



Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione

SCENARIO DI RIFERIMENTO

Secondo la Direttiva Europea 2010/31/UE del 19 maggio 2010, circa il 40% del consumo energetico globale nell'Unione Europea deriva dal comparto residenziale. Per questo motivo, afferma la Direttiva, "la riduzione del consumo energetico e l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili nel settore dell'edilizia costituiscono

misure importanti e necessarie per ridurre la dipendenza energetica dell'Unione e le emissioni di gas a effetto serra". La crescente diffusione di impianti di condizionamento dell'aria ha tuttavia aumentato le richieste energetiche del

comparto residenziale. Questo, come riportato nella Direttiva succitata, "pone gravi problemi di carico massimo (in particolare nel periodo estivo, quando, più in generale, aumentano anche le necessità di alimentazione della catena del freddo), che causano un incremento del costo dell'energia elettrica e uno squilibrio del bilancio energetico". Per ridurre tali problematiche, oltre agli interventi suggeriti dalla Direttiva, finalizzati al miglioramento delle prestazioni termiche degli edifici durante il periodo estivo, il progetto di ricerca è indirizzato verso l'approfondimento di quelle attività teoricamente in grado di ridurre al minimo il contributo delle fonti energetiche tradizionali per il riscaldamento degli ambienti, per il raffrescamento degli stessi e per la produzione di acqua calda sanitaria, massimizzando il ricorso alle fonti energetiche rinnovabili.

OBIETTIVI

Il proposito del progetto di ricerca è quello di mostrare come l'utilizzo appropriato delle fonti di energia rinnovabili disponibili e l'adozione di sistemi

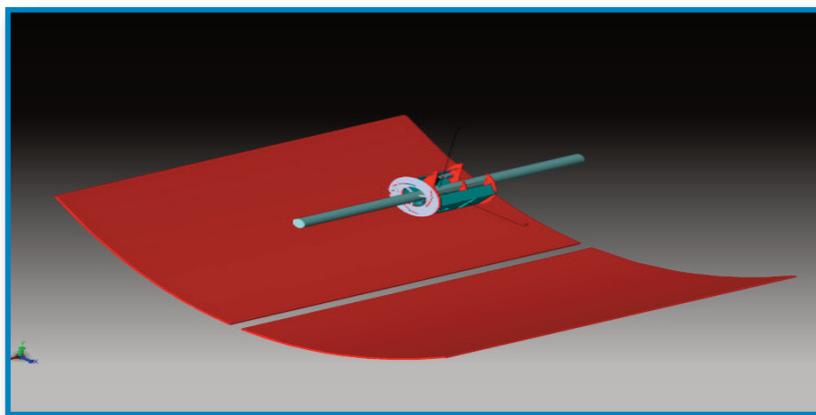
produttivi integrati, in grado di sfruttare in maniera ottimale tutti i flussi termici prodotti, consentano di ottenere i desiderati risultati di risparmio, efficienza energetica e salvaguardia ambientale. L'impiego dell'energia solare nella stagione estiva per il condizionamento dell'aria costituisce una soluzione

tecnica molto interessante dal punto di vista energetico, vista la coincidenza della domanda di climatizzazione con la disponibilità di energia solare. Lo sviluppo delle tecnologie di solar heating & cooling e il raggiungimento di elevati livelli di

produttività e affidabilità può consentire l'impiego di tali sistemi anche in ambito industriale, laddove sia richiesta una produzione di calore di processo a media temperatura. Oltre che alla climatizzazione, le tecnologie solari termiche a bassa e media temperatura possono contribuire allo sviluppo e diffusione di sistemi combinati per la produzione di calore ed elettricità.

Non esiste una sola tecnologia che sia sempre la migliore in qualsiasi situazione: la località di installazione, la destinazione d'uso, il tipo di edificio, la superficie da servire ed il numero di ore annue di accensione degli impianti determinano la scelta tra le diverse tecnologie presenti sul mercato.

In tale contesto l'obiettivo del progetto è quello di sviluppare componenti innovativi e competitivi, in grado di fornire adeguate prestazioni a costi contenuti ed una varietà di soluzioni tecnologiche che consenta la scelta impiantistica ottimale in funzione della taglia dell'impianto, del tipo di fonte energetica disponibile, di output energetico richiesto e per ogni situazione climatica presente nel territorio nazionale.



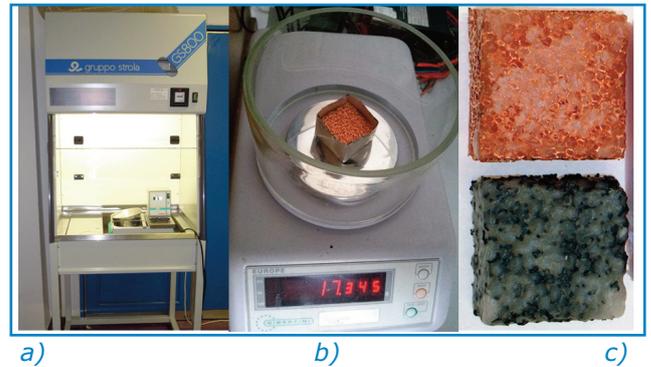
RISULTATI

Sperimentazione e qualificazione di componenti e sistemi

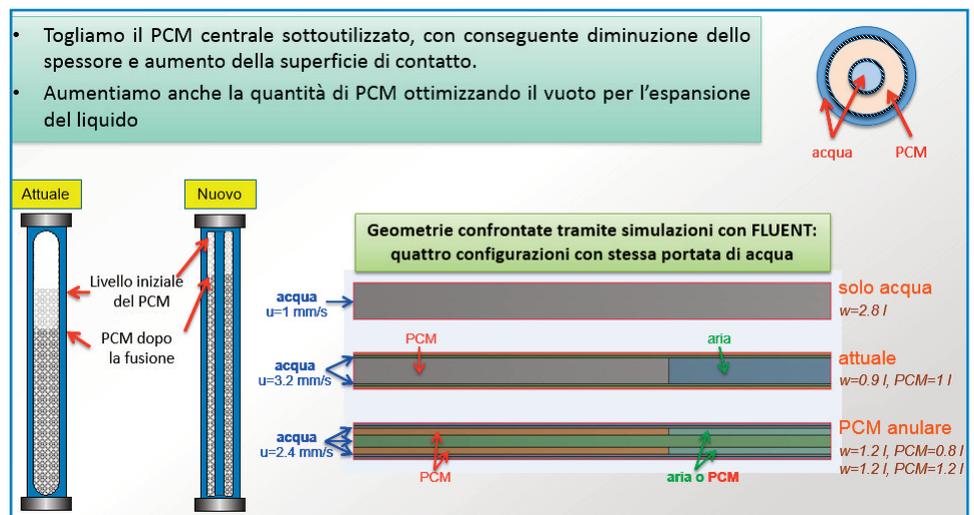
L'attività è stata sviluppata attraverso la progettazione, realizzazione, messa in funzione e quindi l'analisi sperimentale del funzionamento di prototipi di componenti innovativi costituenti il sistema integrato in grado di assolvere l'intero compito della climatizzazione sia estiva che invernale.

“Evoluzione tecnologica di un accumulo termico del tipo a cambiamento di fase (Phase Change Material)”: durante l'attività di ricerca svolta nella precedente annualità, grazie all'utilizzo di una schiuma solida, è stata sensibilmente migliorata la conducibilità del PCM, il cui basso valore si è dimostrato il limite fondamentale all'efficienza del sistema di accumulo termico. In questa annualità sono stati studiati ulteriori miglioramenti di questo parametro, ottenuti intervenendo sulla porosità e sulla composizione della schiuma: quella di carburo di silicio (SiC) nei precedenti test aveva mostrato un buon aumento della conducibilità, ma non ancora sufficiente. Sono stati quindi analizzati gli effetti di altre grandezze, quali il calore specifico e la densità, valutando gli ulteriori miglioramenti apportabili al materiale. Infine sono stati valutati interventi sulla geometria del sistema, che hanno reso più conveniente l'utilizzo dei PCM.

L'adozione di un contenitore di tipo anulare (due tubi concentrici con passaggio dell'acqua anche all'interno) per il contenimento del PCM, la sostituzione delle pareti in plastica del contenitore con pareti metalliche (molto più conduttive) e l'ottimizzazione del riempimento (attualmente il 30% della candela è vuoto dopo la prima fusione) sono solo alcune delle principali modifiche valutate. Ciascuno di questi tre interventi ha portato a un sensibile incremento delle prestazioni ed il miglioramento ottenuto dal sistema completo supera abbondantemente quello massimo raggiungibile attra-verso le schiume, rendendo il sistema conveniente per transitori di temperatura con tempi minori di un'ora.



a) Cappa con all'interno il bagno termostato;
b) blocchetto di schiuma nel contenitore in "coffee bag";
c) blocchetti di schiuma riempiti di PCM: in alto Cu-10, in basso SiC



Contenitore di tipo anulare per il contenimento del PCM

“Test funzionali ed ottimizzazione delle performance di due prototipi di condizionatore d'aria compatti Solar DEC”. Le attività di ricerca hanno riguardato la prosecuzione del monitoraggio dei due prototipi solar DEC compatti (frescoo: acronimo di FREE Solar COOLing) e l'individuazione delle soluzioni tecniche atte a migliorarne le prestazioni. I dati prestazionali delle precedenti campagne sperimentali avevano infatti evidenziato alcune inefficienze nei sottosistemi di raffrescamento evaporativo indiretto (lato aria e acqua) e nel canale di espulsione dell'aria secondaria in uscita dagli scambiatori evaporativi. Ulteriore margine di miglioramento dell'efficienza complessiva del sistema si è ottenuto da un upgrade di alcuni componenti del sistema di monitoraggio/controllo che hanno comportato un incremento del rendimento di regolazione. Da un esame dei risultati della campagna sperimentale si

evince che il sistema freescoo presenta notevoli vantaggi in termini energetici e ambientali rispetto ad un sistema di climatizzazione convenzionale, anche soltanto facendo riferimento alle prestazioni del ciclo estivo. I dati esaminati mostrano anche che il sistema può comunque essere efficacemente utilizzato nella stagione invernale per dare un contributo al riscaldamento dell'ambiente. Va considerato che, seppure il sistema presenta un'elevata efficienza elettrica, nella sua configurazione attuale mostra dei limiti di potenza di raffreddamento che fanno sì che non possano essere raggiunte sempre le condizioni desiderate in immissione. Uno dei limiti riscontrati è legato al calore solare a disposizione che può essere fornito in certe situazioni per la rigenerazione del materiale essiccante e di conseguenza per la deumidificazione dell'aria.

Si sottolinea che le modifiche apportate sul prototipo hanno consentito di ottenere un EER (Energy Efficiency Ratio) incrementato del 48% rispetto al prototipo "base" testato nella precedente annualità ed un consumo medio dell'acqua che è passato dai 224 l/g agli attuali circa 45 litri/g.

Facility per la caratterizzazione di componenti solari per applicazioni a media ed alta temperatura

L'attività è stata caratterizzata dall'analisi sperimentale e dalla qualificazione di componenti solari a concentrazione ottimizzati per applicazioni a media temperatura nella climatizzazione residenziale, commerciale e terziaria, alla produzione di freddo in ambito industriale e alla produzione di calore per alimentare processi co-generativi ad uso industriale. Sono stati sviluppati e validati sperimentalmente diversi modelli matematici per la simulazione di ricevitori a geometria cilindrica relativi a concentratori parabolici lineari o del tipo Linear-Fresnel operanti a media temperatura. I modelli sviluppati hanno permesso di stimare con buona accuratezza il comportamento energetico delle diverse tipologie di concentratori solari termici in tutte le condizioni di funzionamento. Dato il grado di accuratezza riscontrato, tali strumenti software potranno essere utilizzati a supporto della progettazione di componenti innovativi sia per la parte ottica sia per la parte termo-fluidodinamica. Come si evince dai risultati ottenuti, dettagliati nel rapporto tecnico specifico (RdS/PAR2014/232), il calcolo delle grandezze termo-fluidodinamiche mediante un'analisi in 3D permette di ottenere



a)



b)

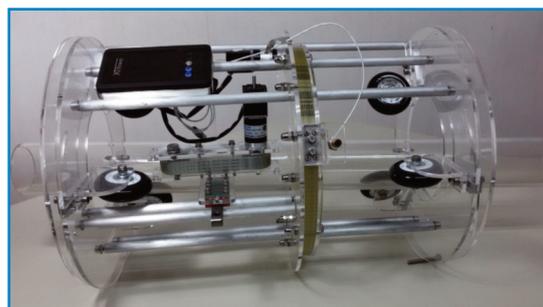
Impianti sperimentali su cui sono state eseguite le prove in campo dei due prototipi di condizionatore d'aria compatti Solar DEC

a) Modello freescoo residential

b) Modello freescoo office

risultati accurati perché elimina le ipotesi semplificative che sono alla base dei modelli bidimensionali precedentemente utilizzati.

Sono state inoltre completate le attività di sviluppo, progettazione e realizzazione di due dispositivi prototipali per la mappatura del flusso solare concentrato in collettori a media temperatura, caratterizzati sia da ricevitori a geometria cilindrica sia da ricevitori a geometria piana: tali dispositivi consentiranno di acquisire informazioni utili a caratterizzare sperimentalmente le efficienze ottiche di diverse tipologie di concentratori in applicazioni solari termiche nei settori civile ed industriale.



Prototipo di dispositivo durante la fase di assemblaggio e verifica funzionale

Sviluppo e sperimentazione di pompe di calore elettriche di nuova generazione

“Test in camera climatica di un prototipo di PDC ad R744 reversibile (caldo/freddo) dotato di un eiettore per il recupero dell’energia di espansione: potenzialità 30 kW”. Il principale vantaggio dell’uso dell’eiettore va individuato nel recupero del lavoro di espansione normalmente perduto nel processo di laminazione effettuato in una normale valvola di espansione. L’uso dell’eiettore è inoltre particolarmente adatto all’impiego in macchine a R744, usualmente funzionanti con cicli transcritici, caratterizzati da elevate differenze di pressione ai capi dell’organo di laminazione. Un eiettore presenta i vantaggi di un basso costo, assenza di parti in movimento, struttura semplice e bassi costi di manutenzione. Inoltre il suo utilizzo comporta una ridotta complicazione impiantistica, che conduce ad una miglior ottimizzazione del flusso del refrigerante



Prototipo PDC ad R744 reversibile (caldo/freddo) dotato di un eiettore: potenzialità 30 kW



Gruppo multi-eiettore

Area di ricerca: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica
Progetto C.3: Utilizzo del calore solare e ambientale per la climatizzazione
Referente: Nicolandrea Calabrese, andrea.calabrese@enea.it

e ad un incremento delle prestazioni degli altri componenti del circuito (in particolare evaporatore e compressore). I vantaggi dell’eiettore si riscontrano sia nel funzionamento come macchina frigorifera che in pompa di calore, in quanto l’effetto termodinamico ultimo del suo impiego risiedono in un incremento della capacità frigorifera (incremento del salto entalpico utile all’evaporatore) e in una riduzione del lavoro di compressione, che viene virtualmente svolto dall’energia recuperata nell’eiettore dall’espansione del refrigerante proveniente dal ramo di alta pressione.

La macchina testata è caratterizzata da un alto grado di innovazione: in particolare, è stato dimensionato un gruppo eiettori che dovrà essere in grado di realizzare l’espansione del refrigerante in maniera ottimale sia nel funzionamento estivo che in quello invernale. Inoltre anche il surriscaldamento in aspirazione al compressore è stato gestito in maniera automatizzata dal controllore della macchina stessa. L’elevato numero di parametri da controllare ha reso però difficoltoso raggiungere il punto di funzionamento ottimale, causando così l’ottenimento di valori di SCOP e SEER non corrispondenti ai valori attesi. Si ritiene comunque che tali risultati siano preliminari e che potranno essere migliorati considerevolmente anche senza modifiche strutturali alla macchina, ma semplicemente settando al meglio alcuni fondamentali parametri di funzionamento.

Partecipazione a gruppi di lavoro internazionali e comunicazione e diffusione dei risultati

L’ENEA durante questa annualità ha assicurato la partecipazione, quali rappresentanti italiani nell’ambito IEA, ai lavori dell’Implementing Agreement “Solar Heating and Cooling”, in particolare alle TASK 42 “Compact Thermal Energy Storage: Material Development and System Integration” (attività nell’ambito della WGB-Numerical Modelling Session), Task 48 “Quality assurance and support measures for Solar Cooling”, Task 51 “Solar energy and urban planning” e Task 53 “New Generation Solar Cooling & Heating Systems (PV or solar thermally driven systems)”.