

PIANO ENERGETICO E AMBIENTALE DEL COMUNE DI PERUGIA

III FASE - PIANO DEFINITIVO

SCHEDA TECNICA C4) EDILIZIA BIOCLIMATICA C4.c) SISTEMI PASSIVI

STATO DELL'ARTE

Generalità

L'impiego "passivo" – ovvero, senza ausilio di mezzi meccanici di trasporto dei fluidi – dell'energia solare negli edifici, in funzione del benessere termico, risale ai tempi antichi. Nella città greca di Olinto, ricostruita dopo un terremoto nel IV sec. A.C., le abitazioni si affacciavano su cortili esposti a Sud. In epoca romana, la tecnologia del vetro consentì l'applicazione del cosiddetto *heliocamino* (antesignano dei sistemi solari passivi moderni) ai palazzi termali e, successivamente, anche alle ville patrizie, allo scopo di ridurre il fabbisogno di combustibile (legna) per riscaldamento. L'attenzione all'esposizione solare degli insediamenti fu, peraltro, una caratteristica del modo di costruire di molte popolazioni pre-moderne, quali, ad esempio, quella della Cappadocia, che utilizzò cavità naturali esposte al sole per adattarvi le proprie abitazioni, fino ai Valdesi della Val Pellice, che edificarono, nel XVIII e XIX secolo, case addossate alla roccia.

L'applicazione passiva per eccellenza dell'energia solare è legata allo sviluppo delle serre da coltivazione, che si diffuse, a partire dal XVII secolo, nei Paesi del Nord Europa e, in particolare, in Olanda ed Inghilterra.

Il XIX sec. rappresentò, tuttavia, anche il periodo d'inizio del declino nell'uso passivo dell'energia solare in architettura. L'accessibilità ad una nuova risorsa energetica, il gas, portò, infatti – a partire dalla prima illuminazione stradale, a Pall Mall, del 1807 – allo sviluppo di nuovi e più sofisticati sistemi di riscaldamento e illuminazione degli edifici, con rete di distribuzione diffusa, che consentirono ai costruttori di svincolarsi, entro certi limiti, dal vincolo del clima, affidandosi a sistemi di controllo ambientale di tipo meccanico.

I sistemi solari passivi sono completamente integrati con l'edificio, nei suoi aspetti sia tecnico-costruttivi sia formali. Essi si basano sui seguenti criteri:

- le aperture a nord devono essere ridotte al minimo;
- il rivestimento del pavimento vicino alle vetrate deve permettere la conduzione e l'accumulo del calore (evitare quindi tappeti, moquette, legno, ecc.);
- bisogna evitare un numero eccessivo di piante verdi nelle serre perché provocano aumento dell'umidità e ostruiscono il passaggio e il conseguente accumulo della radiazione solare;
- le aperture vetrate devono essere protette esternamente contro le perdite termiche notturne in inverno e contro il surriscaldamento estivo;
- l'orientamento ottimale per le superfici di captazione è il sud. Un orientamento verso sud-est o sud-ovest può essere preso in considerazione, però il rendimento energetico verrebbe ad essere ridotto di un 20% generalmente;
- l'inclinazione ottimale delle superfici di captazione oscilla tra 60° e 90°;
- le vetrate delle superfici di captazione devono essere doppie o isolanti;
- la trasmittanza delle pareti perimetrali deve essere molto bassa;
- si deve effettuare uno studio dettagliato delle ombre portate, per ottenere risultati favorevoli dal punto di vista della climatizzazione.

Sulla base dell'interazione spaziale tra energia radiante incidente ed energia fornita all'ambiente, si distinguono sistemi solari passivi a guadagno diretto (lo scambio termico prevalente è di tipo radiativo diretto), indiretto (lo scambio termico prevalente è di tipo convettivo, quello radiativo è indiretto, attraverso la parete di accumulo), semidiretto e isolato (lo scambio è di tipo radiativo indiretto, attraverso una massa che accumula, anche per scambio convettivo, ma senza passaggio d'aria in ambiente) (v. fig. 1).

Sistemi solari passivi a guadagno diretto

La radiazione solare entra direttamente nello spazio da riscaldare, attraverso ampie superfici trasparenti, convertendosi in calore; di questo una parte è utilizzato immediatamente, la restante parte è assorbita dalle superfici interne caratterizzate da elevata inerzia termica e capacità di accumulo del calore. Il calore accumulato viene ceduto all'ambiente durante le ore notturne.

Un edificio caratterizzato da ampie pareti vetrate a sud e ben coibentato termicamente sulle restanti pareti è un esempio di costruzione con sistema solare passivo a guadagno diretto. La tecnologia costruttiva deve prevedere importanti accorgimenti: a) il tipo di vetro della "finestra solare" va scelto in base alle prestazioni richieste; b) le dimensioni della "finestra solare" dipendono dal volume dell'ambiente servito; c) è opportuno

(segue stato dell'arte)

posizionare nei pressi delle finestre delle masse di accumulo (nel pavimento e sulle pareti) per assorbire il calore eccedente il fabbisogno durante il giorno; d) occorre assicurare un buon isolamento delle finestre per evitare dispersione di calore nelle ore notturne. Vantaggi e svantaggi dei sistemi a guadagno diretto sono riportati in tab. 1.

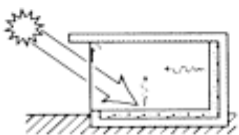
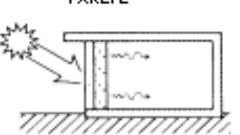
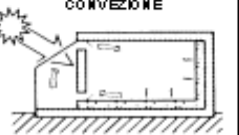
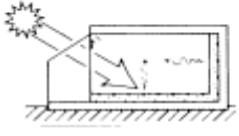
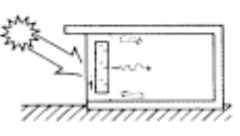
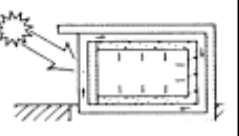
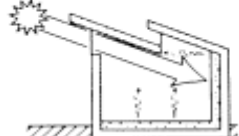
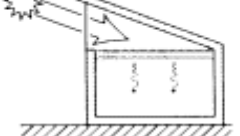
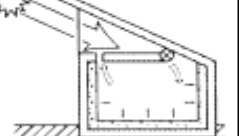
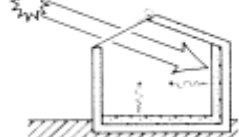
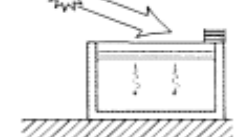
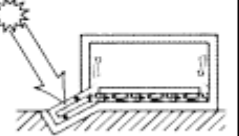
	GUADAGNO		
	DIRETTO	INDIRETTO	ISOLATO
CAPTAZIONE SU PARETE SUD	 FINESTRA	 ACCUMULO PARETE	 SERRA A CONVEZIONE
	 SERRA	 MURO DI TROMBE	 CAMINO SOLARE "BARRA COSTANTE"
CAPTAZIONE IN COPERTURA	 ABBAINO	 ACCUMULO TETTO	 "SOLAI NERO"
	 LUCERNARIO	 ACCUMULO TETTO	
CAPTAZIONE REMOTA			 COLLETTORE A TERMOSIFONE

Fig. 1: schemi di sistemi solari passivi per tipo di incremento e collocazione del sistema di captazione

Sistemi solari passivi a guadagno indiretto

Nei sistemi a guadagno indiretto l'accumulatore termico fa parte dell'involucro che racchiude lo spazio interno, ed esso riceve direttamente la radiazione solare per restituirla poi allo spazio interno sotto forma di energia termica. I principali sistemi a guadagno indiretto sono i seguenti:

Parete ad accumulo: è costituita da una parete scura, rivolta a sud ed esternamente protetta da un vetro posto ad una certa distanza in modo da formare un'intercapedine con la parete stessa. L'effetto serra fa innalzare la temperatura della superficie esterna della parete e trasmette il calore verso l'interno per conduzione. La trasmissione di calore verso l'interno avviene con un certo ritardo, in virtù del fatto che la parete ha una certa inerzia termica ed è così in grado di regolare la temperatura interna, attenuandone le fluttuazioni. Per il periodo estivo è necessario prevedere un sistema di ombreggiatura esterno e delle aperture in modo da favorire la circolazione d'aria nell'intercapedine con conseguente raffreddamento della parete.

Muro di Trombe: una porzione della parete perimetrale dell'edificio esposta a sud viene dipinta di nero in modo da avere, in inverno, il massimo assorbimento dell'energia radiante solare. Inoltre, esternamente alla parete e ad una distanza di circa 20 cm, viene montata una lastra di vetro, in modo da formare un'intercapedine fra la parete in muratura e la lastra stessa. Nella parete in muratura esistono due serie di aperture, prossime alla base ed alla sommità, le quali mettono in comunicazione l'ambiente interno con l'intercapedine; questa può essere chiusa verso l'esterno oppure aperta, a seconda della posizione assunta da due valvole a farfalla. Durante l'inverno, l'altezza del sole è modesta ed i raggi solari incidono sulle pareti

(segue stato dell'arte)

verticali dell'edificio con angoli relativamente elevati, provocando il riscaldamento della superficie annerita. Le valvole sono chiuse e l'aria dell'intercapedine, riscaldata per convezione naturale essendo a contatto con la parete calda, sale ed affluisce nell'ambiente attraverso le aperture poste in sommità della parete in muratura; altra aria viene richiamata dall'ambiente interno attraverso le aperture alla base della parete e si stabilisce, in virtù dei moti convettivi, una sorta di circolazione naturale che produce in definitiva il riscaldamento dell'ambiente interno. Un ulteriore contributo a detto riscaldamento è dovuto all'energia raggiante re-irradiata dalla parete in muratura; questo contributo viene ceduto all'ambiente con ritardo, a seguito dell'inerzia termica della parete, la quale può essere scelta in modo opportuno da ricavare un effetto favorevole da questa circostanza. Nel periodo estivo l'altezza del sole è molto più elevata e l'energia incidente sulla parete è molto modesta. Si ha comunque un certo riscaldamento di questa parete, che può essere utilizzato per ventilare l'ambiente interno: le valvole sono aperte verso l'esterno e l'intercapedine è in comunicazione sia con l'esterno che con l'interno. L'aria riscaldata nell'intercapedine tende a salire ed esce dall'apertura superiore, richiamando aria sia dall'apertura inferiore sia dall'interno dell'ambiente, che viene così ventilato naturalmente.

Muro d'acqua: è un sistema simile al muro di Trombe, nel quale però al posto del muro sono presenti bidoni o barili che racchiudono acqua. In questo caso la trasmissione di calore avviene prevalentemente per convezione, poiché all'interno del volume d'acqua si creano delle correnti convettive. Il ricorso a questo sistema è giustificato dal fatto che la capacità termica dell'acqua è superiore a quella dei materiali murari, per cui a parità di volume e di salto termico (esterno/interno), il muro d'acqua accumula una quantità di calore maggiore. L'aspetto negativo del muro d'acqua è che non può costituire elemento strutturale, per cui rappresenta un extracosto. Vantaggi e svantaggi dei sistemi a guadagno indiretto sono riportati in tab. 1.

Sistemi solari passivi a guadagno semidiretto

La radiazione solare, anziché essere raccolta nello spazio da riscaldare, viene assorbita in uno spazio tra l'interno e l'esterno (serra, veranda), con temperature interne medie superiori a quella dell'aria esterna. Un tipico esempio di sistema a guadagno diretto è la serra solare, che si può addossare agli edifici preesistenti e costituisce lo spazio ideale (con i dovuti accorgimenti) per la coltivazione di piante. La serra, poi, se dotata di schermature ad elementi mobili può essere considerata uno spazio abitabile. Il funzionamento più efficiente di una serra si ottiene quando essa si affaccia sul lato sud di un edificio, dal quale è separata attraverso un muro termoaccumulatore, adiacente agli spazi che si vogliono riscaldare. Elementi ombreggianti e aperture di ventilazione regolabili sono fondamentali per regolare i flussi di calore, specialmente nelle stagioni intermedie e in quella calda, maggiormente soggette agli effetti del surriscaldamento. La migliore ventilazione si ottiene con aperture localizzate alla base e alla sommità della serra; si prevedono di solito 0.1 m^2 di apertura per ogni m^2 di superficie vetrata. Vantaggi e svantaggi dei sistemi a guadagno semidiretto sono riportati in tab. 1.

Sistemi solari passivi a guadagno isolato

La captazione dei raggi solari, la loro conversione in calore e l'accumulo sono isolati dallo spazio abitativo. Infatti il maggiore problema dei sistemi a guadagno diretto e indiretto è dato dalla prossimità dell'accumulo con l'esterno. Questo porta a perdite di calore rilevanti attraverso la superficie trasparente, con riduzione del rendimento complessivo del sistema: si è quindi cercato di allontanare l'accumulo dal sistema di captazione. I principali sistemi a guadagno isolato sono i seguenti:

Collettori ad aria: l'aria scaldata attraverso questi pannelli posti esternamente all'edificio viene inviata in un letto di pietre, che costituisce l'accumulo, sottostante il locale da riscaldare, al quale il calore viene trasmesso per conduzione e adduzione. Un sistema nuovo è rappresentato dall'impiego di pannelli fotovoltaici che, esposti all'irraggiamento solare, producono elettricità, ma si scaldano e poiché la loro efficienza diminuisce all'aumentare della temperatura, possono essere fatti attraversare da aria di raffreddamento che può essere impiegata per il riscaldamento ambientale.

Collettori ad acqua: in questo caso l'acqua scaldata dai collettori viene inviata a sistemi a pavimento (Pannelli radianti) posti nel solaio, che cede calore all'ambiente in maniera uniforme.

Camino solare o sistema Barra – Costantini: è un sistema composto da tre elementi: un camino solare, consistente in uno spazio vuoto ricavato tra la parete esposta a sud e un vetro, con interposta una lastra assorbente; l'aria che attraversa il camino, riscaldandosi, sale e viene immessa nei canali di distribuzione del secondo elemento, il solaio termico, che ha la funzione di distribuzione, accumulo e corpo scaldante. L'aria percorre i canali da sud a nord, cede energia termica alla parete del solaio e fuoriesce dalle aperture del soffitto situate in fondo ai canali e viene immessa in ambiente, quindi viene ripresa dalle bocchette poste alla base del camino solare. Completano il sistema le aperture di regolazione che regolano il funzionamento estivo e invernale, impedendo la circolazione dell'aria calda nella stagione estiva, dell'aria fredda nelle ore notturne invernali e favorendo invece la circolazione di aria fresca nelle ore notturne estive, che consente anche il raffrescamento del solaio. Vantaggi e svantaggi dei sistemi a guadagno isolato sono riportati in tab. 1.

(segue stato dell'arte)

Sistemi solari passivi a ibridi

Si possono infine avere **sistemi ibridi**, nei quali la distribuzione dell'aria è analoga ai corrispondenti sistemi passivi, con l'aggiunta di ventilatori, collocati, generalmente, in alto, all'uscita dell'aria dal subsistema di captazione. In un particolare tipo di parete-camino solare ibrida, usata in edifici industriali – la Solarwall, una parete metallica forata senza lastra trasparente aggiunta – la distribuzione dell'aria avviene tramite condotte a vista e caduta dall'alto.

Tab. 1: vantaggi e svantaggi di diverse tipologie di sistemi passivi

Sistema	Vantaggi	Svantaggi
guadagno diretto	funzionamento istantaneo	deterioramento dei colori degli oggetti esposti alla radiazione solare
	costo limitato	elevati contrasti di luminanza e abbagliamento
	montaggio semplice	surriscaldamenti nelle medie stagioni
	manutenzione ridotta	
	contatto visivo con l'esterno	
guadagno indiretto	assenza di abbagliamento e deterioramento degli arredi	aumento dei costi strutturali
	fluttuazioni interne di temperatura ridotte	extracosti dovuti alla realizzazione del sistema
	riscaldamento anche nelle ore serali per effetto dell'accumulo	difficoltà di adattamento ad edifici esistenti per effetto del forte cambiamento delle facciate
	possibilità di effettuare la ventilazione estiva mediante apposite aperture nella parte superiore della superficie vetrata	difficoltà di pulizia delle vetrate
		possibilità di formazione di condensa sul vetro
		riscaldamento dei soli spazi a contatto con il sistema
		perdite termiche verso l'esterno se il sistema non è ben isolato
guadagno semidiretto	aumento dello spazio abitabile	costi elevati
	gradevoli effetti estetici	necessità di sistemi di controllo per evitare il surriscaldamento
	integrazione con edifici esistenti (es. chiusura balconi)	la presenza di piante comporta elevata umidità e possibilità di formazione di condensa sulle pareti
	riduzione della dispersione del calore, limitazione dei fenomeni di abbagliamento, di deterioramento degli arredi e di fluttuazioni della temperatura interna	in carenza di regolamentazione edilizia specifica può costituire un volume costruito a tutti gli effetti, che incrementa la cubatura dell'edificio
guadagno isolato	assenza di abbagliamento e deterioramento degli arredi	necessità di un accurato dimensionamento per innescare naturalmente la termocircolazione dell'aria
	costo contenuto	necessità di una corretta progettazione degli elementi di controllo
	possibilità di integrazione negli edifici esistenti	
	migliore distribuzione del calore nell'ambiente interno	

RISVOLTI ENERGETICI, AMBIENTALI E SOCIO - ECONOMICI

Risvolti energetici

I risvolti energetici nell'impiego dei sistemi solari passivi, indipendentemente dalla loro tipologia, consistono essenzialmente nel risparmio energetico in condizioni invernali in quanto, integrati con l'impianto di riscaldamento convenzionale costituiscono un apporto di calore significativo, che consente di ridurre i consumi di combustibile per riscaldamento. Data la vastità delle tipologie e delle situazioni possibili, non esistono in Letteratura dati in grado di quantificare l'entità del risparmio, fortemente legato non solo alla geometria del sistema ed alle caratteristiche dei materiali, ma anche alle condizioni astronomiche e meteorologiche del sito.

Risvolti ambientali

I risvolti ambientali dell'impiego dei sistemi passivi consistono nella riduzione delle emissioni in atmosfera connesse con la diminuzione dei consumi di combustibile per riscaldamento.

Risvolti socio-economici

La diffusione della cultura dell'edilizia passiva è avvenuta in maniera consistente con la crisi energetica degli anni '70; tale diffusione ha avuto senz'altro risvolti positivi in termini di sensibilizzazione dell'opinione pubblica sul problema del risparmio energetico e dell'impatto ambientale. In termini economici soltanto alcuni sistemi passivi presentano un extracosto rispetto alle normali costruzioni; infatti tutti quegli accorgimenti quali l'impiego di vetrate esposte a sud, l'orientamento degli edifici e la disposizione delle aperture sulle facciate non presentano extracosti, mentre per muri di Trombe, sistemi Barra – Costantini, serre solari, ecc. si hanno degli extracosti la cui entità deve essere valutata di volta in volta e rapportata al risparmio energetico che consegue dal loro impiego.

PROSPETTIVE DI SVILUPPO

Prevedere lo sviluppo futuro delle tecnologie solari passive è piuttosto complesso, come risulta difficilmente quantificabile il beneficio in termini energetici, ambientali e socio – economici ottenibile dall'adozione di tali sistemi.

ATTUABILITÀ NEL TERRITORIO COMUNALE

Nell'aggiornamento del Regolamento edilizio del Comune di Perugia sono stati introdotti e declinati i più comuni sistemi solari passivi (e attivi) da poter utilizzare nelle nuove costruzioni e per le ristrutturazioni che coinvolgono l'involucro.

NOTE

-