

# **PROGETTARE CON IL SOLE :**

## **I SISTEMI SOLARI PASSIVI**

NELLA NUOVA PROGETTAZIONE BIOCLIMATICA PER LA  
SOSTENIBILITA' DEGLI INTERVENTI SUI SISTEMI EDILIZI-AMBIENTALI

**Arch. Simonetta Boldrini**

Pontedera (Pi) Via Dei Magazzini n.13 tel.0587 52462 fax 0587 57758 e-mail arch.boldrini @tin.it

## **PROGETTARE CON IL SOLE : i sistemi solari passivi**

nella nuova progettazione bioclimatica per la sostenibilità degli interventi sui sistemi edilizi-ambientali

### **Introduzione**

Questa breve relazione sui sistemi di riscaldamento e raffrescamento solari passivi, in particolare sulle serre solari, ha il solo scopo di illustrare un modo diverso di concepire l'architettura; un modo diverso, non nuovo.

Infatti quanto verrà esposto fa parte della tradizione costruttiva della cosiddetta architettura spontanea di tutte le regioni geografiche e climatiche da secoli, ognuna con le proprie caratteristiche specifiche legate ai materiali, alle tecniche costruttive, alle necessità locali.

Nell'ultimo secolo, e soprattutto negli ultimi anni, la sbagliata convinzione di avere a disposizione una quantità infinita di energia a basso costo e, contemporaneamente, il sempre più spinto processo di produzione di materiali edili e di manufatti architettonici su base industriale e sintetica, ha slegato gli edifici dall'intorno e dalla tradizione e storia locale, producendo manufatti sempre più anonimi e standardizzati.

Ogni edificio dei secoli passati, di un piccolo centro dell'Umbria, del Veneto o della Calabria, oppure di Firenze, Roma o Palermo, ha un colore che è legato ai materiali disponibili nelle immediate vicinanze (il travertino romano, il tufo del napoletano) e via e via, presenta una tessitura che deriva dalle tecniche costruttive locali, sperimentate e cresciute in secoli di esperienza da parte delle maestranze, ha una tipologia propria a seconda delle necessità funzionali e climatiche (il patio centrale interno di Capri, il palazzo veneziano o fiorentino o romano, le case a schiera di San Giovanni Valdarno e delle altre Terre Murate fiorentine, la semplice casa colonica e contadina di ogni latitudine del nostro paese). Ogni centro urbano o parti di esso, in altre parole, era immediatamente riconoscibile.

Delle tecniche costruttive a telaio (struttura generalmente in cemento armato e tamponamento realizzato con materiali standardizzati per forma e produzione), la produzione corrente, invece di coglierne le molteplici e validissime possibilità espressive (Le Corbusier, Nervi), ne ha assunto solo i lati negativi, quelli che, ponendo l'accento sulla produzione seriale, hanno portato ad una edilizia assolutamente distaccata dal contesto: case identiche al mare o in montagna, in collina o al lago, distinte solo da assurde tinte gialle, rosa, verdi, di forme disordinatamente diverse, simmetriche e compatte, oppure inutilmente articolate, coperture sgraziate a mansarda per "rubare" qualche metro cubo in più, oppure a terrazza per risparmiare sulla costruzione, sistemazioni esterne senza un minimo di cura e attenzione, colate di asfalto viscido in inverno e bollente in estate, edifici che

improvvisamente emergono dal terreno senza nessun elemento di mediazione che assomigli, pur lontanamente, ad un attacco a terra (e questo con buona pace dei greci dai quali ci vantiamo di discendere e che avevano fatto degli elementi di mediazione tra le parti la vera essenza dell'architettura).

Il risultato triste e sotto gli occhi di tutti è l'anonimato delle parti recenti delle città in cui viviamo, quartieri dormitorio senza identità, nei quali i residenti non riescono a riconoscersi e dei quali non hanno, e non possono avere, orgoglio né cura.

E' contro il crescente decadimento delle nostri centri urbani, che non dobbiamo permettere che vengano alla luce nuove mode architettoniche senza futuro né senso, ma bensì una nuova cultura progettuale. E' in questo senso, che va inteso un diverso modo di progettare e costruire, ossia un modo che consideri un edificio come un organismo le cui parti siano tutte collegate ed i cui meccanismi di funzionamento siano tutti connessi per causa ed effetto. In questo senso credo si possa dare una risposta alla ricerca architettonica di questi anni: edifici che siano legati al contesto ambientale, climatico ed urbanistico, che siano immediatamente riconoscibili per forma, funzione e struttura, che possano ridare dignità alle nostre città ed orgoglio ai suoi abitanti, tutto questo e molto altro rappresenta la nuova frontiera da esplorare per progettisti, costruttori e fruitori dell'architettura.

Da questa sfida nessuno si può chiamare fuori, non i progettisti e gli esecutori che hanno il dovere e l'obbligo morale di pensare e realizzare al meglio manufatti decorosi e rispettabili (oltre che, ovviamente, funzionali e corretti); non gli amministratori pubblici che avrebbero l'obbligo di operare una semplificazione delle norme legislative e procedurali (un testo unico in luogo delle centinaia di norme inutili, incomprensibili e contraddittorie), perché il rispetto della legge si ottiene se la legge stessa è univoca e chiara a tutti e se la pena, piuttosto che inutilmente severa, è semplicemente certa; non gli utenti, che dovrebbero richiedere qualità e non solo quantità, perché il grado di civiltà di una nazione si scopre nel valore e nel pregio delle sue città.

Insomma nessuno può dirsi spettatore, perché *"un brutto libro si può non leggere; una brutta musica si può non ascoltare; ma il brutto condominio che abbiamo di fronte a casa lo vediamo per forza"* (dall'intervento di Renzo Piano al momento del ritiro del Premio Pritzker quale "architetto dell'anno").

### **La progettazione bioclimatica**

Questo nuovo modo di intendere l'architettura, di vedere gli edifici rapportati all'ambiente circostante e alla sua tutela, ponendo particolare attenzione alle caratteristiche climatiche dei luoghi

di intervento, questo tener conto del benessere e della salute dei fruitori, viene definita *progettazione bioclimatica*.

La progettazione bioclimatica si avvale di soluzioni che sono essenzialmente riconducibili a:

- progettazione di edifici adatti ai climi in cui verranno costruiti, utilizzando le risorse ed i materiali locali,
- riduzione delle dispersioni termiche, e massimizzazione degli apporti di calore in regime invernale,
- controllo degli stessi in regime estivo,
- massimizzazione dei processi di trasformazione dell'energia,
- ricerca di applicazioni impiantistiche che prevedono l'uso di fluidi termovettori a bassa temperatura, compatibili con le *energie rinnovabili*: solare ed altre, con terminali utilizzabili sia per il riscaldamento che il raffrescamento .

A livello compositivo-urbanistico deve quindi essere posta particolare attenzione ai fattori ambientali inerenti il sito climatico, l'orientamento degli edifici, la direzione dei venti dominanti, la presenza o meno di possibili ostacoli che possano ridurre l'irraggiamento solare, la presenza di corsi e bacini d'acqua eccetera.

A livello tipologico-tecnologico va posta particolare cura nella disposizione dei locali (ad esempio ponendo servizi e vani scale a nord), alle possibilità di sfruttare la ventilazione naturale sia per il ricambio dell'aria che per il raffrescamento estivo, ma soprattutto si guarda alla possibilità di inserimento di componenti passivi/attivi riguardo all'uso dell'energia solare. Tra questi sono ormai da tempo sperimentate le soluzioni di tipo passivo quali le intercapedini ventilate (muro Trombe) e le *serre solari*, mentre tra quelle di tipo attivo sono da annoverare i pannelli solari e più recentemente le celle fotovoltaiche.

Ognuna delle soluzioni suddette presenta vantaggi e svantaggi, talora in termini prestazionali (serre solari), talora in termini di costo (celle fotovoltaiche), o di condizionamenti alla libertà di progetto (muro Trombe e pannelli solari).

Appare comunque irreversibile la scelta di ricercare soluzioni compositive, progettuali e tecnologiche volte alla salvaguardia dell'ambiente ed al benessere delle persone: l'attenzione posta a tale problematica deve costituire un serio motivo di riflessione per tutti gli operatori del settore edilizio.

### *Alcune considerazioni fondamentali sul sole e sul calore* **Tecnologie tradizionali e architettura solare**

Esiste una semplice alternativa ai sistemi di riscaldamento e di condizionamento tradizionalmente usati negli edifici: *la tecnologia dei sistemi solari passivi*. Essa considera l'edificio come un tutto

unico nel quale i singoli elementi (murature esterne e interne, copertura e solai, finestre) collaborano al raggiungimento del comfort termico e del benessere degli abitanti, sfruttando la fonte di energia gratuita per eccellenza: il sole. E per ottenere questi risultati non sono necessarie impegnative opere di impiantistica o chissà cos'altro, basta semplicemente costruire l'edificio con materiali adatti, ben disporlo rispetto ai punti cardinali e studiare con attenzione la distribuzione degli spazi interni.

Abitualmente per climatizzare gli edifici (riscaldamento invernale e condizionamento estivo) si usano sistemi di tipo meccanico, nei quali un fluido riscaldato o refrigerato viene fatto forzatamente circolare in condotti di distribuzione fino a corpi radianti o emissivi; in questo approccio, che può essere definito di tipo conservativo, l'involucro dell'edificio ha la funzione passiva di isolamento e protezione degli ambienti interni dall'esterno, ed il comfort termico viene raggiunto solo ed esclusivamente grazie al buon funzionamento dell'impianto. Le finestre dovrebbero, in questa logica, essere permanentemente chiuse e sigillate, ostacolando la possibilità di garantire il necessario tasso di ricambio d'aria, e favorendo l'accumulo di sostanze volatili inquinanti provenienti dai materiali da costruzione e degli elementi di arredo e finitura e dai prodotti usati per l'igiene e la manutenzione della casa; da queste emissioni, in assenza di un adeguato grado di ventilazione che garantisca una accettabile qualità dell'aria, dipendono diverse sintomatologie di malessere, dalla irritazione delle mucose, alla secchezza della pelle, al mal di testa, fino a vere e proprie patologie che, in caso di lunga esposizione agli elementi inquinanti, possono degenerare in varie cause di mortalità. Evidentemente, in tali condizioni, un minimo guasto agli impianti o anche solo l'interruzione dell'energia elettrica, può provocare in tempi relativamente brevi l'inabitabilità temporanea degli edifici. Pochissima o nessuna attenzione è prestata al carattere specifico ed alle oscillazioni climatiche locali, né alla conformazione geometrica ed all'orientamento dell'edificio, alla corretta posizione e dimensione delle pareti esterne trasparenti e opache, alla distribuzione degli ambienti interni.

*I sistemi solari passivi*, invece, considerano l'edificio come un tutto organico con il luogo nel quale esso sorge, con le sue condizioni climatiche, le caratteristiche vegetazionali e geologiche, con tutto ciò, in una parola, che ne costituisce il contesto. L'involucro della costruzione, anziché essere considerato solo come un semplice elemento di protezione, ha la funzione di mediare le condizioni climatiche esterne, in riferimento sia alle oscillazioni giornaliere che a quelle stagionali, e di sfruttarle al fine di portare gli ambienti interni al livello di benessere termico: in altre parole, l'edificio nel suo complesso è il sistema passivo. In quest'ottica diventano fondamentali alcune scelte progettuali quali quelle relative al posizionamento ed all'orientamento del fabbricato nel lotto, alla distribuzione degli spazi interni, ai materiali da usare, alla forma e posizione delle

superfici vetrate e delle murature, al tipo di copertura; e, ancora, alla progettazione degli spazi esterni, le pavimentazioni e le zone a verde, le alberature, eventuali specchi d'acqua, eccetera. Tutto questo insieme di strategie e scelte genera costruzioni in grado di sfruttare il *sole* per riscaldarsi nei mesi invernali, e che dal sole riescono a proteggersi durante l'estate, con costi economici ed ambientali assolutamente ridotti e con un sistema che, semplice nella concezione e nell'uso, composto di poche parti mobili, richiede pochissima manutenzione; e, soprattutto, permette di realizzare edifici che hanno una fisionomia ed uno stile, logica e coerenza: in una parola, crea architettura.

E l'impianto di climatizzazione tradizionale? In questa filosofia progettuale esso non viene rifiutato, a diventa uno strumento ausiliario da far entrare in funzione solo ed esclusivamente nei casi saltuari in cui le condizioni climatiche si allontanano dallo standard per intervalli di tempo sufficientemente lunghi, tanto da non permettere più al sistema edificio di adempiere in modo soddisfacente alla propria funzione.

### **La radiazione solare e la terra**

Il sole è la fonte di energia primaria che permette la vita sul nostro pianeta (non a caso gli antichi lo adoravano come un dio).

La radiazione solare, attraversando l'atmosfera, in parte si disperde in essa, in parte raggiunge la superficie della terra, comunicando calore agli oggetti investiti. Più i raggi sono perpendicolari alle superfici colpite, maggiore è il calore che essi trasmettono ai corpi. Il succedersi delle stagioni e l'alternarsi di periodi più caldi a periodi più freddi, dipendono dal fatto che la terra ruota intorno il sole rimanendo sempre un po' inclinata su un lato, così che in estate i raggi solari sono più vicini alla verticale (riscaldando di più), in inverno sono più bassi (riscaldando meno).

Infatti la terra si muove annualmente attorno al sole con un'orbita (eclittica) leggermente ellittica, ruotando contemporaneamente attorno al proprio asse in 24 ore. Questo asse è inclinato di  $23.47^\circ$  rispetto alla perpendicolare al piano dell'orbita, e la sua inclinazione è causa delle variazioni stagionali: nei mesi estivi il nostro emisfero (emisfero boreale) ha un numero maggiore di ore di soleggiamento e l'inclinazione dei raggi solari è più vicina alla perpendicolare, nei mesi invernali la situazione si inverte. L'angolo che i raggi solari formano con una retta perpendicolare ad una certa superficie viene definito *angolo di incidenza* (Foto 1). La quantità di energia che una superficie assorbe dipende da tale angolo (quindi nei mesi estivi l'energia intercettata è maggiore perché l'inclinazione dei raggi è più vicina alla perpendicolare).

A titolo di esempio, per un angolo d'incidenza di  $0^\circ$  la radiazione intercettata è pari al 100%, a  $50^\circ$  scende al 64%, a  $75^\circ$  si porta al 25%



Foto 1

## La geometria solare

Il sole percorre il suo arco giornaliero da est verso ovest lungo un arco; questo arco è più basso in inverno (raggiungendo la minima altezza sull'orizzonte a mezzogiorno del 21 dicembre) e più alto in estate (raggiungendo la massima altezza a mezzogiorno del 21 giugno, momento dell'anno nel quale le ombre sono le più corte in assoluto). I valori di tali altezze estreme variano al variare della latitudine geografica del luogo e possono essere calcolate con la seguente relazione:

$$\text{solstizio invernale (21 dicembre): } A = 90^\circ - L - 23^\circ 47'$$

$$\text{solstizio estivo (21 giugno): } A = 90^\circ - L + 23^\circ 47'$$

con

A: altezza del sole sull'orizzonte in gradi sessagesimali

L: latitudine geografica (la norma UNI 10349 "Dati climatici" riporta la latitudine di tutte le città capoluogo di provincia)

Il modo in cui l'energia solare incide sulle superfici esterne orizzontali e verticali di un edificio dipende dalle variazioni stagionali di altezza del sole sull'orizzonte. Così si può affermare che mentre le facciate verticali a nord non sono mai investite dalla radiazione diretta, la facciata verticale meridionale è sempre soleggiata, ma l'inclinazione dei raggi rispetto ad una retta normale ad essa è inferiore in inverno (il sole è più basso sull'orizzonte) e maggiore in estate; le due facciate verticali ad est ed ovest ricevono una quantità superiore di energia in estate, così come la copertura, ma in valore assoluto quelle meno di quest'ultima.

Queste considerazioni si riflettono immediatamente sulla necessità di una attenta distribuzione degli ambienti interni. In linea di massima si può dire che è opportuno fare affacciare gli ambienti con maggiori esigenze di comfort e più lunghi tempi di permanenza a sud, privilegiando il sud-est per le camere da letto (che vengono rassettate in mattinata e quindi hanno bisogno di sole in questo periodo del giorno) ed il sud-ovest per gli spazi di studio (che vengono utilizzate maggiormente nel pomeriggio). Tutti quegli ambienti di servizio (garage, depositi, ripostigli) la cui fruizione non è

continua e che, pertanto, non necessitano di riscaldamento, possono essere esposti a nord, funzionando così da spazi cuscinetto, ovvero spazi filtro, camere d'aria e ambienti per isolare l'interno dall'esterno sul lato climaticamente più svantaggiato.

*Le serre solari* sono, invece, spazi cuscinetto particolari in quanto, se opportunamente posizionate e dimensionate, assumono la veste di collettore di calore principale ai fini del riscaldamento passivo dell'edificio (Foto 2)



Foto 2 Serra solare

### **Riflessione, trasmissione ed assorbimento della radiazione solare**

Quando la radiazione solare colpisce la superficie di un corpo, essa viene in parte riflessa (più precisamente i materiali levigati riflettono e lo fanno secondo traiettorie prevedibili e calcolabili e con un angolo di riflessione rispetto alla normale alla superficie stessa uguale all'angolo di incidenza), mentre quelli ruvidi diffondono in modo irregolare e in parte, penetrando la sostanza, viene trasmessa e assorbita. I materiali trasparenti trasmettono la maggior parte di radiazione incidente con bassi valori di distorsione (*vetro*); quelli semitrasparenti trasmettono una pari quantità di luce, ma con fenomeni di deviazione e diffusione (*policarbonato, lexan*). La quantità di radiazione che viene assorbita è trasformata in energia termica o calore a causa dell'accelerazione del moto delle particelle che compongono la sostanza; la temperatura misura la variazione della quantità di calore contenuta da un corpo.

Una scelta adeguata dei materiali da costruzione, quindi, in relazione alle relative proprietà di riflessione o diffusione, di trasmissione o di assorbimento di radiazione solare (e quindi di calore), e una opportuna conformazione geometrica delle strutture da essi composte fa sì che queste ultime possano funzionare come elementi passivi di climatizzazione solare.



## Caratteristiche del calore

Ogni corpo più caldo, posto vicino ad uno più freddo, cede a quest'ultimo calore, fino a che le due temperature non diventano uguali. I tre processi per cui il calore si trasmette sono:

*la conduzione* – l'energia termica passa tra porzioni di uno stesso materiale o tra due corpi aventi differenti temperature; è quello che avviene attraverso un muro quando il sole ne riscalda la superficie esterna: il calore tende ad attraversare la muratura per portare equilibrio tra la temperatura della faccia esterna e dell'interna.

*la convezione* – una pentola di acqua posta sul fuoco ha la piastra di fondo che trasmette calore al liquido posto in basso; questo, scaldandosi, si dilata e tende a salire, lasciando il proprio posto ad acqua più fredda. Si innesca così un movimento ad anello fatto di correnti di acqua calda che sale e di acqua fredda che scende. Lo stesso fenomeno si ha con l'aria: l'aria calda, più leggera, tende a salire attirando verso il basso aria fredda più pesante.

*l'irraggiamento* – attraverso le proprie superfici tutti i corpi irradiano calore verso l'esterno: le molecole superficiali in continuo moto vibratorio trasmettono energia cinetica nell'intorno, così come avviene, ad esempio, nel caso dei cosiddetti carboni ardenti: non ardono più, non emettono luce, ma continuano ad emanare calore. L'emissione di radiazione termica dalla superficie di un materiale dipende dalla temperatura della superficie stessa (temperatura radiante), dalla sua qualità e dalla sua emissività.

## L'accumulo del calore

Un corpo che si trovi in un ambiente a temperatura più alta, riceve da questo calore e lo accumula al suo interno. Al momento dell'inversione termica, cioè quando la temperatura ambiente si abbassa al di sotto di quella della sostanza che stiamo considerando, il processo si capovolge, ed il calore immagazzinato viene ceduto all'esterno. Su questo fenomeno fisico si basano i sistemi solari passivi: opportune strutture, composte da materiali appropriati e convenientemente posizionate all'interno degli edifici, svolgono la funzione diurno di accumulatori termici, immagazzinando il calore trasmesso dal sole al proprio interno per poi cederlo, nelle ore serali e notturne, quando la temperatura ambiente si abbassa.

Ma per funzionare in modo adeguato come accumulatore di calore un materiale, oltre a possedere un'alta capacità termica, deve anche presentare una termoconduttività relativamente elevata, e ciò al fine di trasmettere rapidamente energia dalla superficie al proprio interno sfruttando così la quantità maggiore di massa del corpo come magazzino di calore.

L'edificio è un enorme unità di accumulo di calore "abitato", ossia è un insieme di strutture formate da quantità di materiale ad alta capacità termica per l'accumulo di energia solare. Questi materiali sono il cemento, i mattoni, le pietre e l'acqua e dovrebbero essere situati nel pavimento, nelle pareti e nel soffitto.

In una giornata serena, l'energia solare assorbita da un sistema passivo può superare largamente la domanda di calore, ma questo esubero di energia può essere accumulato per essere utilizzato più tardi, quando necessita. Se troppo calore è rilasciato nell'ambiente si può produrre un surriscaldamento, forzando così gli occupanti ad abbassare schermi o a ricorrere ad una ventilazione forzata. E in questo modo una parte potenziale di energia utile verrà perduta. L'accumulo ha quindi due scopi: quello di recuperare l'energia in esubero e di evitare il surriscaldamento. Inoltre, in certe circostanze, l'accumulo può assorbire il calore rilasciato dal sistema di illuminazione elettrica, dagli elettrodomestici e dagli occupanti.

L'efficienza di un accumulo dipende da un certo numero di fattori che possono essere suddivisi in due categorie:

- le dimensioni e i materiali costituenti l'accumulo;
- i modi in cui il calore viene immagazzinato e rilasciato.

#### *a) Materiali e spessori*

La capacità termica di una certa quantità di materiale è la quantità di calore che deve essere fornita al materiale per innalzare la sua temperatura di  $1^{\circ}\text{K}$ . La capacità termica dei più comuni materiali da costruzione e dell'acqua (per quest'ultima tra il punto di congelamento e quello di ebollizione) è praticamente indipendente dalla temperatura. I materiali che subiscono un cambiamento di fase assorbono calore quando fondono e lo rilasciano quando risolidificano e questo avviene in un ristretto intervallo di temperatura detto "intervallo di fusione". In questo intervallo i materiali presentano il più alto valore della capacità termica.

La capacità termica dei più comuni materiali da costruzione dipende principalmente dalla densità (tab. 3).

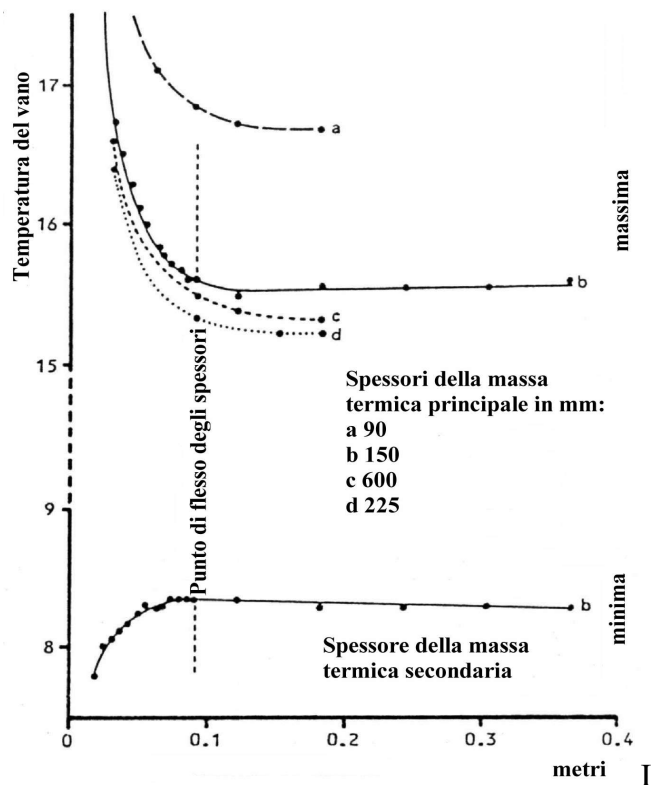
<b>Materiale</b>	<b>Calore specifico</b>	<b>Densità</b>	<b>Capacità termica</b>
	KJ/Kg °K	Kg/mc	KJ/mc °k
Fibreboard	1	300	300
Cemento leggero	1	600	600
Legname	1.21	600	726
Intonaco	1	1300	1300
Mattoni	0.8	1700	1360
Cemento	0.84	2100	1760
Acqua	4.2	1000	4200

**Tab. 3. Calore specifico, densità e capacità termica di diversi materiali (9).**

La massa (in questo caso la massa termica) è quindi una buona misura della capacità termica. Comunque la massa efficace per l'accumulo è generalmente minore della massa totale. Questa massa dipende fortemente dalla frequenza con la quale l'accumulo è caricato e poi scaricato. Il gradiente di temperatura attraverso il materiale dell'accumulo si riduce con la distanza dalla superficie riscaldata, ossia il materiale partecipa sempre meno all'accumulo. Lo spessore che gioca un ruolo è quello "effettivo": per l'usuale ritmo di carica e scarica, 24 ore, questo spessore per i più comuni materiali da costruzione varia tra 6 e 12 cm. Non serve quindi costruire pareti e solai con spessori pieni superiori a 8-16 cm, quando il calore viene fornito su un solo lato.

L'acqua presenta generalmente le migliori caratteristiche ed inoltre, per effetto della circolazione naturale, è possibile ottenere un accumulo praticamente isoterma, se il progetto riesce a limitare il fenomeno della stratificazione. Le caratteristiche dell'acqua sono superate solo dai materiali a cambiamento di fase, anche se il calore viene generalmente accumulato a temperatura inferiore. Questa proprietà può essere molto vantaggiosa se il PCM è impiegato all'interno di un locale, in quanto, se la sua temperatura di fusione è leggermente superiore a quella richiesta per l'ambiente, il materiale può funzionare come un termostato: il calore in esubero può essere accumulato senza un sensibile aumento della temperatura e può essere rilasciato dall'accumulo a temperatura praticamente costante. I problemi maggiori nell'utilizzo di questi materiali sono dati dal loro contenimento.

*b) Carico e scarico dell'accumulo*



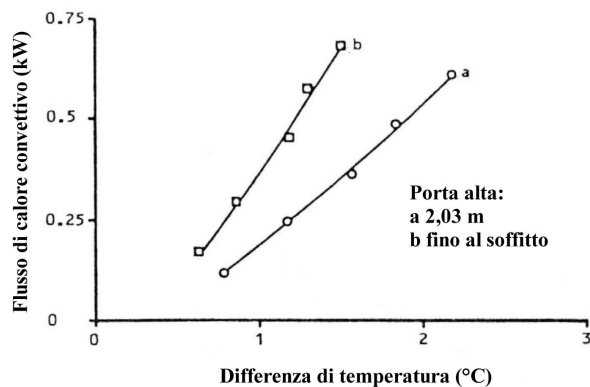
Il mezzo più efficace per trasferire calore ad un accumulo è quello di metterlo a contatto diretto con la radiazione solare (accumulo primario). Un'altra possibilità è il contatto termico radiativo con un'area illuminata dal sole (accumulo secondario). In questo caso la temperatura media radiante "vista" dall'accumulo deve essere maggiore della temperatura superficiale dell'accumulo stesso.

Un terzo sistema, ma meno efficace, usa la convezione naturale: l'aria viene prima riscaldata in uno spazio solare o un collettore e poi trasferita all'accumulo (in questo caso si parla di accumulo isolato).

Naturalmente la temperatura dell'aria deve essere più alta di quella dell'accumulo. Lo scarico dell'accumulo può avvenire per irraggiamento termico e/o per convezione, la conduzione gioca sempre un ruolo minore in questa fase. Un colore scuro è il più efficace per l'assorbimento di una maggiore quantità di radiazione solare da parte di un accumulo primario. In un sistema diretto l'accumulo avviene all'interno degli elementi costruttivi come le pareti ed i solai, per cui questa soluzione può essere più problematica (a parte un pavimento scuro). Ciò può non avere eccessiva importanza se il calore non assorbito dall'accumulo primario può essere trasferito in parte ad un accumulo secondario e in parte all'ambiente per convezione. Un sistema poi a diffusione può trasferire la radiazione solare su una più ampia superficie, massimizzando così le dimensioni di un accumulo primario.

Nel caso di un accumulo secondario è importante che sia "visto" da quello primario e che inoltre la sua emissività sia alta, come è sempre il caso con le comuni superfici, indipendentemente dal loro colore. Il trasferimento di calore ad un accumulo isolato avviene solo per convezione, naturale o forzata. L'accumulo isolato può essere costituito da un letto di pietre, da un doppio solaio, da un volume di stoccaggio termico situato lontano dall'edificio oppure dalla rimanente parte delle strutture dell'edificio. Il rilascio del calore può essere controllato da serrande o ventilatori, oppure può essere trasmesso per conduzione a pareti e solai.

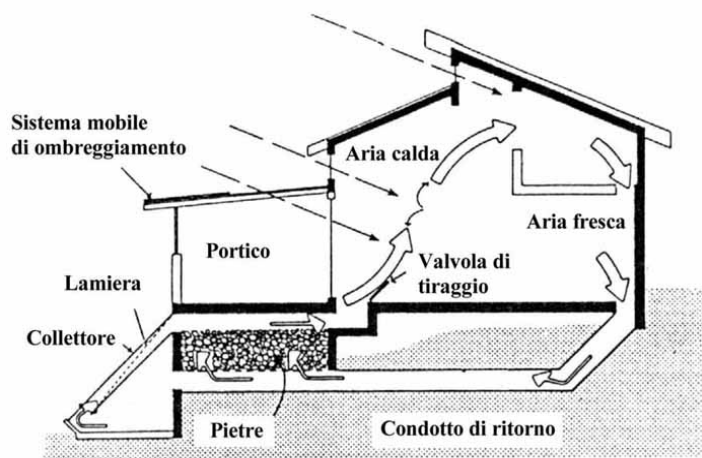
*c) Distribuzione del calore solare*



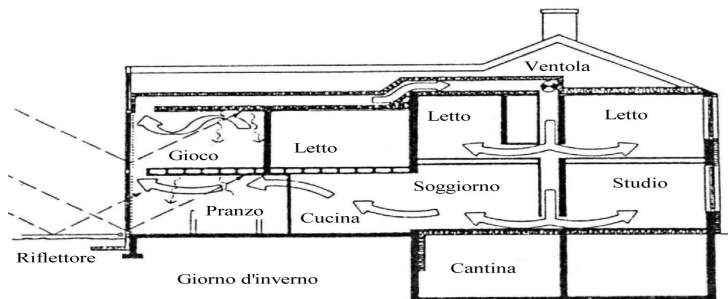
La distribuzione ha lo scopo di far giungere il calore solare a tutti i locali in cui necessita e dipende direttamente dal progetto dell'edificio e del sistema di riscaldamento.

Obiettivo del progettista è come abbiamo già detto, quello di minimizzare la rete di distribuzione. Il sistema più efficace per distribuire l'energia solare è quello di disporre i locali in modo che l'energia sia raccolta ed accumulata direttamente al loro interno o nelle immediate vicinanze.

La distribuzione dell'energia solare nell'ambiente deve poi prevenire la formazione di forti gradienti tra le temperature superficiali e quella dell'aria. Se, ad esempio, in un sistema diretto sono disponibili quantità sufficienti di massa termica primaria e secondaria, la distribuzione per scambio di calore tra le pareti (scambio radiativo) e tra le pareti e l'aria (scambio convettivo) sarà adeguata. La distribuzione in un sistema diretto può essere migliorata anche utilizzando vetri diffusori.



Se troppo calore solare è rilasciato nell'ambiente, questo può essere parzialmente trasferito ad un locale adiacente semplicemente aprendo una porta. La circolazione dell'aria da una stanza all'altra può essere meglio attivata se l'altezza della porta si estende sino al soffitto, evitando così la formazione di aria calda stagnante in prossimità del soffitto. La quantità di radiazione termica trasmessa al locale adiacente sarà invece molto piccola.



Con un sistema di accumulo isolato o per il recupero di un forte esubero di energia solare sul lato sud dell'edificio, si richiede un sistema di distribuzione più complesso. Un sistema di riscaldamento ad aria centralizzato può regolare la distribuzione mediante il ricircolo dell'aria interna. Può essere però rischioso progettare un edificio dove la distribuzione ha luogo esclusivamente per mezzo della circolazione naturale (convezione pura e moto dell'aria prodotto dalla pressione del vento). La fig. in alto fornisce un esempio di questo tentativo per un edificio solare a più zone. La resistenza al flusso dell'aria (ad esempio in un letto di pietre) può comportare una velocità inferiore a quella risultante dalle infiltrazioni e dalla ventilazione meccanica: in questo caso il sistema non funzionerà. E' più sicuro affidarsi a canali dell'aria e ventilatori per il trasferimento del calore: la fig. sopra illustra un tipico esempio.

## I sistemi di riscaldamento solare passivi

SISTEMI ATTIVI	SISTEMI PASSIVI
Captazione, accumulo e trasporto dell'energia solare, tramite: * <b>collettori</b> * <b>accumulatori</b> * <b>sistemi di distribuzione e/o utilizzatori</b> separati	captazione, accumulo e trasporto dell'energia solare, tramite: * <b>conduzione</b> * <b>convezione</b> * <b>irraggiamento</b> dell'edificio stesso

Il riscaldamento solare si ottiene con due sistemi diversi: i *sistemi attivi* (a collettori solari), che necessitano per il funzionamento di elementi meccanici ed energia esterna, e i *sistemi passivi*, in cui l'edificio stesso è l'impianto e funziona sfruttando le proprietà fisiche naturali dei flussi di calore.

I sistemi di riscaldamento solare attivi sono impianti che, pur basandosi come fonte di energia sulla radiazione solare, hanno bisogno di dispositivi di tipo meccanico per la distribuzione del calore. Un esempio di questi sistemi di riscaldamento attivo è rappresentato dagli impianti a collettori solari ad aria (o ad acqua): una o più batterie di elementi di captazione, i veri e propri collettori, posti generalmente sul tetto dell'edificio, acquisiscono l'energia termica della radiazione del sole e la trasferiscono ad un fluido (acqua o, meglio, aria) che viene indirizzato verso un accumulatore termico (letto di ghiaia, serbatoio di acqua); il calore immagazzinato viene poi, al momento del bisogno, prelevato dal termoaccumulatore e distribuito meccanicamente grazie ad una pompa ai diversi ambienti dell'edificio. I sistemi attivi hanno quindi bisogno di energia esterna (elettrica) per azionare le pompe e le ventole necessarie alla diffusione del calore.

*I sistemi di riscaldamento solare passivi*, invece, non hanno elementi meccanici per la raccolta e la distribuzione del calore: i flussi termici avvengono naturalmente grazie ai fenomeni di irraggiamento, conduzione e convezione naturale. Inoltre, mentre nel caso dei sistemi attivi l'impianto è "aggiunto" all'edificio, nel caso del riscaldamento passivo la struttura intera della costruzione è il sistema. Non esistono, cioè, accumulatori termici o collettori separati o elementi meccanici, né vi è necessità di energia diversa da quella solare per far funzionare il sistema.

Le due componenti fondamentali di un sistema di riscaldamento solare passivo sono: l'elemento di captazione, generalmente una vetrata rivolta a sud, e la massa termica, quale elemento di accumulo e redistribuzione del calore.

Volendo sintetizzare, i sistemi di captazione solare si suddividono secondo quanto espresso in tabella seguente:

SISTEMI	UTILIZZAZIONE	FINALITÀ
<b>1. Pannelli solari</b>	* singoli edifici o alloggi * complessi edilizi	Produzione di acqua calda per uso sanitario o riscaldamento
<b>2. Cellule fotovoltaiche</b>	* singoli edifici o alloggi	Produzione di Corrente elettrica
<b>3. Centrali solari</b>	* per numerosi utenti	Produzione di Corrente elettrica

<b>SISTEMI PASSIVI</b>
------------------------

A GUADAGNO DIRETTO	A GUADAGNO INDIRETTO	MISTO
Sfruttamento del calore solare accumulato grazie all'inerzia termica naturale delle pareti e del soffitto e del pavimento dell'ambiente.	Sfruttamento del calore solare accumulato da una massa ad alta inerzia termica posta tra il sole e l'ambiente da riscaldare.	Sfruttamento del calore solare accumulato da pareti, pavimento e soffitto dell'ambiente e di una massa ad alta inerzia termica.
<b>SISTEMI:</b>	<b>SISTEMI:</b>	<b>SISTEMI:</b>
<b>4. Muri radianti</b> <b>5. Muri solari ad acqua</b>	<b>6. Parete di Trombe</b> <b>7. Roof pond</b>	<b>8. Serre</b>

### Sistemi di sfruttamento passivo

#### a guadagno DIRETTO

È il sistema più semplice di guadagno solare, l'assorbimento dell'energia solare avviene per irraggiamento e per convezione. La radiazione solare passa attraverso le superfici vetrate opportunamente orientate e sotto forma di calore si trasferisce direttamente all'ambiente interno, e si accumula nella massa termica di pavimenti, pareti, soffitti che a loro volta per irraggiamento e convezione trasferiranno il calore all'ambiente interno comportandosi da volano termico.

Il guadagno diretto può avvenire attraverso superfici vetrate

1. verticali : finestre, vetrate,...
2. orizzontali: lucernai, shed solari,...

In entrambi i casi va privilegiata l'esposizione a sud.

L'esposizione a sud è quella che privilegia la massima irradiazione in inverno e la minima in estate.

Occorrono ampie superfici vetrate verticali per permettere un buon guadagno, e l'utilizzo di vetri camera o vetri basso emissivi.

Lucernai a shed se opportunamente dimensionati consentono l'ingresso della radiazione solare in modo da ottenere una luce diffusa e un buon controllo del fenomeno di abbagliamento.



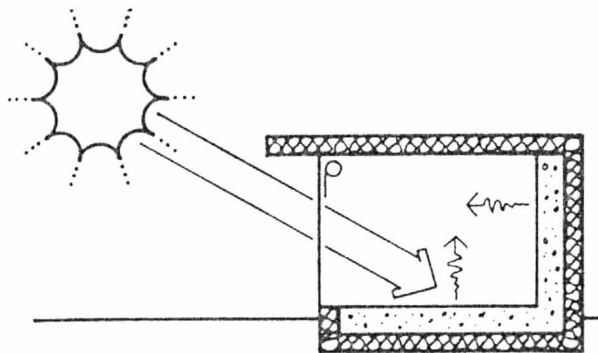
Determinante per *l'assorbimento termico* è la scelta del colore della superficie esposta alla radiazione solare, il nero (0,9) ad esempio ha un coefficiente di assorbimento maggiore del bianco (0,2), mentre per l'accumulo è determinante *la capacità termica*.

L'isolamento termico dell'involucro è determinante per il rendimento dell'intero sistema, e varia a seconda della

**Posizione dell'isolamento all'interno:** il calore in entrata riscalda l'ambiente interno nelle ore di sole, ma non si accumula efficacemente sulle pareti essendo queste isolate, quindi non accumulando calore, al venir meno del sole si raffredderanno velocemente.

**Posizione dell'isolamento all'esterno:** il calore in entrata nelle ore di sole riscalda l'aria e le masse termiche presenti nell'ambiente, al calar del sole il calore accumulato viene lentamente restituito all'ambiente interno e difficilmente disperso all'esterno per la presenza dell'isolamento.

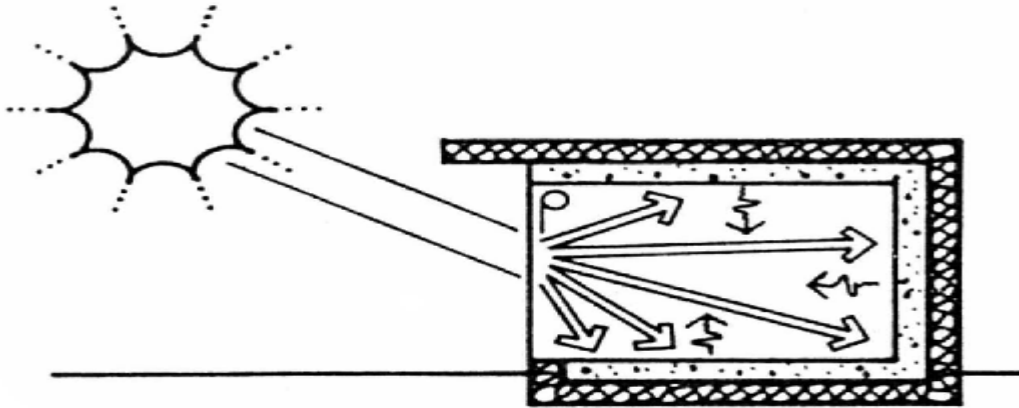
Molti edifici moderni hanno grandi vetrate rivolte a sud, ma la mancanza di un accumulo termico impedisce di sfruttare completamente il loro guadagno solare, causa il fenomeno del surriscaldamento.



Oltre questi requisiti base, esiste una serie di varianti che consente varie alternative all'interno dei sistemi a guadagno diretto. Le varianti più comuni riguardano la scelta e il posizionamento dei materiali della massa termica. L'accumulo primario può avere varie configurazioni: a pavimento o come massa libera all'interno del locale, a soffitto o come parete interna o esterna. La distribuzione o la concentrazione della massa termica consente una prima suddivisione dei sistemi passivi a

guadagno

diretto.



Entrambi hanno una vetrata rivolta a sud, ma differiscono per il modo con cui la luce solare viene distribuita quando penetra nell'edificio. Uno consente alla radiazione solare di colpire un'area concentrata di massa termica e l'altro diffonde o riflette la luce solare in modo da distribuirla su una più ampia area di massa termica.

L'uso di vetri diffusori, tendine o della riflessione tramite superfici di colore chiaro, ha l'effetto di diffondere la radiazione solare ovunque attraverso il locale.

I materiali utilizzati per la massa termica possono variare dal cemento ai mattoni all'acqua e/o altri liquidi, scelti singolarmente o in varie combinazioni.

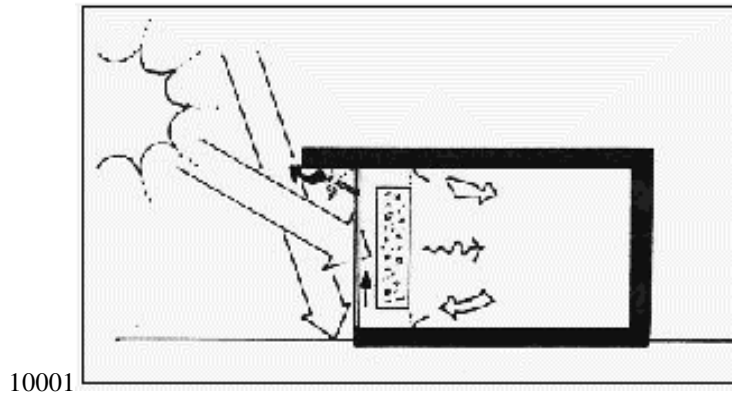
### **A guadagno INDIRETTO**

Questo sistema è costituito come quello a guadagno diretto dell'elemento trasparente e dell'elemento captante di accumulo. Quest'ultimo è qui parte integrante dell'involucro dell'edificio, pertanto non permette alla radiazione solare di raggiungere direttamente lo spazio interno; l'elemento captante intercetta la radiazione solare prima che questa raggiunga l'ambiente interno per accumulare il calore e restituirlo lentamente.

I principali sistemi a guadagno indiretto sono:

1. muro trombe
2. il muro di accumulo isolato
3. il muro d'acqua
4. tetto solare o roof pond.

Il **muro trombe** (foto 3) è costituito da una parete vetrata (vetro singolo o doppio) e da una parete captante in cls o mattoni o altro materiale che può avere anche funzione strutturale, posti a distanza di cm.10-15 tra di loro. Anche qui il principio è quello di accumulare il calore sulla parete e distribuirlo all'ambiente interno per irraggiamento. Una variante di questo sistema è l'inserimento sulla parte inferiore e superiore della parete captante delle griglie di aerazione che nei momenti di maggiore calore (giornate molto assolate e non molto fredde) per convezione trasferiscano l'aria presente nell'intercapedine direttamente nell'ambiente interno.

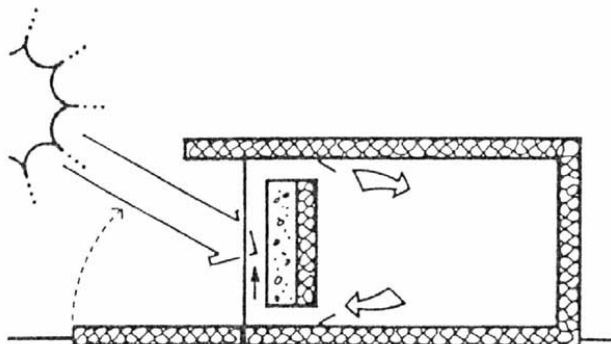


10001

foto 3 - Muro Trombe: schema di funzionamento estate-inverno.

Durante la notte le griglie devono invece restare chiuse per evitare la dispersione del calore accumulato dalle pareti.

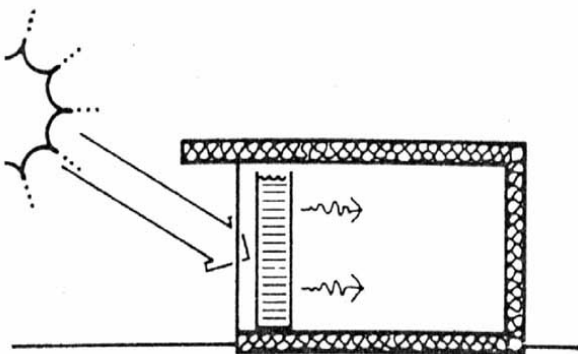
Per aumentare l'efficienza del sistema è opportuno scegliere per la parete captante un materiale di elevate capacità termiche, che possano funzionare da buon volano termico nell'arco delle ventiquattrore e usare un colore molto scuro sulla stessa in modo da migliorarne la capacità di assorbimento. Questo sistema può funzionare anche nel periodo estivo, praticando delle aperture nella parte inferiore e superiore anche della parete vetrata, si creano dei moti convettivi tali che l'aria calda dell'ambiente interno viene attirata all'interno dell'intercapedine per effetto camino, viene espulsa attraverso le griglie presenti sulla superficie trasparente.



Il **muro di accumulo isolato** è simile nella forma al muro Trombe, ma è coibentato sulla parete rivolta verso l'ambiente interno, per impedire la trasmissione del calore per conduzione e irraggiamento: tutto il calore è trasmesso per convezione, sia naturale che forzata.

Il comportamento di questo sistema in un clima freddo è alquanto discutibile e comunque funziona solo in presenza di un isolamento notturno.

Una variante di questo sistema ha aperture di aerazione in comunicazione con l'esterno nella parte bassa del collettore e rivolte verso lo spazio riscaldato nella parte alta: si crea così un circuito aperto a termosifone che fornisce all'ambiente aria di rinnovo preriscaldata.



Il **muro d'acqua** è lo stesso sistema del muro massivo e Trombe con la sola differenza che l'acqua sostituisce la parete solida. Poiché l'acqua ha una capacità termica superiore a quella dei mattoni e del cemento e inoltre le correnti convettive al suo interno la rendono un accumulo termico quasi isoterma, il sistema può lavorare con un'efficienza maggiore rispetto al muro massivo o Trombe.

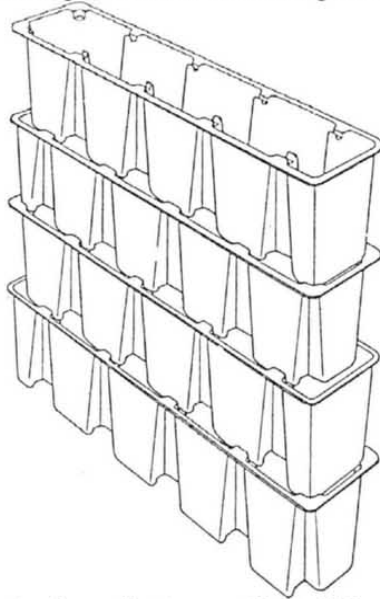
Il sistema a muro d'acqua deve avere un'ampia superficie vetrata rivolta a sud e adiacente alla parete esterna dell'accumulo.

L'acqua può essere contenuta in vari modi e il tipo di contenitore influenza la capacità dell'accumulo termico e la velocità di distribuzione del calore stoccato. Sono stati usati come contenitori bidoni stagni, bottiglie, tubi, botti, fusti, sacchetti e pareti di cemento riempite d'acqua. La scelta del materiale e della forma del contenitore è un fattore importante per l'efficienza del muro d'acqua.

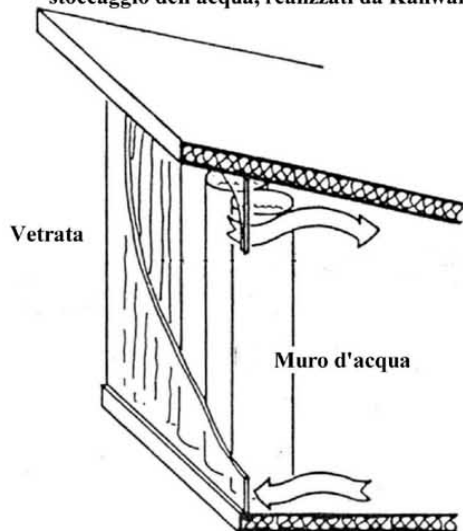
A causa della natura isoterma dell'acqua, la distribuzione dell'energia solare raccolta all'interno dell'accumulo è quasi immediata e ciò in netta contrapposizione con i più lunghi tempi richiesti per un muro massivo e Trombe.

Questo sistema quindi, quando progettato per un clima in cui il riscaldamento ambiente è richiesto solo nelle ore serali più fredde, può richiedere un controllo della distribuzione: in alcuni casi è necessario ricorrere ad isolamento termico tra accumulo e spazio abitato.

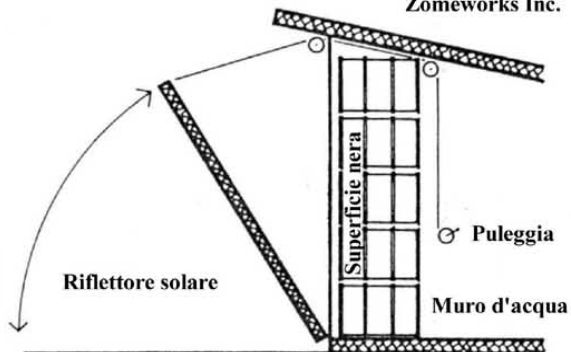
Moduli per muri d'acqua, realizzati da One Design Inc.



Cortina termica realizzata con tubi metallici per lo stoccaggio dell'acqua, realizzati da Kallwall Inc.



Riflettore solare e muro d'acqua realizzati da Zomeworks Inc.



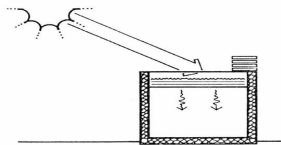
•:

- dato il carattere isoterma dell'accumulo, la temperatura della sua superficie esterna è ridotta e quindi minori sono le perdite di calore verso il cielo notturno e l'aria esterna;

- abbagliamento, privacy e degradazione ultravioletta dei tessuti non sono un problema;
- le fluttuazioni di temperatura nell'ambiente sono più basse rispetto agli altri sistemi a guadagno diretto o a circuito convettivo;
- l'accumulo può rimanere caldo e continuare a fornire calore all'ambiente ben oltre le ore serali;
- il comportamento di questo muro d'accumulo termico è ben conosciuto.

di contro

- l'acqua è difficile da contenere e il controllo dell'umidità può essere un problema se il contenitore non è sigillato;
- sono richieste due pareti rivolte a sud, una vetrata e l'altra massiva, con le ovvie penalizzazioni in termini di costo e spazio impegnato;
- dalla parete calda viene perduta energia verso l'esterno (l'isolamento può essere costoso e difficoltoso);
- nei climi freddi, a metà inverno, quando la radiazione solare non è sufficiente per riscaldare il muro, la presenza di questo sistema può trasformarsi in un carico termico.



Il **roof pond** o **tetto d'acqua** è un sistema valido sia per il trattamento estivo che invernale. È costituito da una massa termica d'acqua (spessore cm. 10-40) racchiusa in contenitori di polietilene scuro e sottile, appoggiati sul solaio di copertura dell'edificio. La capacità di accumulo termico dell'acqua è superiore a parità di volume a qualsiasi materiale usato per le murature (ad es. è pari al doppio di quella del laterizio). L'acqua deve essere in contatto diretto con le strutture del soffitto che la sostengono, così l'energia termica viene trasmessa per conduzione attraverso il soffitto per poi riscaldare l'ambiente per irraggiamento.

Durante la notte o nei periodi di cielo coperto, un isolamento copre l'acqua calda e ne riduce le perdite di calore. L'accumulo d'acqua sul tetto può essere usato anche per il raffrescamento estivo. Il primo sistema a "roof pond" e il più largamente conosciuto è stato sviluppato da Harold Hay e con la denominazione di "skytherm" è stato installato ad Atascadero in California.

Il volume d'acqua sul tetto è esposto alla radiazione solare diretta, che viene così assorbita ed accumulata. Essendo posizionato sul soffitto, l'accumulo termico irraggia calore uniforme a bassa temperatura all'interno dell'edificio. La distribuzione del calore dal tetto d'acqua avviene principalmente per irraggiamento e per fornire un riscaldamento uniforme il sistema deve coprire l'intero spazio abitato.

E' necessario inoltre un isolamento mobile per ridurre le perdite di calore : il meccanismo per spostare l'isolamento ha un ruolo fondamentale per cui deve essere robusto e semplice.

Il tetto d'acqua può essere usato anche per raffrescare durante l'estate. L'isolamento copre l'accumulo d'acqua durante il giorno e l'acqua assorbe l'eccesso di calore proveniente dall'edificio poi, di notte, quando l'isolamento viene tolto, questo calore viene irraggiato verso il cielo notturno più freddo.

La combinazione ottimale di queste condizioni climatiche capita nelle regioni caldo-aride dove le temperature in inverno sono sempre sopra il punto di congelamento dell'acqua e d'estate il tetto d'acqua può fornire un valido aiuto al raffrescamento naturale, in quanto l'irraggiamento notturno è favorito da un'atmosfera secca e trasparente.

Una copertura trasparente sull'acqua non è stata prevista nei requisiti, comunque potrebbe essere necessaria per evitare eccessive perdite d'acqua per evaporazione.

L'uso di una superficie vetrata o di contenitori traslucidi posizionati sopra lo specchio d'acqua sono soluzioni già utilizzate per ridurre sia l'evaporazione che le perdite di calore.

- il tetto d'acqua è la soluzione opportuna nel giusto clima, particolarmente alle basse latitudini con climi secchi, dove è richiesto sia riscaldamento che raffrescamento;
- il sistema permette di realizzare un microclima interno stabile ed uniformemente distribuito;
- le fluttuazioni di temperatura nell'edificio possono essere effettivamente basse;
- il trasferimento di calore sotto forma radiativa vuole che con questo sistema si possano riscaldare edifici ad un solo piano o l'ultimo piano di un edificio multipiano. Lo specchio d'acqua deve coprire almeno la metà del soffitto, se si vuole raggiungere un risparmio energetico significativo;
- la pesante massa d'acqua sopra il soffitto impone maggiori requisiti e costi strutturali e può essere psicologicamente inaccettabile, soprattutto nelle zone sismiche;
- il sistema non è valido per i climi in cui la neve è frequente;



- la bassa angolazione dei raggi solari in inverno suggerisce che il sistema non è valido per le alte latitudini, a meno che non sia inserito in un tetto inclinato, ma anche così la sua efficienza è discutibile;

- il tetto d'acqua richiede un'attenta progettazione e realizzazione.

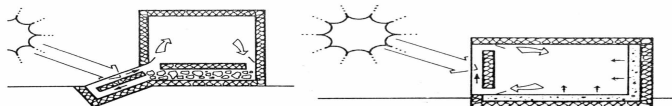
### Sistemi a guadagno isolato o misti

In un sistema a guadagno isolato il collettore solare è termicamente isolato dagli ambienti dell'edificio. Nei sistemi passivi il trasferimento di energia dal collettore all'ambiente o all'accumulo e dall'accumulo all'ambiente avviene solo attraverso processi non meccanici, come la convezione e l'irraggiamento. Il più comune tra questi processi di trasferimento dell'energia è una forma particolare di convezione conosciuta come effetto termosifone: l'aria è riscaldata nel collettore, diventa meno densa e si alza, richiamando aria più fredda dal basso; l'aria più calda trasferisce la sua energia all'accumulo isolato o alla stanza ed ai suoi occupanti, si raffredda e ricade verso il basso per essere ripresa dal collettore, da cui il ciclo continua fintanto che il collettore rimane sufficientemente caldo.

Un particolare tipo di collettore a guadagno isolato è conosciuto come sistema a **termosifone** anche se un anello convettivo viene utilizzato in molti altri sistemi. Un collettore piano, di materiale leggero e protetto da una superficie vetrata, viene situato nella posizione più efficace ai fini del guadagno solare, ma comunque separato e sottostante l'accumulo termico. Il flusso di aria calda è spinto dalla differenza di densità tra le due colonne di aria riscaldata e fredda e l'entità del moto dipende dalla differenza tra le temperature dell'aria nel collettore e nell'accumulo e dal dislivello tra i due.

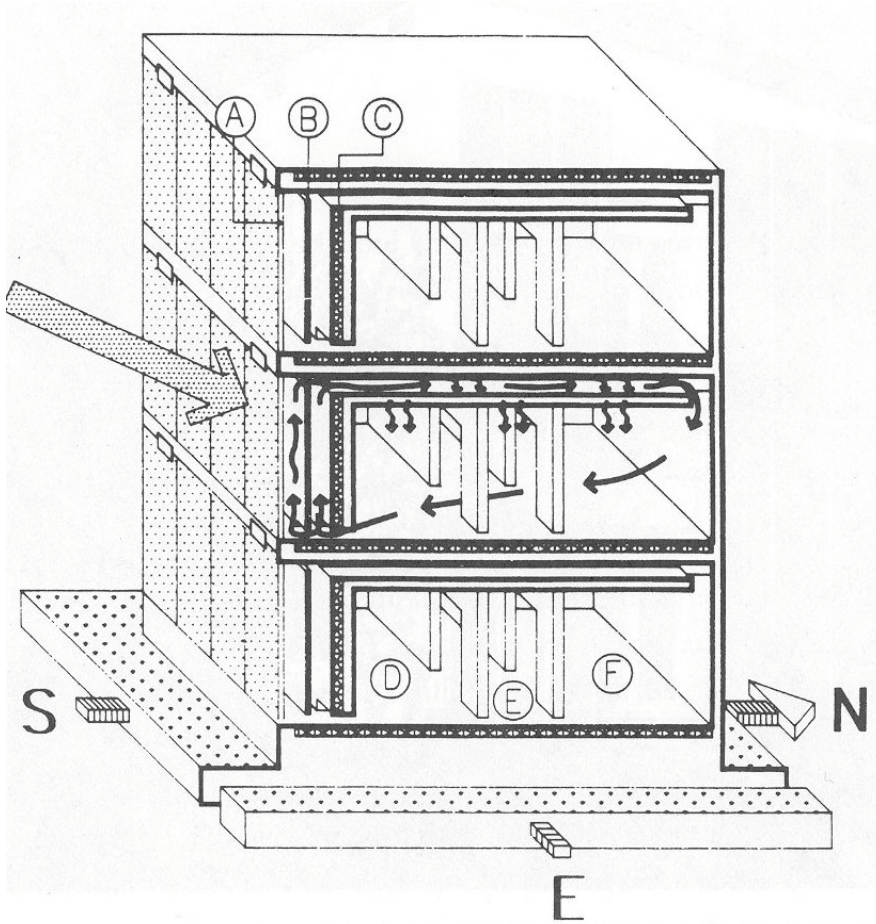
### Il sistema Barra-Costantini

Un particolare tipo di collettore a termosifone è stato sviluppato da O. Barra e T. Costantini nel sud dell'Italia e sembra funzionare bene in quel clima. La parete sud dell'edificio contiene un collettore



di materiale leggero, protetto da una superficie vetrata e isolato rispetto all'ambiente interno con uno strato di coibentazione. L'aria riscaldata da questo collettore, circola attraverso condotti ricavati in solai, pareti e pavimenti massivi e rilascia la sua energia a questi elementi prima di ritornare al collettore. Detti elementi sono coibentati esternamente e forniscono calore all'ambiente per

convezione e irraggiamento. Le condizioni di benessere risultano migliorate da una temperatura radiante superficiale più elevata ed uniformemente distribuita



*Il sistema Barra-Costantini*

### La serra solare

A metà tra il sistema passivo diretto ed indiretto, la *serra solare*, sia che venga utilizzata come

- a) ambiente frequentato, che come
- b) collettore energetico

è un ottimo sistema di utilizzazione del calore

La *serra solare* (foto 4) è uno spazio chiuso, separato dall'ambiente esterno mediante pareti vetrate e collegato alla costruzione con una o due aperture, eventualmente apribili; la copertura può essere vetrata o opaca a seconda delle latitudine e delle esigenze termiche. E' un volume che accresce il contributo all'edificio della radiazione solare, trasformata in energia termica e immagazzinata all'interno della serra.

La serra combina le caratteristiche del guadagno diretto con quelle del muro ad accumulo. Infatti, essendo direttamente riscaldata dai raggi del sole, funziona come un sistema a guadagno diretto, in cui l'ambiente adiacente ad essa riceve il calore dal muro termoaccumulatore.

La radiazione solare viene, cioè, assorbita dal muro di fondo della serra, convertita in calore, e una parte di esso viene poi trasferito all'edificio.

Per questo motivo, particolare attenzione va posta ai materiali di quelle parti deputate in primo luogo all'accumulo del calore e successivamente alla cessione di esso nelle ore fredde: pavimento e pareti, che devono avere una buona inerzia termica.

Ad esempio, il solaio di calpestio è bene che venga rialzato per garantire una camera d'aria d'accumulo e che vengano usati materiali con buona inerzia termica, tipo mattoni o piastrelle in cotto; a volte l'inserimento di ventoline migliora lo scambio d'aria tra i locali che si affacciano sulla serra. Le vetrate delle serre è bene che siano sempre apribili per la regolazione bioclimatica nelle varie stagioni.

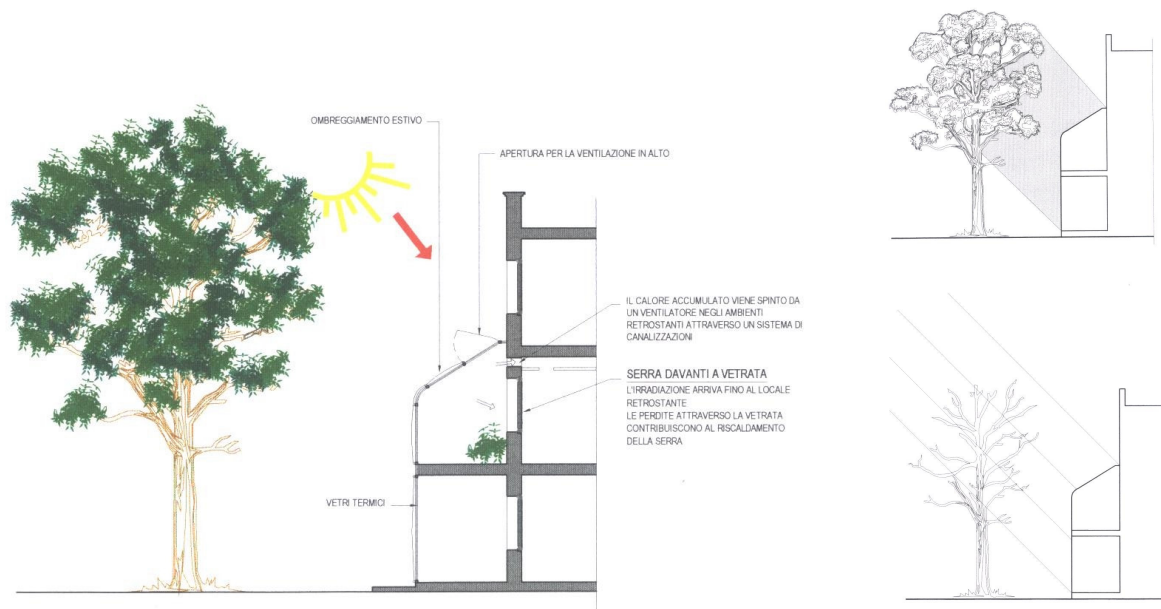


Foto 4 Serra solare

situazione estiva e invernale

Per interventi efficaci dal punto di vista bioclimatico si devono osservare alcune regole:

- La serra deve essere orientata verso Sud, con una tolleranza di più o meno 30/40 gradi. Sono assolutamente da evitare gli orientamenti Est ed Ovest che provocherebbero surriscaldamenti difficili da controllare ed eliminare. Una esposizione a Nord non pone, ovviamente, problemi di surriscaldamento, ma riceve nei mesi invernali radiazioni solari in quantità molto modesta.
- La serra deve essere ventilabile. Per evitare il surriscaldamento nelle stagioni intermedie e soprattutto d'estate, l'aria calda, che si forma all'interno della serra, deve essere espulsa e sostituita con aria esterna. Di conseguenza, la struttura della serra deve essere quanto più

possibile apribile, consentendo un'accentuata variabilità di assetto: da molto chiuso in inverno a molto aperto in estate (in questa stagione si può prevedere anche la temporanea dismissione degli infissi vetrati). La serra è detta anche “giardino d'inverno” per l'utile ed appropriata introduzione di piante d'appartamento che ne migliorano la qualità e ne regolano l'umidità dell'aria interna. Infatti, nella stagione estiva, per evitare il surriscaldamento delle strutture edilizie a causa dell'eccessivo soleggiamento, spesso si ricorre all'ombreggiatura con essenze caducifoglie (spoglie d'inverno, frondose d'estate).

- Sempre per ragioni di comfort la serra deve essere munita di schermature mobili per la protezione delle superfici trasparenti, in particolare quelle orizzontali e quelle verticali con esposizione Ovest, dai raggi solari nei periodi caldi. Tali schermature possono essere di moltissimi tipi quali tende, veneziane, pannelli, vegetazione. Affinché siano efficaci, è opportuno che siano collocate all'esterno delle superfici trasparenti e che siano di colore chiaro. Per assicurare un buon comportamento termico e per ridurre il pericolo di condensa superficiale è raccomandabile l'uso di vetro camera; mentre per le coperture si deve impiegare cristallo anti-sfondamento.
- I telai possono essere realizzati in vari materiali, come per le finestre. Sempre per ridurre le dispersioni di calore e i problemi di condensa è consigliabile l'uso di profili con taglio termico.
- La copertura della serra costituisce la parte più delicata dell'intero sistema: le superfici orizzontali sono quelle che ricevono la maggiore quantità di radiazioni solari nei mesi estivi e quindi devono essere schermate e possibilmente apribili. Si può ricorrere quindi a pannelli scorrevoli. La schermatura si può ottenere mediante tende da sole avvolgibili, che scorrono su guide appoggiate alla struttura, all'esterno delle lastre trasparenti. Per consentire il deflusso delle acque piovane la copertura non potrà essere orizzontale, ma presentare un'inclinazione verso il bordo esterno, dove sarà presente una gronda di raccolta. Nel caso di pannelli scorrevoli se il movimento è attuato manualmente, tale inclinazione non dovrà superare il 5-6 %. Nel caso di movimentazione motorizzata si potranno usare inclinazioni maggiori.

Alla luce delle nuove normative di cui parleremo più avanti la serra viene considerata un volume tecnico e quindi non valutata nel computo delle superfici e del volume se è conforme alle seguenti prescrizioni:

- a) purch  non determini nuovi locali riscaldati o abitabili, o comunque a consentire la presenza continuativa di persone
- b) sia realizzata con specifico riferimento al risparmio energetico, certificato da una relazione tecnica . Tale relazione deve valutare il guadagno energetico, tenuto conto dell'irraggiamento solare, calcolato secondo la normativa UNI ( rif. UNI 10344 e 10349), su tutta la stagione di riscaldamento. Come guadagno si intende la differenza tra l'energia dispersa in assenza della serra  $Q_0$  e quella dispersa in presenza della serra,  $Q$ . Deve essere verificato:

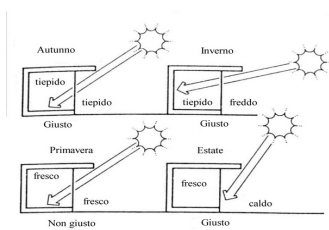
$$\frac{Q_0 - Q}{Q_0} > 25\%$$

- c) La struttura di chiusura deve essere completamente trasparente, fatto salvo l'ingombro della struttura di supporto.
- d) Deve essere apribile ed ombreggiabile (cio  dotata di opportune schermature mobili o rimovibili) per evitare il surriscaldamento estivo.

## Schermature

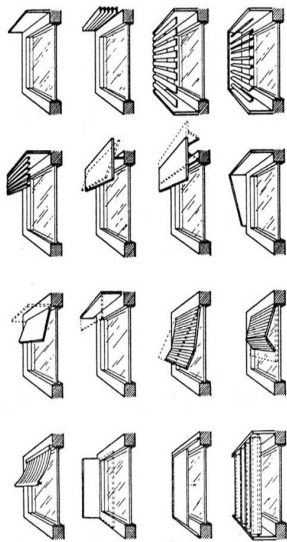
Al fine di controllare l'immissione in ambiente di radiazione solare diretta   necessario utilizzare degli schermi.

E' importante notare che quando si usa uno schermo orizzontale, l'orientamento a sud dell'edificio o dell'apertura solare   essenziale: basta una piccola deviazione (poco pi  di 8 ) per ridurne l'efficacia.



Schermi fissi

La schermatura pi  efficace per una finestra rivolta a sud   quella orizzontale, mentre per le finestre rivolte ad est oppure ovest si devono usare schermi verticali. I dispositivi pi  semplici sono gli aggetti ed i frangisole. Il difetto principale degli schermi fissi   che l'entit  della schermatura   determinata dalle stagioni solari, piuttosto che da quelle climatiche e ci  produce effetti schermanti anche in periodi in cui   richiesto un riscaldamento passivo (fig. 5). Gli schermi fissi tagliano sempre una parte della radiazione diffusa e quindi riducono l'illuminazione naturale.



### Schermi mobili

Nella fig. sopra è mostrata una selezione di schermi mobili quali le tende, gli schermi veri e propri, le persiane e gli scuretti. Gli schermi mobili dovrebbero essere progettati anche allo scopo di isolare di notte, durante la stagione del riscaldamento. Gli schermi interni sono meno efficaci in quanto la luce solare entra comunque nell'edificio e non può essere efficacemente riflessa all'indietro, ma comunque per questa ragione gli schermi interni devono avere una colorazione chiara.

L'efficienza degli schermi esterni, in quanto dissipano all'aria l'energia solare assorbita, è del 30% superiore a quella degli schermi interni, anche se questi ultimi sono più economici e facili da manovrare manualmente. Il controllo degli schermi può essere sia manuale che meccanici. I controlli manuali sono realizzati tramite leve, aste, corde e catene, mentre i controlli meccanici fanno uso di energia elettrica e possono intervenire sia con il consenso manuale che con quello di un sensore fotoelettrico. Un particolare sistema è costituito dallo "skylid", nel quale un fluido di lavoro cambia la sua fase da liquida a vapore e la conseguente variazione di peso attiva un'azione meccanica.

**Vegetazione.** Una vegetazione decidua può essere usata come schermo, ma ciò comporta comunque una riduzione permanente della radiazione solare incidente e quindi questo sistema dovrebbe essere evitato, almeno in aree con limitata radiazione solare invernale.

### Incentivazioni pubbliche per l'utilizzo delle energie alternative

In virtù di questi principi basati sul risparmio energetico e l'edilizia ecosostenibile molti Comuni italiani si stanno orientando verso un'urbanistica in cui ci si pone il problema della sostenibilità, o

meglio usare con parsimonia l'energia, sfruttando le fonti rinnovabili e tenendo conto di una generale parsimonia nell'utilizzo delle risorse, arrivando anche a modificare gli stili di vita dei cittadini-utenti. Alcuni Comuni iniziano anche a predisporre il cosiddetto "piano energetico comunale", dove i disegni del piano urbanistico tengono conto dei nuovi principi: case orientate tenendo conto del sole e dell'andamento dei venti, del rapporto con la vegetazione, delle pareti boscate. Ma che comprende anche una serie di incentivi per favorire l'edilizia ecosostenibile anche se sulla carta, almeno inizialmente, ha costi maggiori (materiali particolari, isolanti, pannelli fotovoltaici o solari, tecnologie per il raffrescamento naturale).

Nel Comune di Campalto in Veneto il nuovo regolamento edilizio favorisce la costruzione delle *serre solari*. Infatti in un articolo del n. 24 del 19 giugno 2004 di "Gente Veneta" si recita che "verranno promosse, sia negli edifici di nuova costruzione che in quelli esistenti, le "serre solari", per l'accumulo di calore, che torna utile la notte (se si considera il ciclo quotidiano) o in autunno (se si considera il ciclo annuale). Si tratta in pratica di trasformare le vecchie verande piazzate in modo più o meno abusivo sulle terrazze: se costruite in un certo modo possono far risparmiare energia e aumentare il benessere."

Sempre nello stesso articolo si parla di "*incentivi economici*: che potrebbero consistere in un premio in volume edificabile se verranno rispettati i canoni dell'ecosostenibilità: le serre solari, ad esempio, possono non essere computate nel volume complessivo. Potranno esserci sconti negli oneri di urbanizzazione o nelle quote dell'Ici.

Quello che conta – continua l'autore - è che si crei una cultura in questa direzione. Una volta avviato il processo si scoprirà che è meno costoso di quanto appaia a prima vista. Dal punto di vista architettonico, poi, sarà una sfida: si tratta di integrare in una logica progettuale questi elementi e non semplicemente aggiungerli.

Possono nascere insomma nuove forme di villette o di condomini, belle oltre che utili. Proprio come accade in Alto Adige, dove ormai questo tipo di cultura è già acquisita."

La Regione Toscana con la L.R. n.1 del 03.01.2005 " **NORME SUL GOVERNO DEL TERRITORIO**" **promuove lo sviluppo sostenibile** nelle attività pubbliche e private che incidono sul territorio nel rispetto delle esigenze legate alla **miglior qualità della vita delle generazioni presenti e future (art. 1)**.

In riferimento alle norme per l'edilizia sostenibile e per l'attuazione della LRT 01/05 sono state varate con D.G. del 28/02/05 le "*Linee guida per la valutazione della qualità energetica ed ambientale degli edifici in Toscana* ", quale strumento di supporto alla promozione dell'eco

efficienza nell'edilizia toscana, emanando così il primo strumento oggettivo di valutazione adottato in Italia da una amministrazione regionale. Insieme alle linee Guida sono stati emanati inoltre altri due strumenti: il **“Manuale sull'Edilizia sostenibile”** che descrive i principi dell'eco-efficienza nell'abitare ed i comportamenti e le tecniche da attuare per diffondere in Toscana una cultura del costruire sostenibile e l' **”Elenco dei materiali per l'Edilizia sostenibile”** , in cui sono descritti i materiali da utilizzare nella formulazione di voci di capitolato per appaltare opere pubbliche e private.

Per la valutazione della qualità energetica ed ambientale degli edifici è stato elaborato , all'interno di questi tre strumenti, un sistema di valutazione della eco-sostenibilità degli edifici basato su principi del metodo internazionale *Green Building Challenge G.B.C.*

Il metodo si basa su criteri prestazionali, per ogni requisito di carattere energetico ambientale si valuta attraverso sistemi prevalentemente quantitativi il grado di rispondenza delle prestazioni del fabbricato o del progetto al requisito.

Successivamente si da un peso a ciascun requisito al fine di giungere ad una valutazione “pesata”.

**II SISTEMA DI PESATURA DELLE SCHEDE** previsto nell'allegato C prevede l'esame dei requisiti prestazionali in sette “aree di valutazione”, che sono oltre all' **Analisi del sito**, per cui è dovuta una relazione descrittiva obbligatoria :

**1) Qualità Ambientale esterna**

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1 INTORNO AMBIENTALE:       | 1.1 Comfort visivo - percettivo                   |
| 2                           | 1.2 Integrazione con il contesto                  |
| 3 QUALITÀ DELL'ARIA ESTERNA | 1.3 inquinamento atmosferico locale               |
| 4 CAMPI ELETTROMAGNETICI    | 1.4 inquinamento elettromagnetico bassa frequenza |
| 5                           | 1.5 inquinamento elettromagnetico alta frequenza  |
| 6 ESPOSIZIONE ACUSTICA      | 1.6 inquinamento acustico                         |
| 7 QUALITÀ DEL SUOLO         | 1.7 inquinamento del suolo                        |
| 8 QUALITÀ DELLE ACQUE       | 1.8 inquinamento delle acque                      |

**2) Risparmio di risorse**

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 9 CONSUMI ENERGETICI               | 2.1 isolamento termico                  |
|                                    | 2.2 sistemi solari passivi              |
|                                    | 2.3 produzione acqua calda              |
| 10 ENERGIA ELETTRICA               | 2.4 fonti non rinnovabili e rinnovabili |
| 11 CONSUMO ACQUA POTABILE          | 2.5 riduzione uso acqua potabile        |
| 12 USO DI MATERIALI DI RECUPERO    | 2.6 riutilizzo di materiali edili       |
| 13 USO DI MATERIALI RICICLABILI    | 2.7 riciclabilità dei materiali edili   |
| 14 UTILIZZO DI STRUTTURE ESISTENTI | 2.8 riutilizzo di strutture esistenti   |

**3) Carichi ambientali**

- |                            |                                     |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 15 CONTENIMENTO DEI REFLUI | 3.1 gestione delle acque meteoriche |
| 16                         | 3.2 recupero acque grigie           |
| 17                         | 3.3 permeabilità delle superfici    |

**4) Qualità ambiente interno**

- |                     |  |
|---------------------|--|
| 18 COMFORT VISIVO   | 4.1 Illuminazione naturale                                   |
| 19 COMFORT ACUSTICO | 4.2 Isolamento acustico di facciata                          |
| 20                  | 4.3 Isolamento acustico delle partizioni interni             |
| 21                  | 4.4 Isolamento acustico da calpestio e da agenti atmosferici |
| 22                  | 4.5 Isolamento acustico dei sistemi tecnici                  |
| 23 COMFORT TERMICO  | 4.6 Inerzia termica  |



24	4.7 Temperatura dell'aria e delle pareti interne
25 QUALITÀ DELL'ARIA	4.8 Controllo dell'umidità su pareti
26	4.9 Controllo inquinanti: fibre minerali
27	4.10 Controllo inquinanti
28	4.11 Controllo inquinanti: Radon
29	4.12 Ricambi d'aria
30 CAMPI ELETTROMAGNETICI. INTERNI	4.13 Campi a bassa frequenza

#### 5) Qualità del servizio

31 QUALITÀ DEL SERVIZIO	5.1 Manutenzione edilizia ed impiantistica
-------------------------	--

#### 6) Qualità della gestione

32 QUALITÀ DELLA GESTIONE	6.1 disponibilità di documentazione tecnica dell'edificio
33	6.2 Manuale d'uso per gli utenti
34	6.3 Programma delle manutenzioni

#### 7) Trasporti

35 TRASPORTI	7.1 (integrazione con il trasporto pubblico)
	7.2 (misure per favorire il trasporto alternativo)

Come si vede tra i sistemi cosiddetti di pesatura al punto 2.2 vediamo che vengono valutate nell'ambito del "Risparmio delle risorse" e quindi dei "Consumi energetici" la valutazione dell'utilizzo dei sistemi solari passivi, il cui metodo di verifica viene attuato secondo la scheda 2.2 di seguito riportata:

<b>SCHEDA 2.2</b>	
<b>Area di Valutazione:</b> <i>2-Consumo di risorse</i>	<b>Categoria di requisito:</b> <i>Consumi energetici sistemi solari passivi</i>
<b>Esigenza:</b> ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio attraverso l'impiego di sistemi solari passivi.	<b>Indicatore di prestazione:</b> percentuale superficie aperture direttamente soleggiata al 21/12 ore 12. Assenza/presenza sistemi solari passivi.
	<b>Unità di misura:</b> percentuale (mq/mq).
<b>Metodo e strumenti di verifica:</b> viene attuata attraverso gli strumenti di seguito riportati. - verifica dell'area complessiva delle superfici trasparenti soleggiate alle ore 12 del 21/12. Tale verifica può essere effettuata attraverso la proiezione sull'involucro della costruzione delle ombre generate da ostruzioni artificiali (es.edifici adiacenti) o naturali (es. colline, montagne) o attraverso l'impiego delle maschere di ombreggiamento; • calcolo del rapporto tra l'area delle superfici vetrate soleggiate e l'area complessiva delle superfici vetrate dell'edificio; • verifica della presenza di <i>sistemi solari passivi</i> aventi caratteristiche superficiali definite. In particolare il parametro significativo più impiegato è il rapporto tra l'area del collettore solare e quella del pavimento del locale da servire. Ad esempio: • serre solari: rapporto tra l'area vetrata della serra esposta a sud e l'area di pavimento del locale da riscaldare = da 0.1 a 0.5; • muro trombe: rapporto tra l'area del muro di accumulo esposto a sud e l'area di pavimento del locale da riscaldare = da 0.33 a 0.75; • guadagno diretto: rapporto tra la superficie vetrata esposta a sud e l'area di pavimento del locale da riscaldare = da 0.29 a 0.30. • Per alcune tipologie si può inserire un secondo rapporto da mantenere. Ad esempio: • serre: rapporto tra l'area di pavimento della serra e l'area vetrata della serra esposta a sud = da 0.6 a 1.6.	

**Strategie di riferimento:**

i sistemi solari passivi sono dei dispositivi per la captazione, accumulo e trasferimento dell'energia termica finalizzati al riscaldamento degli ambienti interni. Sono composti da elementi tecnici "speciali" dell'involucro edilizio che forniscono un apporto termico "gratuito" aggiuntivo, rispetto agli elementi tecnici ordinari, tramite il trasferimento, all'interno degli edifici, di calore generato per effetto serra. Questo trasferimento avviene sia per irraggiamento diretto attraverso vetrate, sia per conduzione attraverso le pareti, sia per convezione – quando sono presenti aperture di ventilazione. In relazione al tipo, prevalente, di trasferimento del calore ed al circuito di distribuzione dell'aria, si differenziano sistemi ad incremento diretto, indiretto ed isolato.

I principali tipi di sistemi solari passivi utilizzabili in edifici residenziali sono:

- serra;
- parete ad accumulo convettiva (Muro di Trombe);
- sistemi a guadagno diretto.

Nello scegliere, dimensionare e collocare un sistema solare passivo, si deve tenere conto dei possibili effetti di surriscaldamento, che possono determinarsi nelle stagioni intermedie, oltre che in quella estiva; per evitarli, è necessario progettare in modo opportuno sistemi di oscuramento operabili e di ventilazione variabile.

**Scala di prestazione:**

<i>Prestazione quantitativa</i>	Punteggio	Punteggio Raggiunto
Superficie vetrata irraggiata direttamente dal sole – al 21/12, ore 12 (solari) – < 30% dell'area totale delle chiusure esterne verticali	-2	(*)
	-1	
Superficie vetrata irraggiata direttamente dal sole – al 21/12, ore 12 (solari) – compresa tra 30% ÷ 50% dell'area totale delle chiusure esterne verticali	0	
	1	
	2	
Superficie vetrata irraggiata direttamente dal sole – al 21/12, ore 12 (solari) - > 50% dell'area totale delle chiusure esterne verticali.	3	
Superficie vetrata irraggiata direttamente dal sole – al 21/12, ore 12 (solari) - > 50% dell'area totale delle chiusure esterne verticali e presenza di sistemi solari passivi aventi le caratteristiche indicate nei <i>Metodi e strumenti di verifica</i> .	4	

(\*) Giustificare il punteggio raggiunto con idonee motivazioni e/o documentazioni da allegare.

**Riferimenti normativi:****Riferimenti tecnici:**

- UNI 10349 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - dati climatici";  
 UNI 10344 "Riscaldamento degli edifici – calcolo del fabbisogno di energia";  
 UNI EN 832 "Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento. Edifici residenziali".

# **PROGETTARE CON IL SOLE : i sistemi solari passivi**

nella nuova progettazione bioclimatica per la sostenibilita' degli interventi sui sistemi edilizi-ambientali

## **Sommario**

Introduzione

La progettazione bioclimatica

*Alcune considerazioni fondamentali sul sole e sul calore*

Tecnologie tradizionali e architettura solare

La radiazione solare e la terra

La geometria solare

Riflessione, trasmissione e assorbimento della radiazione solare

Caratteristiche del calore

L'accumulo del calore

I sistemi di riscaldamento solare passivi

I sistemi di sfruttamento passivi a guadagno diretto

I sistemi di sfruttamento passivi a guadagno indiretto

La serra solare

Incentivazioni pubbliche per l'utilizzo delle energie alternative

Alcuni esempi di sistemi solari passivi