

Riqualficazione energetica di un edificio di culto



Nella ristrutturazione degli impianti presso la Certosa di Pavia la maggiore aliquota di risparmio energetico si è ottenuta agendo sul sottosistema di generazione dell'energia termica per mezzo di pompe di calore ad assorbimento a gas ad alta temperatura

di Massimo Ghisleni

La parte della struttura oggetto di riqualificazione edilizia ed energetica dell'edificio è stata quella relativa all'antica foresteria del complesso cistercense, utilizzata in qualità di centro per ritiri spirituali. Per gli ambienti considerati si prevede un cambiamento di destinazione d'uso, adibendoli momentaneamente a residenza per i monaci, per poi destinarli in futuro a funzioni ricettive come foresteria per pellegrini e fedeli.

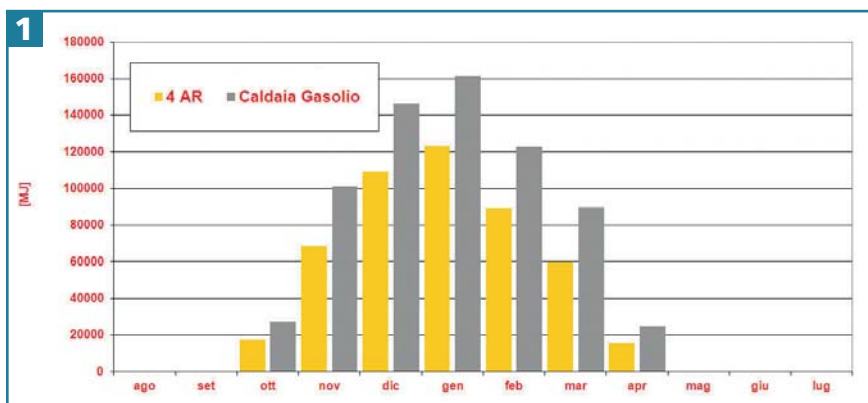
L'edificio posto su due livelli nell'ala sud del complesso monumentale, rientra nella categoria E1(1) secondo la classificazione introdotta dal D.P.R. 26 agosto 1993 N° 412. L'area oggetto di riqualificazione è posta al piano terra e al

za termica richiesta per il servizio di riscaldamento è stata di 117 kWt, mentre la potenza frigorifera per la climatizzazione estiva è stata di 70 kWf. Vista la destinazione d'uso, assume grande importanza il valore della potenza termica necessaria per produrre acqua calda sanitaria. La sua entità ammonta a 35 kWt con un volume d'accumulo pari a 800 litri. Nella struttura sono presenti sei zone termiche in base alla destinazione d'uso e alle esigenze residenziali e (in futuro) ricettive, ciascuna autonoma con possibilità di regolare ogni singolo terminale.

L'impianto di climatizzazione

La scelta dei terminali d'impianto ha portato all'adozione di ventilconvettori negli alloggi e radiatori tubolari in acciaio nei servizi igienici. Per ragioni di contenimento dei costi di realizzazione, vista la necessità di ripristinare pavimenti e soffitti originari al termine delle installazioni, non si è dato seguito all'intenzione originaria che prevedeva l'adozione di pannelli radianti a bassa temperatura. Scegliendo ventilconvettori e radiatori tubolari in acciaio, si è di fatto optato per un impianto a temperatura del fluido termovettore medio-alta, fissando il massimo a 60°C di mandata ai terminali.

La rete di distribuzione dell'impianto di riscaldamento e condizionamento fa capo ad una sottostazione posta all'interno di un locale tecnico, costituita da un serbatoio inerziale da 500 litri sul quale si chiude un circuito primario collegato alle apparecchiature del sottosistema di generazione. A valle del serbatoio, che funge da volano termico e da disgiuntore idraulico, è posto un collettore idraulico dal quale si diramano tre linee di tubazioni. La prima rete di distribuzione alimenta tutti i ventilconvettori, la seconda i radiatori dei bagni e la terza è collegata al sistema di pre-riscaldamento dell'acqua calda sanitaria. Una rete di distribuzione completamente indipendente da quella precedentemente descritta collega il sistema di preparazione dell'acqua calda sanitaria ad una caldaia a condensazione, anch'essa posta all'esterno dell'edificio. La regolazione del sottosistema di distribuzione e cessione del calore è basata su un primo controllo della temperatura dell'aria immessa in ambiente dai ventilconvettori e, dell'aria ambiente per i servizi igienici riscaldati mediante radiatori in acciaio. Sui ventilconvettori, in funzione del livello termico a cui viene immessa l'aria in ambiente, viene fatta modulare la velocità del ventilatore. Sui radiatori le valvole termostatiche vanno a modulare la portata in ingresso ai terminali. Un secondo controllo è poi svolto sulla portata circolante nella rete di distribuzione. Sulla linea che collega i ventilconvettori, viene controllata la temperatura di ritorno del fluido termovettore e, per mantenere costante il salto termico tra mandata e ritorno, viene modulata la velocità della pompa di



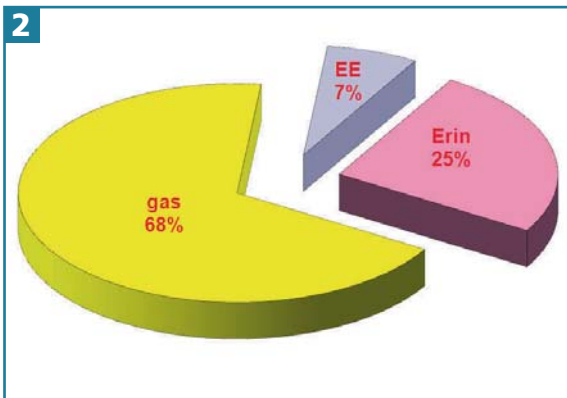
1. ANDAMENTO DEI CONSUMI D'ENERGIA PRIMARIA NELLE DUE ALTERNATIVE: CON CALDAIA E CON POMPE DI CALORE AD ASSORBIMENTO.

primo piano e consta di 6293 m³ riscaldati e di una superficie disperdente di 1440 m². Le superfici disperdenti trasparenti erano costituite da serramenti a vetro semplice e da telai in legno di concezione antiquata, ma di nessun valore artistico particolare. L'unica azione possibile sull'involucro edilizio è costituita quindi dalla sostituzione dei serramenti esistenti con elementi in vetrocamera 12-4-12 sempre con telaio in legno ma di concezione moderna. La poten-

La Certosa di Pavia

La Certosa di Pavia (*Gratiarum Chartusia*) è un monastero cistercense ed è Santuario della Beata Vergine Maria Madre delle Grazie, ubicato a circa 8 km a Nord dalla città di Pavia. L'edificio, edificato in periodo tardo-gotico, risale al XIV secolo.

Nel 1866 il monastero fu dichiarato monumento nazionale italiano diventando così di proprietà del Regno d'Italia prima e della Repubblica Italiana in seguito. L'intera struttura è sottoposta a vincoli sul patrimonio culturale del nostro paese e sono posti sotto vincolo demaniale anche tutti i beni artistici ed ecclesiastici in essa contenuti. Gli edifici che fanno parte del complesso monumentale attualmente ospitano al loro interno anche la sede del Museo della Certosa di Pavia e la locale stazione dei Carabinieri.



circolazione diminuendo o aumentando la portata a seconda dei casi. Sulla linea che collega i radiatori, un controllo sulla pressione differenziale tra la mandata e il ritorno consente di modulare la velocità della pompa di circolazione. Di fatto per le due linee descritte sono presenti due sistemi di regolazione indipendenti e differenti tra loro, ai quali vengono comunque affidati obiettivi sostanzialmente simili: modulazione dell'erogazione di calore all'aria ambiente e modulazione della portata del fluido termovettore. Un terzo sistema di controllo dell'impianto governa il sistema di produzione e di pre-riscaldamento invernale dell'acqua calda sanitaria, attivando all'occorrenza il generatore di calore a condensazione e le pompe a portata fissa della stessa caldaia. Unicamente in inverno, quando la temperatura nel bollitore lo richiede, il sistema di regolazione attiva la pompa del pre-riscaldamento presente sul collettore di spillamento.

La scelta del sottosistema di generazione

La centrale tecnologica vera e propria è posta all'esterno dell'edificio. Per il sistema di generazione dell'energia termica e frigorifera si è pensato in fase progettuale ad un complesso di pompe di calore, vista la possibilità offerta in tal caso dalla DGR lombarda n. 8/8745 (all'articolo 6.5) di poter evitare di installare gli impianti solari altrimenti obbligatori. Tale decisione era chiaramente volta a ridurre i costi di realizzazione degli impianti e ad ovviare alle complessità architettoniche implicite nella necessità di collocare i pannelli solari sulla copertura.

Nel caso specifico si ricercava una soluzione che consentisse di utilizzare terminali ad alta temperatura, che permettesse di rispettare la DGR lombarda eliminando o riducendo drasticamente i sistemi di captazione solare, ottenendo contestualmente un sistema efficiente in grado di utilizzare energie rinnovabili, ma tenendo i costi di realizzazione a livelli accettabili. La soluzione al problema è stata trovata nella tecnologia delle pompe di calore ad assorbimento alimentate a gas naturale ed

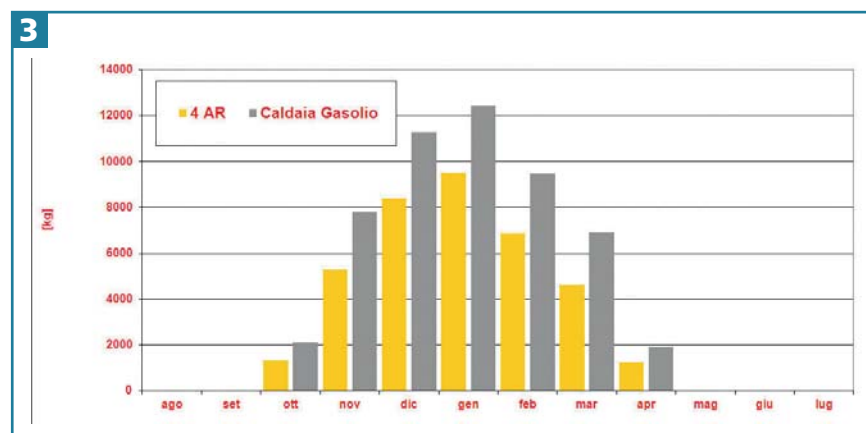
energie rinnovabili aerotermiche o geotermiche. Nel caso specifico, per ridurre i costi di realizzazione e per ottenere il raggiungimento di tutti gli obiettivi fissati, sono state adottate pompe di calore ad assorbimento aerotermiche prodotte da Robur, caratterizzate da: efficienza poco influenzata dalla temperatura dell'aria esterna; fase di defrosting rapida e ininfluenza sulle prestazioni dell'impianto; prestazioni simili alle apparecchiature geotermiche ma senza richiedere l'onerosa realizzazione dei sistemi di scambio con il terreno. La bassa temperatura a cui si può far evaporare il refrigerante (l'ammoniaca), consente alle pompe di calore ad assorbimento di operare efficacemente in aerotermia a qualsiasi condizione termica della sorgente. Lo sfruttamento della grande quantità d'energia che viene a liberarsi all'interno del ciclo frigorifero della macchina durante la fase di assorbimento consente elevate temperature di mandata all'impianto di riscaldamento trasferendo l'energia rinnovabile prelevata dall'aria con efficienze ancora ragguardevoli. Inoltre, la stessa possibilità di disporre di calore ad alta temperatura all'interno del ciclo termodinamico della pompa di calore ad assorbimento, consente di effettuare le operazioni di defrosting in tempi rapidi ed ininfluenti sull'efficienza energetica del sistema e, soprattutto, senza interrompere il servizio di riscaldamento. Queste peculiarità sono risultate determinanti per le scelte progettuali.

Risultati ottenuti

Il sottosistema di generazione dell'energia è dotato di quattro pompe di calore ad assorbimento aerotermiche invertibili serie GAHP-AR, atte a fornire tutta la potenza termica necessaria all'impianto di riscaldamento e la potenza frigorifera per l'impianto di condizionamento. Le pompe di calore sono affiancate da una caldaia a condensazione da esterno al solo scopo di produrre acqua calda sanitaria. Tutte le apparecchiature sono pre-assemblate in fabbrica e costituiscono un monoblocco

2. RIPARTIZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI DEL SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE A POMPA DI CALORE AD ASSORBIMENTO: LA SIGLA "GAS" IDENTIFICA IL CONSUMO D'ENERGIA PRIMARIA DOVUTA ALLA COMBUSTIONE DEL GAS METANO; LA SIGLA "EE" IDENTIFICA IL CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA; LA SIGLA "ERIN" IDENTIFICA LA FRAZIONE DI ENERGIA RINNOVABILE INTRODOTTA RISPETTO ALL'INTERO FABBISOGNO SERVITO.

3. EMISSIONI DI ANIDRIDE CARBONICA IN ATMOSFERA DA PARTE DELL'IMPIANTO.





4. VISTA DELLE POMPE DI CALORE AD ASSORBIMENTO INSTALLATE PRESSO LA CERTOSA DI PAVIA.

5. DETTAGLIO DELLA SOTTOCENTRALE DELL'IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE CON POMPE DI CALORE AD ASSORBIMENTO.



identificabile come unica apparecchiatura. La regolazione del sistema è ottenuta mediante l'elettronica fornita di serie dal costruttore stesso, che realizza la gestione del circuito primario, modulando la potenza erogata e la portata del fluido termovettore, inserendo in cascata le singole pompe di calore e le rispettive pompe di circolazione. In inverno il pannello digitale di controllo, consente di gestire la temperatura di invio del fluido termovettore seguendo una curva climatica. Con tale strategia di gestione del circuito primario dell'impianto si ottengono

vantaggi energetici derivanti dalla possibilità di abbassare quando è possibile la temperatura del fluido termovettore stesso.

Il sottosistema installato, operante ad una temperatura medio-alta (60°C massimi) del fluido termovettore, è caratterizzato da un'efficienza media stagionale invernale pari a circa il 130% riferita al consumo di combustibile gassoso. Effettuando un confronto con la situazione precedente alla riqualificazione energetica, comparando la moderna tecnologia ad assorbimento con la preesistente centrale termo-frigorifera composta da una caldaia a gasolio (rendimento medio stagionale $\eta = 86\%$) e da un gruppo frigorifero di vecchia concezione (coefficiente di prestazione medio stagionale $EER = 2,3$), il retrofit del sistema edificio-impianto ha portato ad un risparmio energetico stimabile in 2 tonnellate equivalenti di petrolio (tep), ottenendo una riduzione complessiva di 44626 kWh/anno nei consumi di energia primaria del sottosistema di generazione dell'impianto. Tale risparmio energetico è dovuto in massima parte all'introduzione di energia rinnovabile aerotermica, ottenuta con il funzionamento delle pompe di calore ad assorbimento nella sola stagione invernale. La quantità di energia rinnovabile utilizzata dall'impianto è pari a 44938 kWh/anno, nonostante le rigide temperature invernali della pianura lombarda e le elevate temperature necessarie agli utilizzatori per mantenere il comfort nell'edificio. Per il servizio estivo invece si è potuto ridurre l'impegno elettrico della struttura di 27 kW, consentendo la realizzazione di un impianto elettrico più semplice e sicuro ed evitando anche la necessità di un doppio contatore per la gestione delle pompe di calore.

I dati sopra riportati hanno consentito risparmio economico nella gestione energetica annuale dell'impianto pari al 31% in meno rispetto alla situazione precedente.

Conclusioni

L'impianto realizzato con pompe di calore ad assorbimento ha consentito di raggiungere tutti gli obiettivi fissati dalla committenza, ottimizzando i costi di realizzazione delle opere, mantenendo un'architettura d'impianto tradizionale, basata cioè su sistemi di cessione del calore caratterizzati da temperature di funzionamento medio alte. Dall'esperienza effettuata si può quindi dedurre che la tecnologia GAHP (gas absorption heat pump), anche nel parco edilizio esistente può essere utilizzata sfruttando le sue capacità di integrazione in qualsiasi impianto idronico, consentendo di rendere più ecologico il funzionamento dell'impianto, rendendone energeticamente vantaggiosa la gestione e valorizzando anche dal punto di vista economico e commerciale gli immobili esistenti.

