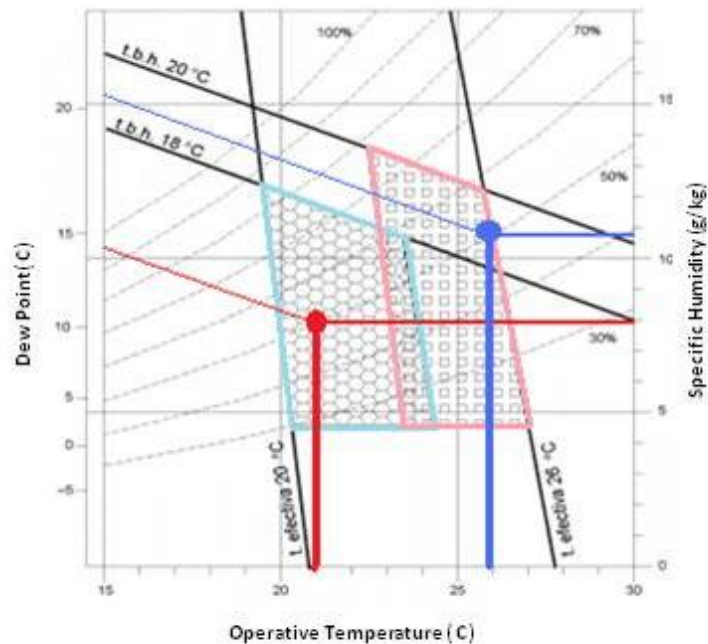


Figura 2 - Condizioni ambientali selezionate per il progetto Solar Combi+.

I due seguenti parametri (Indice di riscaldamento e Indice di raffrescamento) sono utili come prima valutazione del fabbisogno energetico di un edificio, essendo basati soltanto sul valore delle temperature esterne. Entrambi i parametri confrontano le temperature esterne con quelle interne in modo da assicurare condizioni confortevoli all'interno dell'edificio durante tutto l'anno (con un tasso di umidità relativa del 50%). Mentre il parametro invernale (HDD) è rappresentativo del fabbisogno energetico dell'edificio, il fattore estivo (CDD) è più vago, poiché non prende in considerazione l'umidità (calore latente) ed il guadagno solare, che in alcuni casi costituiscono i contributi maggiori. Malgrado ciò, tale parametro può essere utilizzato in prima approssimazione.

2.1.1 HDD (Indice di riscaldamento)

Questo parametro è un indice quantitativo creato per evidenziare il fabbisogno energetico necessario per riscaldare un edificio. Esso deriva dalle rilevazioni giornaliere di temperatura ed è calcolato come la somma annuale delle differenze in gradi tra la temperatura all'interno dell'edificio (tipicamente 21°C) e la temperatura esterna.

$$HDD = \sum_{k=1}^{365} \frac{(21 - T_{amb,k})}{24} \approx \sum_{d=1}^{365} (21 - T_{amb,d})$$

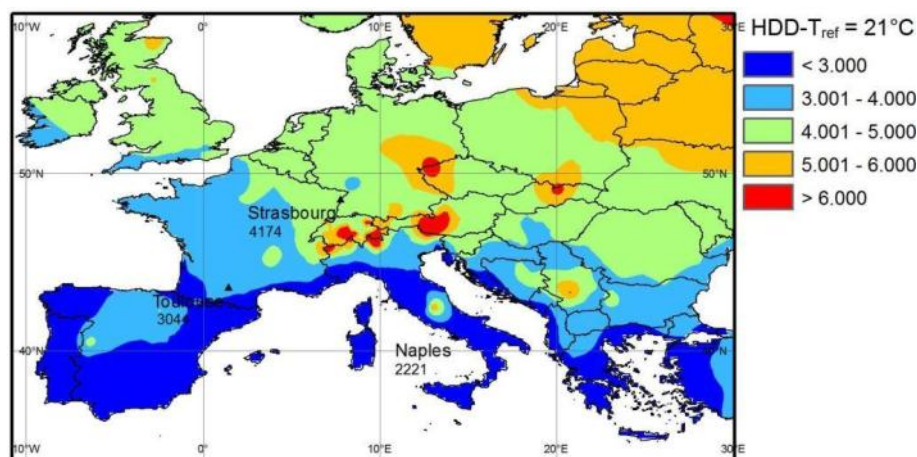


Figura 3 - Indice di riscaldamento in Europa

Nel caso del sistema SC+, si può notare come, suddividendo l'Europa in 5 zone, le città studiate appartengono alle tre zone più calde. (Napoli 2221, Tolosa 3040, Strasburgo 4174). Le altre due zone, che corrispondono a valori di HDD sopra i 5000, non sono studiate, principalmente perché, come si può notare dalle seguenti mappe, non esiste una sufficiente necessità di

raffrescamento per giustificare l'utilizzo di sistemi SC+. Confrontando l'indice HDD nelle tre località si nota un incremento del 36% tra Napoli e Tolosa, e dell'88% tra Napoli e Strasburgo.

2.1.2 CDD (Indice di raffrescamento)

L'indice di raffrescamento (CDD) è definito in modo simile al caso precedente, in modo da valutare la necessità di raffrescamento di un edificio tenendo conto della temperatura esterna (la temperatura di riferimento considerata è di 26°C).

$$CDD = \sum_{h=1}^{8760} \frac{(T_{amb,h} - 26)}{24} \approx \sum_{d=1}^{365} (T_{amb,d} - 26)$$

Come si può vedere in Figura 4, i valori corrispondenti per l'indice CDD differiscono parecchio tra le città scelte (70 per Napoli, 26 per Tolosa e 9 per Strasburgo). Confrontando i valori di Napoli, Tolosa e Strasburgo si nota un decremento rispettivamente del 63% e dell'87%.

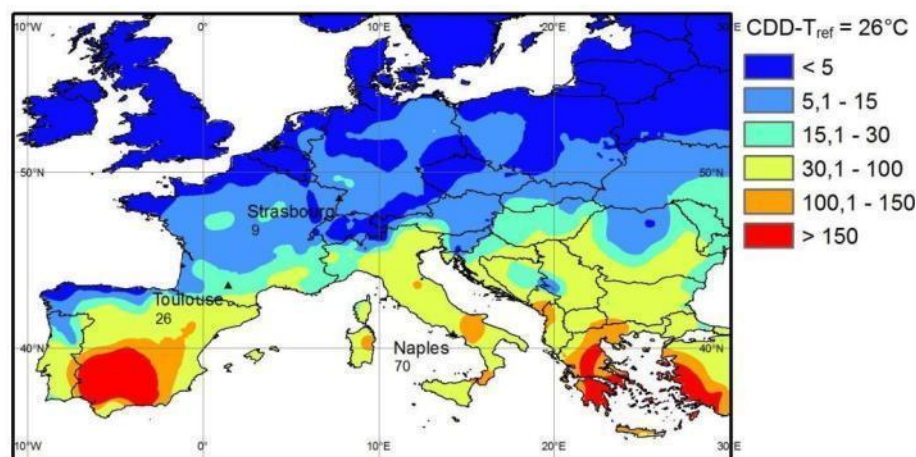


Figura 4 - Indice di raffrescamento in Europa

2.1.3 Fabbisogni di raffrescamento e di riscaldamento ricavati dalla simulazione degli edifici

I fabbisogni totali di raffrescamento e di riscaldamento degli edifici simulati nel progetto Solar Combi+ sono mostrati nella Tabella 1.

Tabella 1 - Fabbisogni degli edifici [kWh/m²/anno]

kWh/m ² /anno	Ufficio		Casa tipica			Casa a basso consumo		
	Riscald.	Raffresc.	Riscald.	Raffresc.	DHW	Riscald.	Raffresc.	DHW
Strasburgo	69.74	34.19						
Tolosa	34.13	50.28	46.05	5.69	12.66	24.58	6.12	12.66
Napoli	9.22	80.75	21.11	18.45	11.43	9.37	17.45	11.43

Confrontando Tolosa con Napoli, si può notare che i carichi di riscaldamento si collocano tra i 9 e 46 kWh/m²/anno. I carichi di raffrescamento variano tra i 6 ed i 20 kWh/m²/anno nel caso degli edifici residenziali, mentre valori molto più alti compaiono per le applicazioni d'ufficio (50-80 kWh/m²/anno). Se si confronta Napoli con Strasburgo (in questo caso sono stati simulati soltanto gli uffici), i carichi di riscaldamento sono 7 volte maggiori a Strasburgo, mentre i carichi di raffrescamento sono quasi 3 volte più alti a Napoli.

2.2 Parametri di irraggiamento

L'irraggiamento totale su una superficie orizzontale è stato calcolato a partire dalle radiazione diretta e diffusa ricavate dai dati meteorologici.

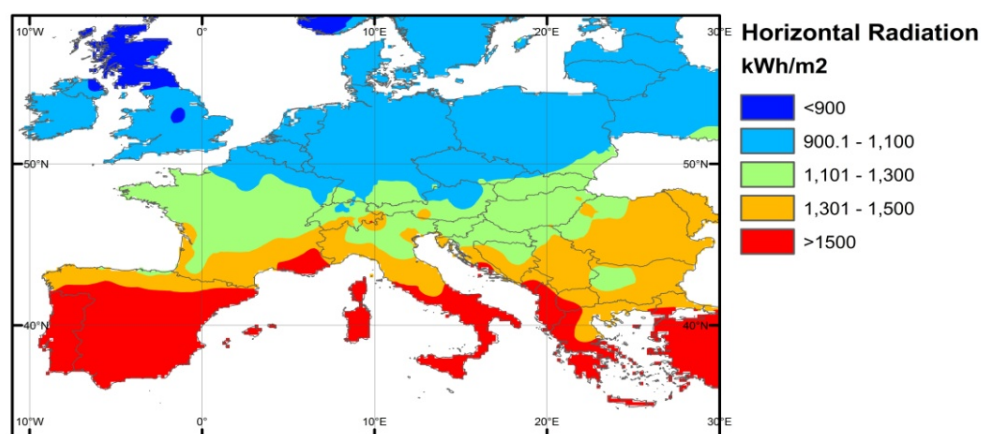


Figura 5 - Radiazione totale sull'orizzontale

Un'elaborazione di questi dati è stata necessaria per valutare l'energia disponibile su una superficie inclinata a sud. Per motivi di confronto,

L'angolo di inclinazione scelto per tutti i paesi europei è stato di 40°, anche se il valore ideale varia con la latitudine. Inoltre, sono state create due differenti mappe, una per la stagione di riscaldamento (dal 15 Settembre al 15 Maggio) e una per la stagione di raffrescamento (i 4 mesi rimanenti).

Le due ultime figure rappresentano il massimo quantitativo di energia che può essere intercettato dai collettori, indipendentemente dal loro tipo e dalla temperatura di processo necessaria, quindi questi grafici rappresentano i limiti più alti in termini di possibile energia intercettabile. È interessante notare come nella tabella 2 l'energia totale catturata negli otto mesi di riscaldamento e nei quattro mesi di raffrescamento, sia quasi identica per le tre città. Per mostrare figure più rappresentative, due ulteriori parametri sono stati aggiunti per poter considerare la temperatura ambiente e la temperatura in uscita dai collettori: la radiazione critica e quella utile.

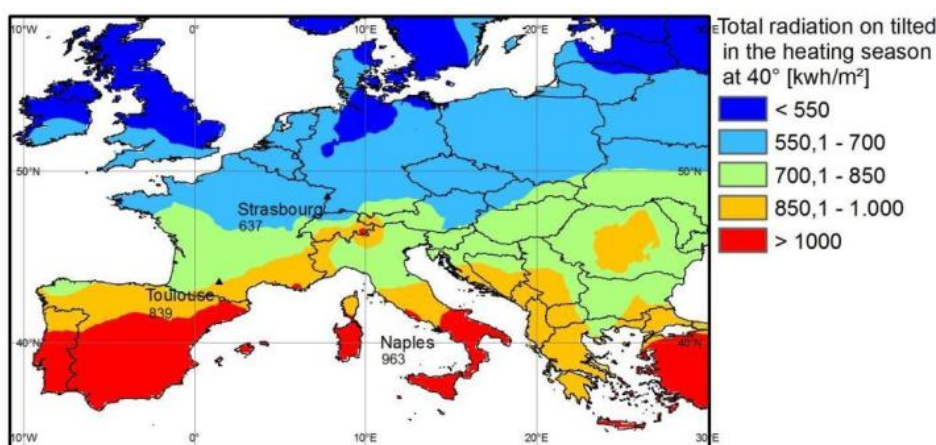


Figura 6 - Radiazione totale su una superficie inclinata nella stagione di riscaldamento (8 mesi).

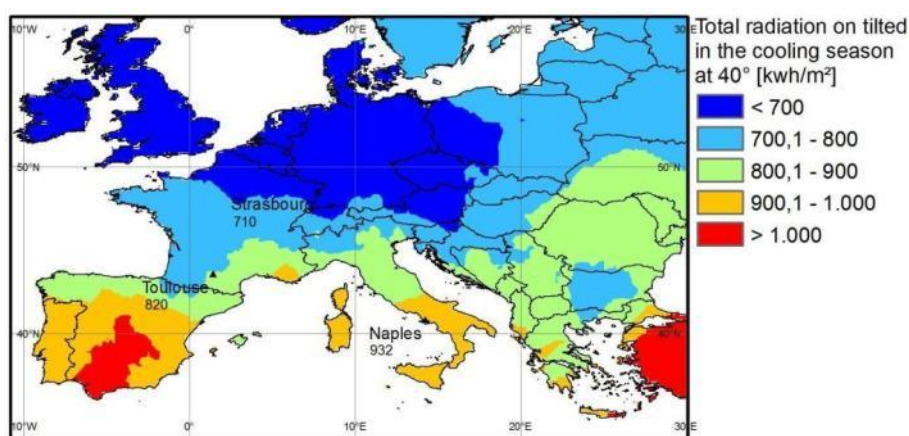


Figura 7 - Radiazione totale su una superficie inclinata nella stagione di raffrescamento (4 mesi).

Tabella 2 - Radiazione orizzontale, Angolo di inclinazione 40° per le stagioni di riscaldamento e raffreddamento.

	Radiazione totale orizzontale	Stagione di riscaldamento. Inclinazione di 40° verso Sud (8 mesi)	Stagione di raffreddamento. Inclinazione di 40° verso Sud (4 mesi)
Strasburgo	1540	637	710
Tolosa	1897	839	820
Napoli	2135	963	932

2.2.1 Radiazione critica

Un collettore termico è caratterizzato dalla sua efficienza, ovvero dalla sua capacità di intercettare l'irraggiamento solare, tenendo conto delle perdite termiche verso l'ambiente esterno:

$$\eta = IAM \times k_0 - k_1 * \frac{(T_{avg} - T_{amb})}{G_L} - k_2 \frac{(T_{avg} - T_{amb})^2}{G_L}$$

- k_0 = angolo di efficienza ottica (0.823 - collettore piano, 0.601 - collettore a tubi evacuati, rispetto alla superficie lorda dei collettori)
- k_1 = coefficiente lineare di perdita (3.02 W/(m²*K) - collettore piano, 0.767 W/(m²*K) - collettore a tubi evacuati, rispetto alla superficie lorda dei collettori)
- k_2 = coefficiente di perdita quadratico (non utilizzato in questo caso, a causa del suo effetto secondario a temperature superiori ai 100°C)
- T_{avg} = temperatura media
- T_{amb} = temperatura ambiente
- IAM = Modificatore dell'angolo di incidenza, che valuta in percentuale la quantità di energia che arriva al collettore, dipendente dai due angoli (trasversale e longitudinale) che il sole genera rispetto alla superficie inclinata. $IAM = IAM_T \times IAM_L$

La Radiazione Critica è definita come il livello di radiazione che genera l'equilibrio tra le perdite del collettore e l'energia solare intercettata ad una determinata temperatura. Sviluppando l'ultima equazione per un'efficienza pari a 0 e senza considerare il coefficiente di perdita quadratico, l'irraggiamento ottenuto è rappresentato da:

$$I_{Critical}^{temp, coll} = \frac{k_1}{IAM \times k_0} * (T_{process} - T_{amb})$$

Come si può notare, per definire la radiazione critica si dovrebbe prima definire: il tipo di collettore, gli angoli IAM (longitudinale e trasversale) e le temperature necessarie per i processi considerati (temperatura in uscita dai collettori).

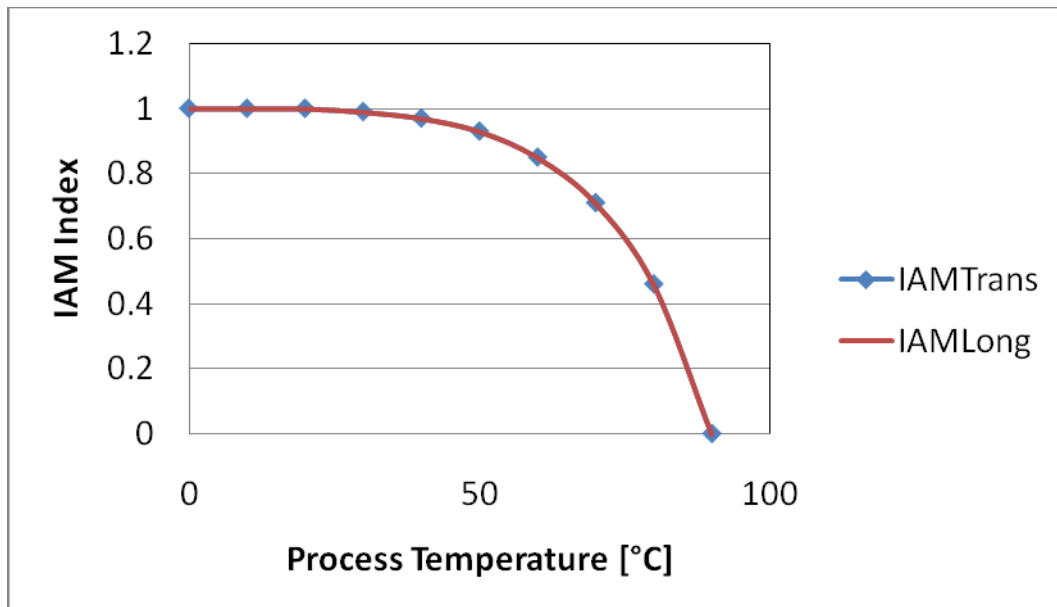


Figura 8 - Collettore piano: $k_0 = 0.823$, $k_1 = 3.02 \text{ W/m}^2\text{K}$

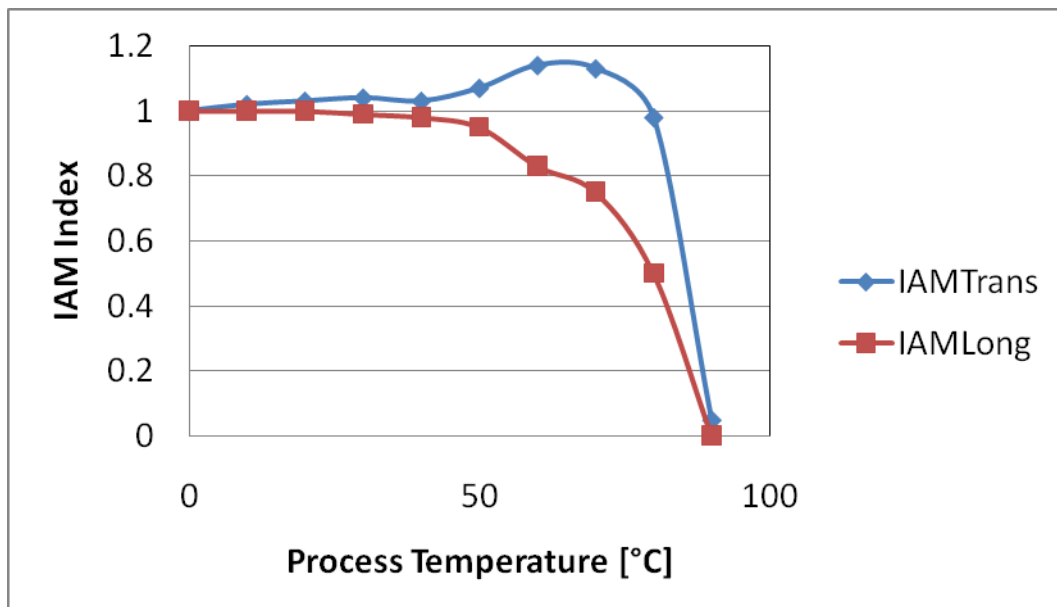


Figura 9 - Collettore a tubi evacuati: $k_0 = 0.601$, $k_1 = 0.767 \text{ W/m}^2\text{K}$



2.2.2 Radiazione utile

La radiazione utile è definita come la differenza tra la radiazione totale ricevuta dal collettore e la radiazione critica. Rappresenta la quantità di energia per un determinato collettore e per specifiche condizioni climatiche (temperatura ambiente e irraggiamento) che può essere utilizzata per scaldare il fluido di lavoro ad una certa temperatura:

$$I_{Useful}^{temp, coll} = I_{total} - I_{Critical}^{temp, coll}$$

Nell'ambito di questo progetto, le temperature di processo considerate dipendono dalle tecnologie delle macchine frigorifere utilizzate per la produzione di acqua fredda, oltre che dalle necessità di riscaldare e di distribuire acqua calda sanitaria. Pertanto le temperature considerate per il calcolo della radiazione critica sono state:

- 40°C per il riscaldamento attraverso l'alimentazione diretta di pavimenti radianti o scambiatori ad aria (fan coil).
- 60°C per la produzione di acqua calda sanitaria durante l'intero anno.
- 70°C per i frigoriferi ad adsorbimento (periodo estivo).
- 90°C per i frigoriferi ad assorbimento (periodo estivo).

Si dovrebbe ricordare che i risultati si riferiscono alla quantità massima di energia intercettata, con determinati processi e temperature; quindi, nel caso delle macchine frigorifere, la temperatura valutata è la minima che permette il funzionamento del sistema. Inoltre, per facilitare i calcoli, i parametri caratteristici dei collettori (k_0 e k_1) sono stati considerati costanti, condizione che si realizza soltanto per temperature d'ingresso costanti. Ciò è possibile solo se il fabbisogno e la radiazione utile sono sempre sovrapposti. Di conseguenza, il modello utilizzato introduce alcune semplificazioni che generano dei risultati sovrastimati, nel caso in cui siano confrontate con l'energia effettiva disponibile per il riscaldamento, il raffrescamento e la produzione di acqua calda. Ciò nonostante il modello può essere utilizzato efficacemente per analizzare i mercati più promettenti, dal momento che permette un veloce confronto delle regioni europee in termini di energia solare disponibile durante l'anno.

3 Risultati

3.1 Mercato dei collettori solari termici

In Figura 10 è rappresentato il mercato europeo del solare termico in termini di area di collettori nel 2008. Come si può notare, il principale mercato è la Germania con circa 11 Mm² installati; Grecia, Austria, Italia, Francia e Spagna seguono con circa 3.9, 3.2, 1.6, 1.6 e 1.4 Mm² venduti. Se si considera l'area dei collettori per abitante, Austria, Grecia e Germania sono in testa alla classifica (388, 344 e 135 m²/1000 abitanti rispettivamente).

Pertanto, se si considera la situazione attuale, gli ultimi tre paesi sembrano offrire le migliori possibilità per l'ingresso nel mercato delle tecnologie del raffrescamento e riscaldamento solare. Altri paesi come Cipro e Malta presentano valori notevoli dell'area dei collettori per abitante (873 e 75 m²/1000 abitanti rispettivamente); comunque, essi non possono essere considerati mercati promettenti, a causa delle loro limitate dimensioni. Gli altri paesi citati (Italia, Spagna e Francia) seguono da lontano.

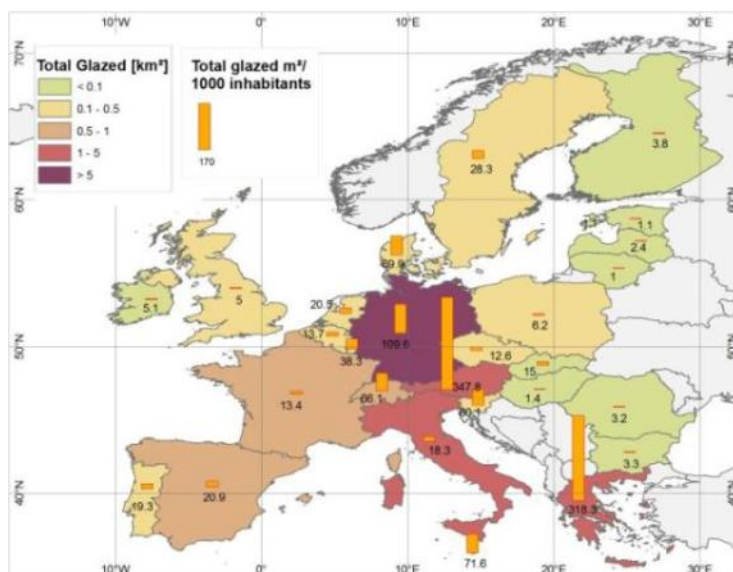


Figura 10 - Mercato del solare termico in Europa. Campi solari termici installati fino al 2008.

Se si utilizza un approccio più orientato alla "crescita" per individuare i mercati più promettenti, si possono considerare le installazioni di collettori degli ultimi 4 anni. L'incremento del mercato in questo intervallo temporale mostra chiaramente che anche altri paesi possono essere presi in considerazione; tra quelli più a sud, con un buon potenziale di sfruttamento dell'energia solare, la Slovenia, il Portogallo, e di nuovo la Francia, la

Spagna e l'Italia mostrano sorprendenti incrementi del loro mercato solare: rispettivamente +789%, +760%, +646%, +382% e +260% (Figura 11, Figura 12). I tre principali mercati (Germania, Austria e Grecia) crescono ovviamente con minor velocità, sebbene si osservi ancora un +34% in Grecia, +90% in Austria e +180% in Germania.

Quindi, tutti i paesi citati possono essere considerati come adatti per applicazioni solari termiche e promettenti per l'installazione di sistemi Solar Combi Plus.

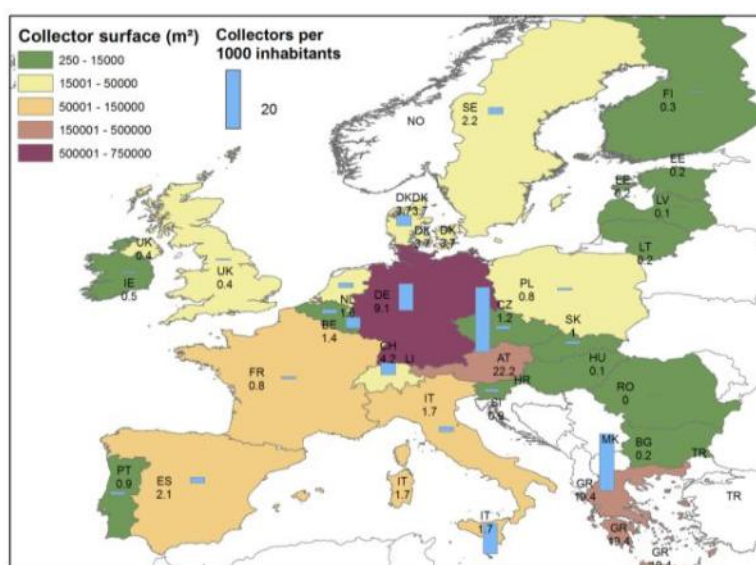


Figura 11 - Mercato del solare termico in Europa. Installazioni nel 2004

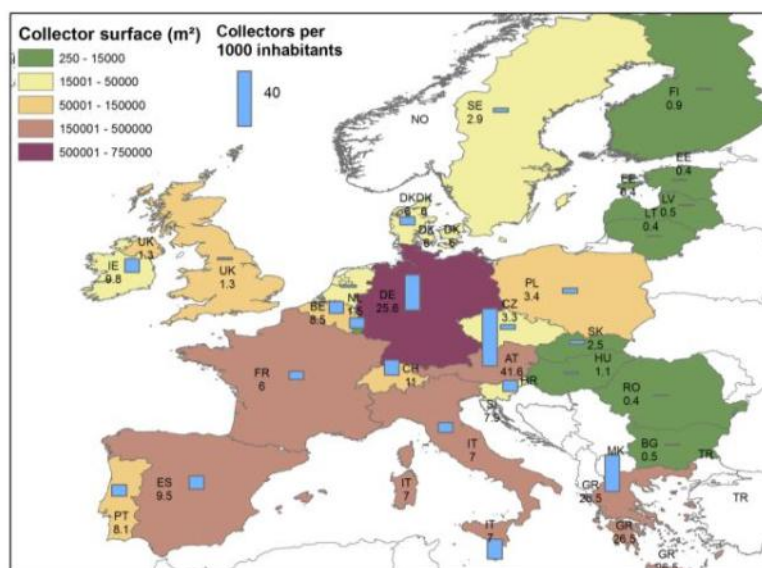


Figura 12 - Mercato del solare termico in Europa. Installazioni nel 2008

Tabella 3 - Installazioni di collettori solari termici in Europa - Fonte ESTIF, AEE-Intec

	m ²				m ² /1000 abitanti				
	2004	2006	2008	Cumulativo 2008	2004	2006	2008	Cumulativo 2008	Crescita 04-08
AT	182594	292669	347703	3240330	22.2	35.3	41.6	387.8	187%
BE	14700	35636	91000	268947	1.4	3.4	8.5	25.0	607%
BG	1800	2200	4000	31600	0.2	0.3	0.5	4.2	250%
CH	31160	51863	85000	593980	4.2	6.9	11.0	77.1	261%
CY	30000	60000	68000	693200	40.0	77.1	85.6	873.1	214%
CZ	12250	22030	35000	165100	1.2	2.1	3.3	15.8	275%
DE	750000	1500000	2100000	11094000	9.1	18.2	25.6	135.3	281%
DK	20000	25300	33000	418280	3.7	4.6	6.0	75.9	162%
EE	250	300	500	1970	0.2	0.2	0.4	1.5	200%
ES	90000	175000	434000	1411166	2.1	3.9	9.5	30.8	452%
FI	1630	3200	4800	25293	0.3	0.6	0.9	4.7	300%
FR	52000	220000	388000	1624100	0.8	3.5	6.0	25.2	750%
GR	215000	240000	298000	3868200	19.4	21.5	26.5	343.6	136%
HU	1500	1000	11000	25250	0.1	0.1	1.1	2.5	1100%
IE	2000	5000	43610	74400	0.5	1.2	9.8	16.7	1960%
IT	97738	186000	421000	1606230	1.7	3.1	7.0	26.7	411%
LT	500	600	840	4290	0.2	0.3	0.4	1.9	200%
LU	1700	2500	3600	22500	3.7	5.3	7.3	45.6	197%
LV	500	1200	1800	7150	0.1	0.4	0.5	2.1	500%
MT	4215	4500	6000	35360	10.5	11.0	14.5	85.5	138%
NL	26300	14685	25000	363341	1.6	0.9	1.5	22.0	93%
PL	28900	41400	129632	365676	0.8	1.1	3.4	9.6	425%
PT	10000	20000	86000	318950	0.9	1.9	8.1	30.0	900%
RO	400	400	8000	94300	0.0	0.0	0.4	4.4	n.a.
SE	20058	28539	26813	289207	2.2	3.1	2.9	31.2	131%
SI	1800	6900	16000	137300	0.9	3.4	7.9	67.6	877%
SK	5500	8500	13500	95250	1.0	1.6	2.5	17.6	250%
UK	25000	54000	81000	385920	0.4	0.9	1.3	6.3	325%

3.2 Prezzi dell'energia

In Figura 13 e 14 sono riportati i prezzi per il gas e l'elettricità in Europa. Gli utilizzatori finali sono i più sensibili nei confronti dei propri consumi energetici, e quindi risultano più sensibili nei confronti dell'efficienza energetica, in particolare nei paesi dove i valori di entrambi i prezzi sono elevati. Dalla mappa, questi paesi sono la Germania, l'Austria, il Portogallo, la Repubblica Ceca, la Slovacchia, la Spagna, l'Italia e la Francia.

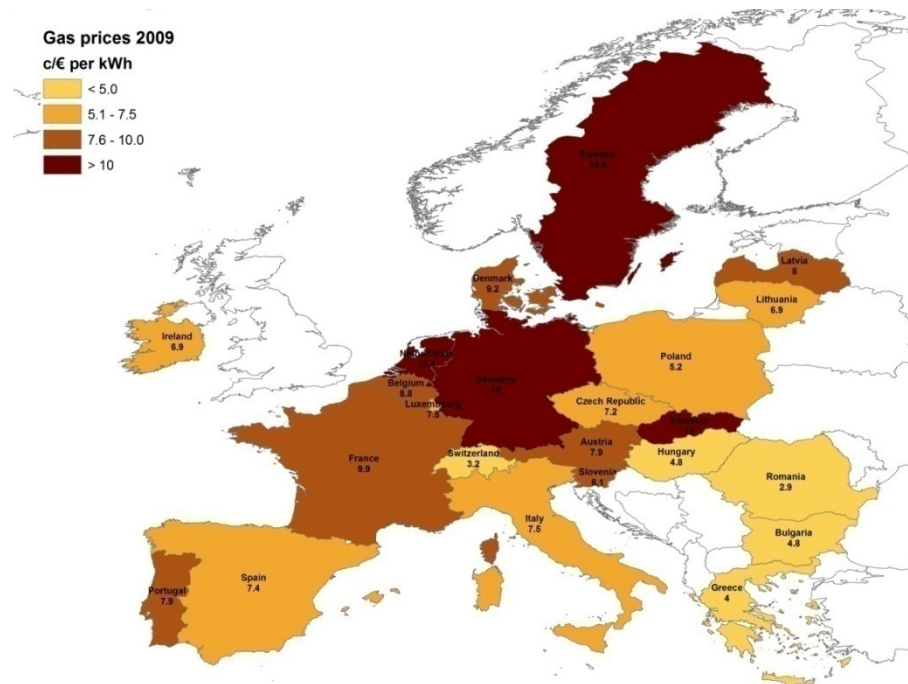


Figura 13 - Prezzi del gas in Europa - Fonte Eurostat

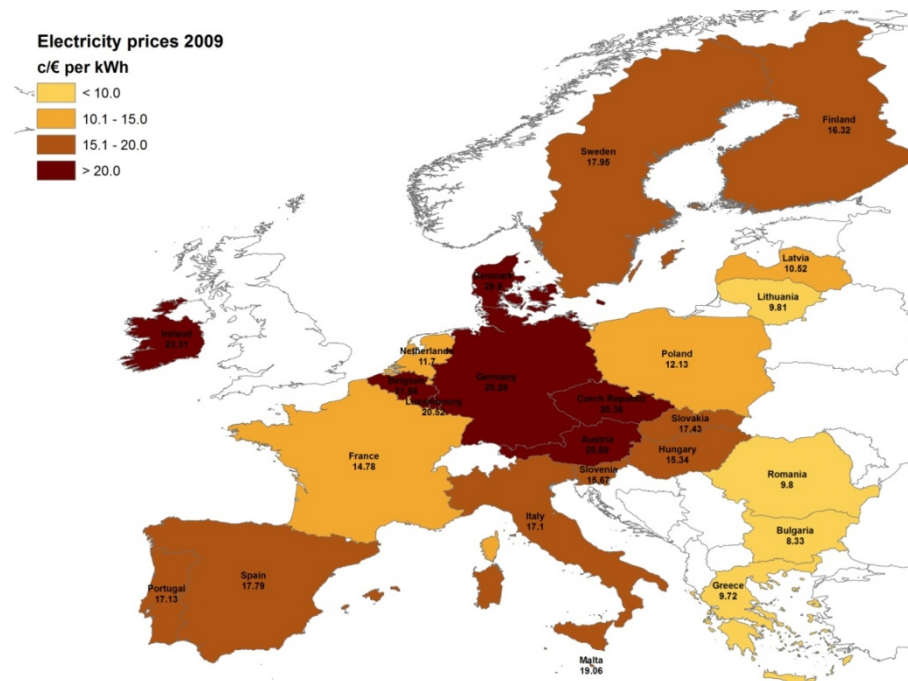


Figura 14 - Prezzi dell'elettricità in Europa - Fonte Eurostat

3.3 Carichi di riscaldamento e di raffrescamento

Nella mappa in Figura 3, si possono notare le variazioni dell'indice HDD in Europa: i valori di tale indice aumentano (la richiesta energetica per il riscaldamento aumenta proporzionalmente) da circa 2000°HDD nel Sud dell'Europa a più di 5000°HDD nei paesi nordici (si possono confrontare anche i dati relativi alle tre città studiate nell'ambito del progetto, Tabella 4). Confrontando l'ultima mappa con quella in Figura 4 (CDD), si può notare che l'intervallo di valori è molto più ristretto; questo è dovuto al fatto che sono stati presi in considerazione solo quattro mesi invece di otto, e che in estate si raggiungono minori differenze medie tra temperatura interna ed esterna. Inoltre, i carichi latenti e radiativi non sono considerati nella definizione dell'indice CDD. In ogni caso, i carichi di raffrescamento sono circa un ordine di grandezza inferiori rispetto a quelli di riscaldamento, anche considerando le condizioni peggiori per il raffrescamento (Napoli). Ciò nonostante, i valori possono facilmente variare di un fattore 8 muovendosi dal sud al nord Europa (Tabella 4).

Tabella 4 - Valori HDD e CDD per le città studiate nel progetto.

	HDD (21°C)	CDD (26°C)
Strasburgo	4174	9
Tolosa	3044	26
Napoli	2221	70

Sulla base di questi ultimi valori, Napoli e Tolosa risultano le più adatte per l'installazione di sistemi Solar Combi Plus grazie ai loro alti fabbisogni di riscaldamento e raffrescamento, mentre i carichi di Strasburgo sono più orientati soltanto verso il riscaldamento.

3.4 Radiazione utile per il riscaldamento (40°C)

Considerando l'energia utile all'uscita dei collettori, per prima cosa si è scelto di analizzare le temperature di processo più basse (utili per il riscaldamento a pavimento radiante). Si può notare che, con temperature di 40°C del fluido durante il periodo di riscaldamento, una quantità considerevole di energia può essere generata sia nelle regioni più a sud che in quelle più a nord (Tabella 5, Figura 15 e Figura 16). Osservando la Figura 15 e Figura 16, relativamente ai collettori piani e a tubi evacuati, è possibile notare valori compresi tra 300 kWh/m²/anno e 900 kWh/m²/anno. Se si considerano le tre città, i valori di radiazione utile variano tra 400 e 700 kWh/m²/anno nel caso dei collettori piani, e tra 540 e 860 kWh/m²/anno per quelli a tubi evacuati.

Tabella 5 -Radiazione utile [kWh/m²/anno] per riscaldamento con acqua a 40°C (8 mesi)

	FP-Stagione di riscaldamento	ET-Stagione di riscaldamento	Relation FP/ET
Strasburgo	397	537	73.92%
Tolosa	568	735	77.28%
Napoli	690	861	80.13%

La radiazione utile per i collettori a tubi evacuati a Strasburgo è simile a quella per i collettori piani a Tolosa, mentre la radiazione utile a Tolosa supera quella di Napoli. Come si può immaginare, l'efficienza dei collettori a tubi evacuati è maggiormente sfruttabile nei paesi nordici: il rapporto tra energia ottenuta dai collettori piani e quelli a tubi evacuati è presentato nell'ultima colonna di Tabella 5: essa mostra valori compresi tra 74% e 80%. Pertanto, per soddisfare una parte accettabile del fabbisogno termico dei paesi nordici, potrebbe essere necessaria la tecnologia più efficiente. Comunque sia, la scelta rimane influenzata, oltre che da aspetti tecnici, anche dalla superficie a disposizione e da aspetti economici (costo dei collettori installati).

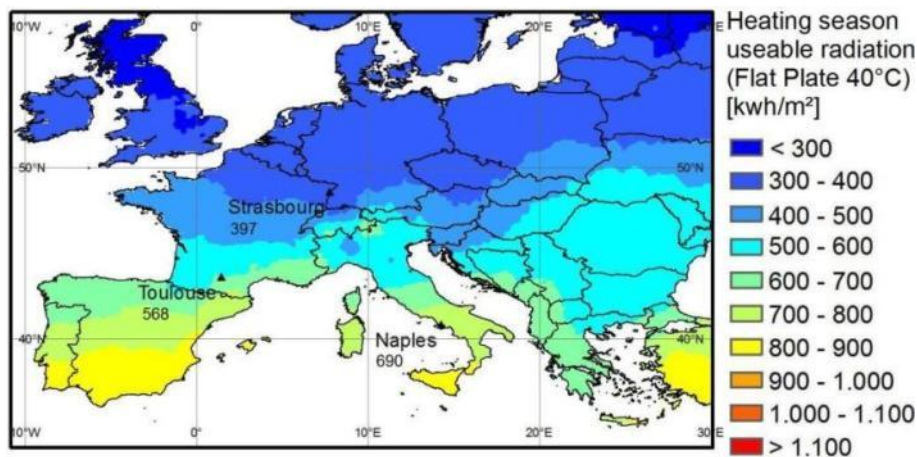


Figura 15 - Stagione di riscaldamento (8 mesi): radiazione utile per collettori piani con acqua a 40°C

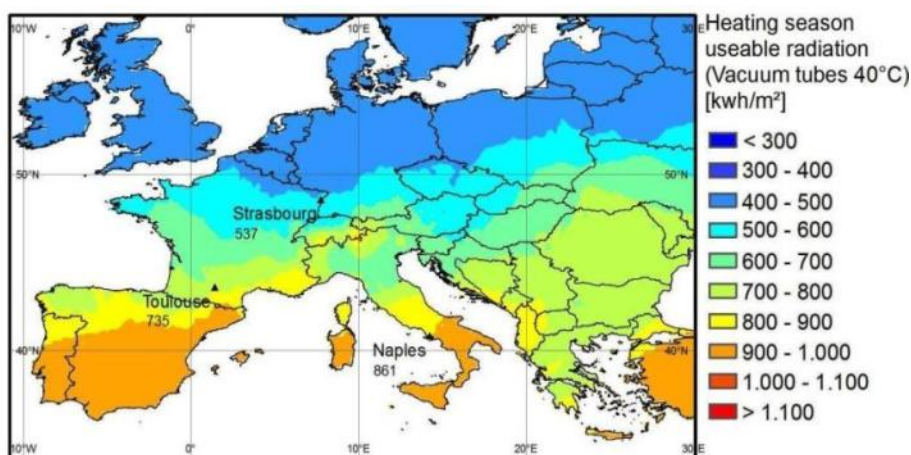


Figura 16 - Stagione di riscaldamento (8 mesi): radiazione utile per collettori a tubi evacuati con acqua a 40°C

3.5 Radiazione utile per acqua calda sanitaria (60°C)

Se si considera acqua calda a 60°C, si può ottenere una considerevole quantità di energia durante il periodo estivo e la rimanente parte dell'anno (si ricorda che il periodo estivo dura la metà di quello invernale).

Nella Figura 17 e Figura 18 (Stagione di riscaldamento), i valori sono compresi tra i 300 kWh/m²/anno e i 900 kWh/m²/anno. Se si considerano le tre città, i valori di radiazione utile variano tra 300 e 550 kWh/m²/anno nel caso dei collettori piani e tra 500 e 800 kWh/m²/anno nel caso dei tubi evacuati. Durante il periodo di raffrescamento (Figura 19 e Figura 20), la radiazione utile per le tre città raggiunge valori compresi tra 450 e 650 kWh/m²/anno nel caso dei collettori piani e tra 600 e 850 kWh/m²/anno nel caso dei collettori a tubi evacuati. Risultati particolarmente buoni sono stati ottenuti nell'angolo in alto a destra della mappa; probabilmente questo fenomeno è dovuto alle poche misurazioni effettuate in quei luoghi, che possono generare errori di interpolazione tra i dati. Dal momento che l'acqua calda sanitaria richiede temperature maggiori, i vantaggi dei collettori a tubi evacuati osservati nel paragrafo precedente aumentano del 28% per la stagione di raffrescamento e del 36% nel periodo invernale (Tabella 6).

Tabella 6 - Radiazione utile [kWh/m²/anno] per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria a 60°C

	FP-Stagione estiva	ET-Stagione estiva	FP-Stagione invernale	ET-Stagione invernale
Strasburgo	438	624	302	490
Tolosa	530	734	445	678
Napoli	632	855	552	802

Anche in questo caso può essere calcolato il rapporto fra le tre città per un determinato fabbisogno di acqua calda: il mercato più promettente risulta essere quello di Napoli, come dimostrano i risultati maggiori del 20% rispetto a Tolosa, e del 50% rispetto a Strasburgo (Tabella 7). Queste differenze possono essere spiegate dalle relazioni tra la radiazione e la temperatura esterna, responsabile delle perdite termiche. Maggiori differenze di temperatura sono state registrate nel periodo invernale, tra il collettore solare e l'ambiente circostante. La scelta tra collettori piani e a tubi evacuati dipende ancora una volta dal prezzo dei collettori rispetto al fabbisogno energetico, nonché dalla superficie a disposizione.

Tabella 7- Rapporto tra energia solare intercettata dai collettori piani (FP) e a tubi evacuati (ET) nelle due stagioni

	Rapporto FP/ET Stagione estiva	Rapporto FP/ET Stagione invernale
Strasburgo	70.20%	61.63%
Tolosa	72.21%	65.63%
Napoli	73.91%	68.82%

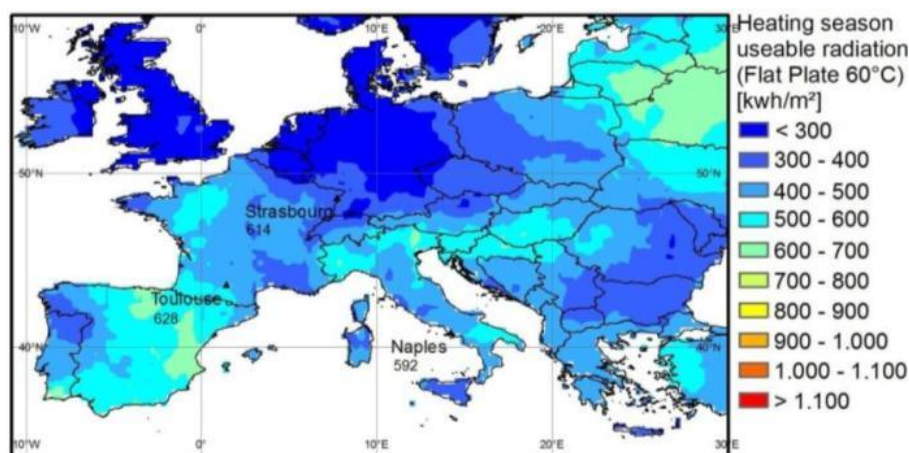


Figure 17 - Stagione di riscaldamento (8 mesi): radiazione utile per collettori piani con acqua a 60°C

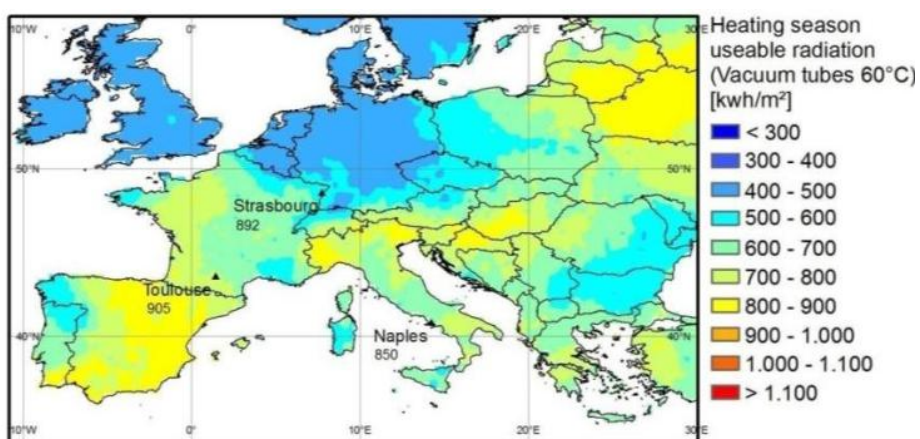


Figura 18 - Stagione di riscaldamento (8 mesi): radiazione utile per collettori a tubi evacuati con acqua a 60°C

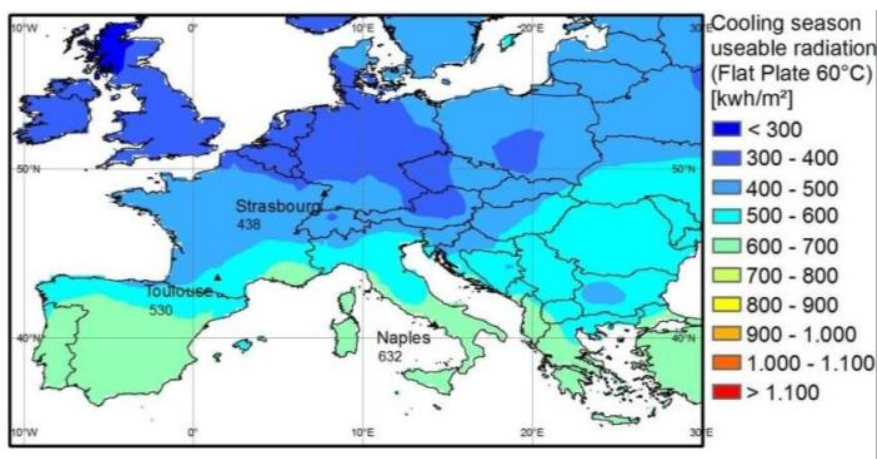


Figura 19 - Stagione di raffreddamento (4 mesi): radiazione utile per collettori piani con acqua a 60°C

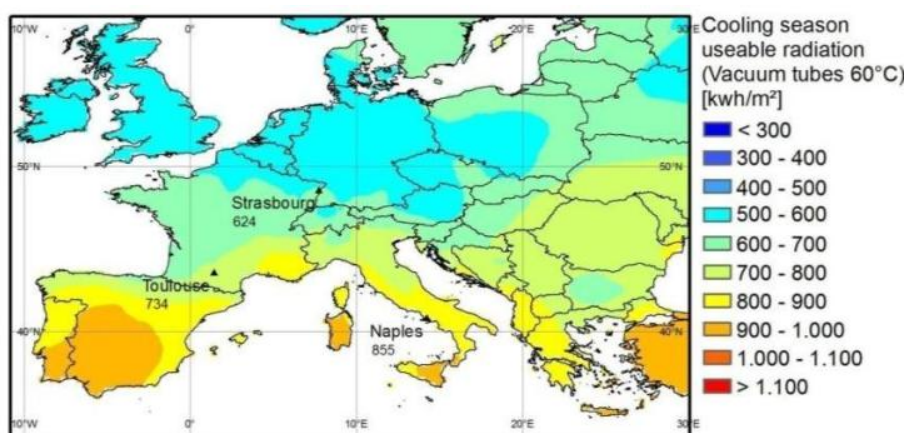


Figura 20 - Stagione di raffreddamento (4 mesi): radiazione utile per collettori a tubi evacuati con acqua a 60°C

3.6 Radiazione utile per il funzionamento delle macchine frigorifere

Per poter delineare i mercati più promettenti, è necessaria la definizione del fabbisogno energetico degli edifici: la diminuzione della radiazione disponibile nei paesi più a Nord potrebbe essere bilanciata da un'equivalente abbassamento del fabbisogno di raffrescamento. Come abbiamo visto in Tabella 1, i fabbisogni di raffrescamento per Tolosa e Strasburgo sono il 60% ed il 40% più bassi rispetto a quello di Napoli (nel caso di applicazioni d'ufficio). Per le applicazioni domestiche, a Tolosa è stato registrato un fabbisogno di energia il 70% ed il 65% più basso di quello misurato a Napoli.

3.6.1 Macchine frigorifere ad adsorbimento (70°C – Stagione estiva)

Se si considera l'energia disponibile in riferimento alla temperatura necessaria al funzionamento di una macchina frigorifera ad adsorbimento (70°C), i valori di radiazione utile sono compresi tra 300 kWh/m²/anno e 850 kWh/m²/anno (Figura 21 e Figura 22). Con riferimento alle tre città prese in esame, i valori di radiazione utile sono compresi tra 400 e 600 kWh/m²/anno nel caso dei collettori piani, e tra 600 e 850 kWh/m²/anno nel caso dei collettori a tubi evacuati. Considerando Napoli come la città di riferimento, la diminuzione della radiazione di energia utile per Tolosa e Strasburgo è pari rispettivamente al 18% e 33%, nel caso dei collettori piani, mentre è del 15% e 28% rispettivamente, considerando i collettori a tubi evacuati.

Da queste analisi si può concludere che il raffrescamento degli edifici nei paesi più a nord (fissate le caratteristiche dell'edificio e la tipologia di collettori) può essere erogato con maggiore semplicità. Comunque, è necessario considerare che al diminuire del fabbisogno di raffrescamento, i tempi di rientro dell'investimento crescono fino a raggiungere livelli non più accettabili. Nel caso in cui il fabbisogno di raffrescamento sia molto basso, è molto meglio considerare l'utilizzo di tecniche passive di raffrescamento.

Confrontando la Tabella 5 con la Tabella 8 risulta chiaro come l'energia intercettata dai collettori a tubi evacuati diventa più significativa all'aumentare della temperatura necessaria al processo.

Tabella 8 -Radiazione utile [kWh/m²/anno] per il raffrescamento (4 mesi)

	FP-70°C	ET-70°C	Rapporto FP/ET 70°C
Strasburgo	390	604	64.57%
Tolosa	478	714	66.95%
Napoli	577	834	69.18%

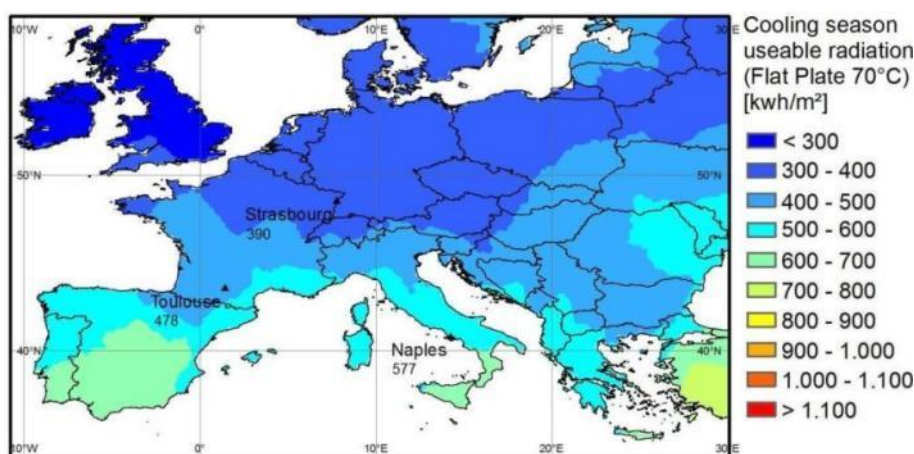


Figura 21 - Stagione di raffreddamento (4 mesi): radiazione utile per collettori piani con acqua a 70°C

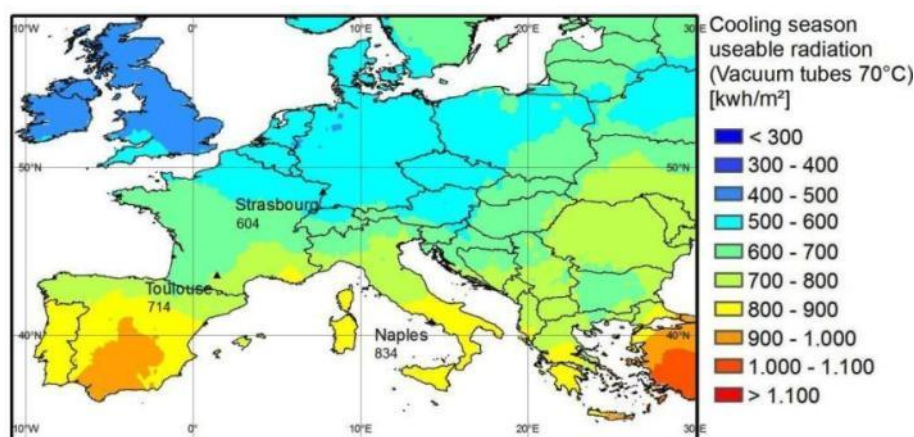


Figura 22 - Stagione di raffreddamento (4 mesi): radiazione utile per collettori a tubi evacuati con acqua a 70°C

3.6.2 Macchine frigorifere ad assorbimento (90°C – Stagione estiva)

I commenti fatti nel precedente paragrafo sono validi anche per l'energia utile disponibile con riferimento a temperature necessarie di 90°C. Nelle Figure 23 e 24, i valori sono compresi tra 300 kWh/m²/anno e 800 kWh/m²/anno. I valori di radiazione utile per le tre città prese in esame variano tra 300 e 500 kWh/m²/anno nel caso di collettori piani e tra 550 e 800 kWh/m²/anno nel caso dei collettori a tubi evacuati.

Confrontando la Tabella 5 con la Tabella 8 e Tabella 9 si può notare nuovamente come l'energia intercettata dai collettori a tubi evacuati sia più rilevante rispetto a quella raccolta dai collettori piani, nei casi in cui la temperatura di processo richiesta e la latitudine del sistema siano maggiori.

Con alte temperature di processo, l'efficienza raggiunta dai collettori a tubi evacuati è quasi doppia rispetto a quella dei collettori piani. La diminuzione della radiazione utile da Napoli a Tolosa, e da Napoli a Strasburgo è paragonabile a quella mostrata nel precedente paragrafo: rispettivamente 20% e 36% a Tolosa e a Strasburgo considerando i collettori piani, 16% e 29% nel caso dei collettori a tubi evacuati.

Tabella 9 -Radiazione utile[kWh/m²/anno] per il raffrescamento (4 mesi)

	FP-90°C	ET-90°C	Rapporto FP/ET 90°C
Strasburgo	306	565	54.16%
Tolosa	383	674	56.82%
Napoli	474	793	59.77%

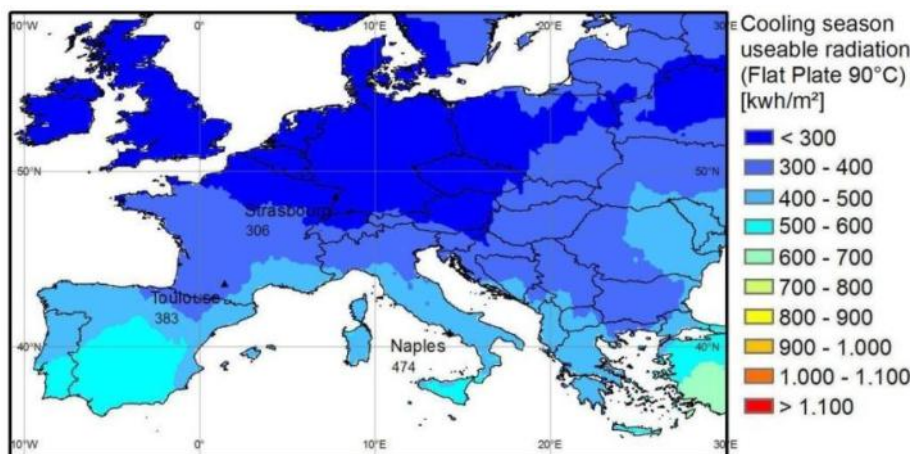


Figura 23 - Stagione di raffrescamento (4 mesi): radiazione utile per collettori piani con acqua a 90°C

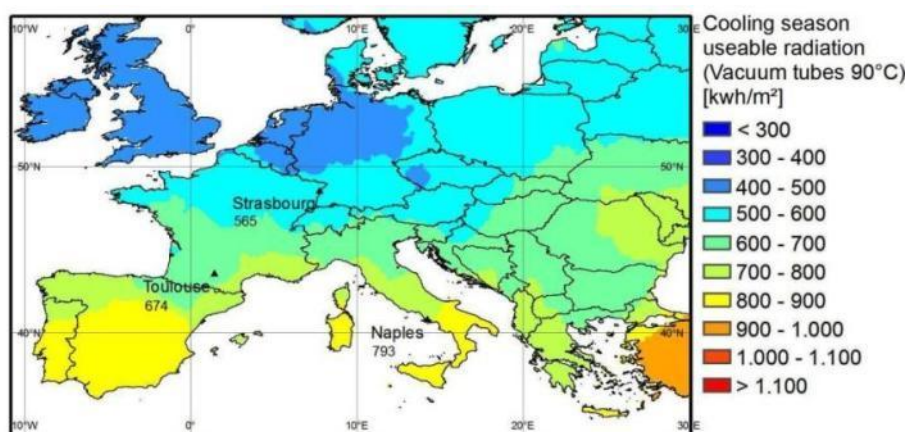


Figura 24 - Stagione di raffrescamento (4 mesi): radiazione utile per collettori a tubi evacuati con acqua a 90°C



4 Conclusioni

La regione di installazione del sistema pone un limite alla quantità di energia solare disponibile per l'erogazione di acqua calda sanitaria, per il riscaldamento ed il raffrescamento. La combinazione di energia utile intercettata e di carichi termici totali determina le aree climatiche più idonee per l'installazione di applicazioni basate su tecnologia Solar Combi+.

Le località prese in esame si dimostrano adatte dal punto di vista del fabbisogno di riscaldamento attraverso l'energia solare grazie alle basse temperature richieste (per il riscaldamento si è scelta una temperatura di 40°C). I paesi più a Sud si dimostrano più adatti per le applicazioni di raffrescamento grazie al maggiore irraggiamento solare disponibile, mentre le tecniche passive di raffrescamento sono più adatte per i fabbisogni dei paesi del Nord.

Le tecnologie utilizzate per il raffrescamento (macchine frigorifere ad assorbimento) e per la raccolta dell'energia solare non devono essere ignorate: al crescere delle temperature richieste e della latitudine, diventa necessario l'utilizzo di collettori solari più efficienti. La maggiore efficienza dei collettori a tubi evacuati deve sempre essere confrontata con il maggiore investimento iniziale necessario per il loro acquisto. Altrettanto importanti sono i fabbisogni stagionali, ad esempio quelli di raffrescamento potrebbero essere proporzionalmente bassi rispetto a quelli invernali, mentre il guadagno energetico garantito da collettori più costosi potrebbe non essere significativo.

Quindi, sebbene i tempi di rientro dell'investimento siano ridotti quando si cerca di coprire contemporaneamente i fabbisogni di riscaldamento, di raffrescamento, e di acqua calda sanitaria, un "mercato maggiormente promettente" non può essere individuato tra quelli analizzati, dal momento che la scelta di un buon sito è fortemente influenzata dalle tecnologie impiegate (sia per il riscaldamento/raffrescamento, sia per la costruzione dell'edificio). Gli aspetti tecnologici ed economici delle singole applicazioni devono essere valutati di volta in volta.

Da un punto di vista dell'accettazione sociale, soltanto alcuni paesi sembrano essere più promettenti rispetto ad altri, soprattutto in seguito all'aumento dei prezzi dell'energia e alla crescente penetrazione di tecnologie solari per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria, oltre che alla maggiore consapevolezza della popolazione riguardo a queste tecnologie.

5 Riferimenti

- ESTIF, "Solar Thermal Markets in Europe, Trends and Market Statistics 2007", Bruxelles, June 2007.
- ESTIF, "Solar Thermal Markets in Europe, Trends and Market Statistics 2008", Bruxelles, May 2009.
- Henning, H.M., "Solar Assisted Air Conditioning in Buildings - A Handbook for Planners", 2003.
- Duffie, J., "Solar Engineering of Thermal Process", 2006.