

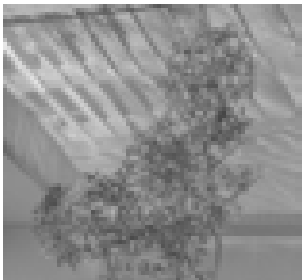


## **principi base del riscaldamento solare passivo e sistemi solari passivi**

### **sistemi solari passivi**

**insieme delle tecnologie edilizie che sono in grado di controllare le dinamiche di scambi termici tra esterno ed interno dell'edificio, sfruttando come fonte di energia la radiazione solare e come elementi di captazione e di accumulo i componenti della costruzione stessa**

**elementi essenziali dei sistemi di captazione passiva dell'energia solare sono:**



**COLLETTORI**

**MASSE D'ACCUMULO**

**COMPONENTI DI CONTROLLO**

## **COLLETTORI**

di norma costituiti da una superficie trasparente o traslucida, integrata sulle facciate ben esposte dell'edificio o in copertura, e da un assorbitore, una superficie opaca scura, esposta alla radiazione solare che penetra la superficie trasparente

## **MASSE D'ACCUMULO**

sono composte da materiali di diverso tipo e deputate a immagazzinare calore per poi ricederlo anche in assenza di radiazione solare

## **COMPONENTI DI CONTROLLO**

schermature per regolare l'ingresso della radiazione solare, riflettori per incrementare la radiazione incidente sui collettori, valvole e aperture regolabili che agiscono sui fluidi termovettori, ...

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**2**

**nei sistemi solari passivi riveste una grande importanza  
l'isolamento termico**

**sia delle parti murarie che delle parti vetrate (nelle ore in cui non svolgono funzione di collettore)**

### **in generale**

(visto che le configurazioni architettoniche possono essere molto diverse fra loro)

**per rendere disponibile più massa termica è preferibile che l'isolamento sia esterno**

**esiste tuttavia un approccio fondato sull'iper-isolamento (anche 40cm) spesso abbinato con l'uso di componenti edilizi leggeri (montaggio a secco) che adotta particolari tipi di strategie d'accumulo (es. a pavimento o con materiali a cambiamento di fase)**

***i sistemi solari passivi sono di diverso tipo e di norma vengono suddivisi in 3 categorie:***

***a guadagno diretto, indiretto e isolato***

## **a guadagno diretto**

dove l'energia radiante penetra direttamente nell'ambiente da riscaldare, viene accumulata da elementi che svolgono anche altre funzioni (es. pareti e pavimenti) e riceduta per convezione e irraggiamento (sistemi a guadagno diretto e serre)

## **a guadagno indiretto**

dove l'accumulatore fa parte dell'involucro e riceve direttamente la radiazione solare per poi cederla all'interno sotto forma di energia termica (sistemi Trombe-Michel, Barra-Costantini, Roof- Pond)

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta

corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**3**

## **a guadagno isolato**

la captazione e la cessione dell'energia avvengono attraverso componenti indipendenti che possono anche essere collocati all'esterno dell'edificio ed il trasporto del calore avviene attraverso fluidi termovettori (generalmente aria) in condotti dotati di sistemi di regolazione e controllo

**Stadlau Housing Complex**

**non tutti gli autori concordano però con questa classificazione**

**es. le serre vengono da alcuni classificate come sistemi diretti, da altri come sistemi semidiretti o a spazio solare**

Arge Architects, 1991



## alcuni concetti base ...

### L'EFFETTO SERRA

*alla base del funzionamento dei sistemi solari passivi c'è l'effetto serra legato alle specifiche caratteristiche del vetro*

i vetri sono trasparenti alle radiazioni solari visibili ed infrarosse di piccola lunghezza d'onda (da 0,4 a 2,5 micrometri)

ma non sono trasparenti per radiazioni di lunghezza d'onda superiore

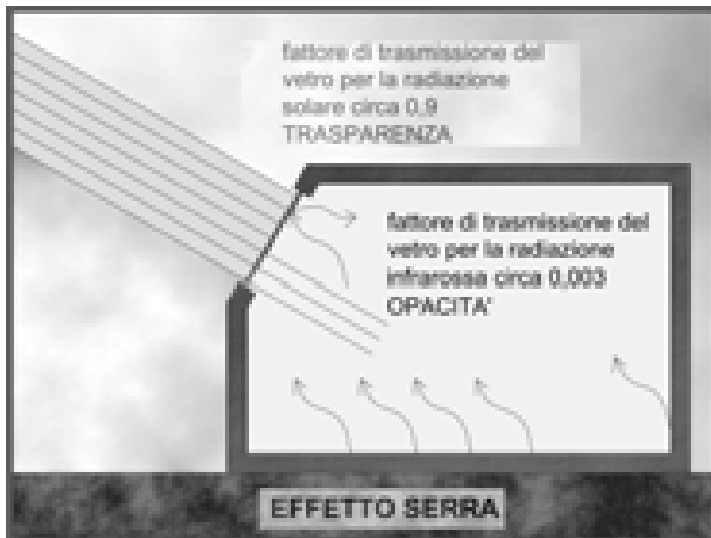
il flusso energetico solare è compreso nel campo di lunghezze d'onda 0,3 – 2,3 micrometri (con il massimo a 0,55 micrometri)

dunque le radiazioni solari passano per trasparenza attraverso i vetri, penetrano negli ambienti retrostanti e vengono assorbite dalle superfici in esse presenti

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

4

queste superfici emettono radiazioni infrarosse con lunghezze d'onda superiori a 3 micrometri, per le quali il vetro non è più trasparente



## LA PROPAGAZIONE DEL CALORE

può avvenire per: conduzione, convezione e irraggiamento

il trasferimento per conduzione ha luogo tra corpi che sono a contatto o tra parti di uno stesso corpo che si trovano a temperature diverse

la convezione ha luogo quando tra due corpi circola un fluido intermedio, fluido termovettore (aria, acqua, ...), che si riscalda per conduzione a contatto con il corpo più caldo e poi cede calore a contatto con il corpo più freddo;

correnti convettive: si hanno quando in un ambiente con una sorgente di calore, l'aria (o l'acqua) calda, meno densa di quella fredda, si sposta verso l'alto, mentre quella fredda si sposta verso il basso

nell'irraggiamento il calore viene scambiato anche se tra i due corpi c'è il vuoto mediante emissione e assorbimento di radiazione elettromagnetica

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - modulo: tecnologie bioclimatiche

5

## FATTORE SOLARE DI UN VETRO (FS)

è il rapporto tra energia solare entrante ed energia solare incidente

dove l'energia entrante è pari all'energia trasmessa + 1/3 dell'energia assorbita (che entra comunque nell'edificio)

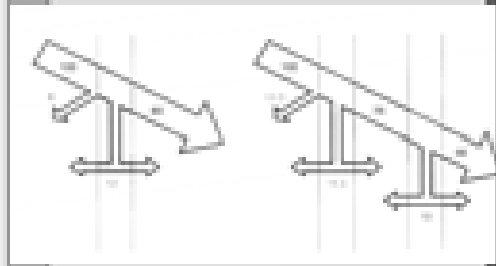
$\tau$  = fattore di trasmissione

$\alpha$  = fattore di assorbimento

$\rho$  = fattore di riflessione

$$\tau + \alpha + \rho = 1$$

$$FS = \tau + 0,33 \alpha$$



## MASSE D'ACCUMULO

la climatizzazione solare passiva assicura l'intera copertura del carico termico solo in condizioni particolarmente favorevoli per cui normalmente sono richiesti impianti ad integrazione (spesso a bassa temperatura)

sono comunque necessarie masse d'accumulo proprio per conservare l'energia captata per i momenti nei quali i sistemi solari non sono in funzione (assenza di sole)

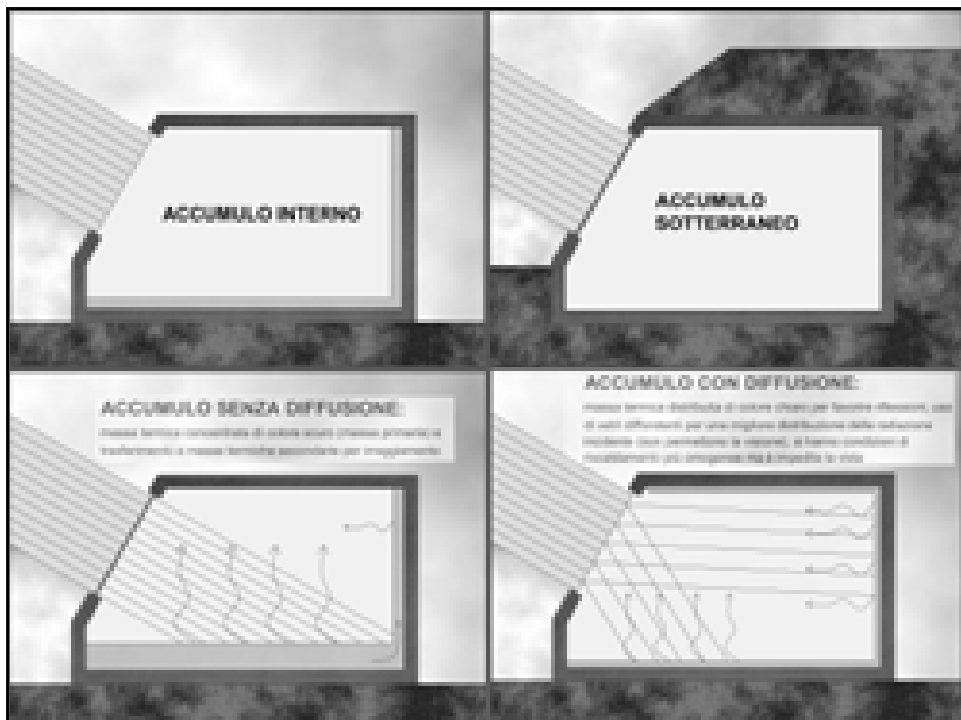
l'accumulo termico serve per incorporare parte dell'energia termica captata per evitare fenomeni di surriscaldamento e restituirla all'ambiente quando viene meno la radiazione solare

in relazione alla massa d'accumulo un primo fattore determinante è la posizione



facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

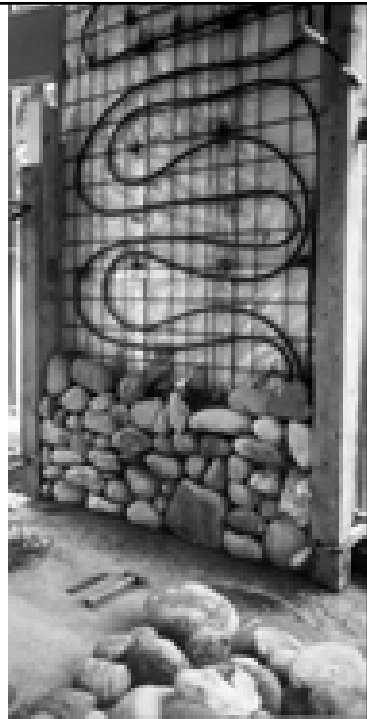
6



**accumulatori termici primari:** la massa è direttamente colpita dalla radiazione solare; gli accumulatori primari devono essere di colore scuro

**accumulatori termici secondari:** la massa non viene colpita direttamente dalla radiazione solare ma è direttamente in contatto con quella degli accumulatori primari; poiché assorbono onde infrarosse lunghe non devono essere scuri

**accumulatori termici remoti:** la massa non viene colpita direttamente dalla radiazione solare né è in contatto con gli accumulatori primari e secondari (per gli scambi di calore si usano moti convettivi in particolari canalizzazioni)



facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - modulo: tecnologie bioclimatiche

7

tutti i materiali possono accumulare energia termica ma in maniera differente

**la capacità termica aumenta con l'aumentare della densità e del calore specifico**

poiché il calore specifico non cambia molto fra i materiali impiegati in edilizia è soprattutto la densità (e quindi il peso specifico) ad assumere una grande importanza

**le strutture pesanti comportano (di norma) minori oscillazioni di temperatura di quelle leggere**

un materiale molto impiegato in edilizia è il **calcestruzzo** perché **si presta allo scopo e può essere utilizzato anche come materiale da costruzione e strutturale**

in normali edifici gli spessori di una massa d'accumulo primaria in cls possono essere di circa 20 cm (spessore del tutto usuale)

altri materiali che possono essere impiegati sono:

il mattone pieno, la pietra, la terra pressata

l'acqua presenta una migliore capacità termica rispetto al cls

(la capacità termica di una parete d'acqua di 11,5 cm è uguale a quella di una parete in cls di 22,5 cm)

inoltre l'acqua dà luogo ad un'uniforme distribuzione della temperatura a causa dei moti convettivi ed il sistema entra prima a regime

*tuttavia esistono degli ovvi problemi di gestione di accumulatori ad acqua*

altri materiali utilizzabili sono gli accumulatori a cambiamento di fase (soprattutto in architetture con poca massa muraria, realizzate con sistemi leggeri e a secco)

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - modulo: tecnologie bioclimatiche

8

negli accumulatori a cambiamento di fase l'energia è accumulata mediante soluzioni di sali eutettici

tali soluzioni sono ermeticamente sigillate in componenti edilizi a parete

le sostanze utilizzate sono scelte in funzione della temperatura alla quale si vuole mantenere l'ambiente considerato

esse registrano, infatti, (con particolari additivi) regolari fenomeni di cambiamento di fase a temperature vicine a quelle richieste nella climatizzazione degli alloggi

nei cambiamenti di fase vi sono scambi termici, per cui la soluzione di sali cede calore quando scende sotto una determinata temperatura e lo assorbe al di sopra di una determinata temperatura

presentano però problemi economici e di impiego



**altro materiale è il pietrisco usato in particolari vasche negli accumulatori remoti**

**in queste vasche vengono fatti passare condotti (spesso in cemento forati) per la distribuzione del calore**

**la pezzatura dei ciotoli è di norma di 2 – 4 cm**

**percorrendo gli interstizi che tra essi si formano l'aria calda entrante cede calore che viene così accumulato e poi riceduto all'edificio in tempi regolati dall'opportuno dimensionamento delle vasche**



predisposizione della massa d'accumulo a pavimento in un intervento di recupero a Gard

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**9**

**esempi di dimensionamento in normali situazioni residenziali:**

**accumulatore primario in cls con radiazione incidente da sud su un solo lato – spessore 22,5 cm**

**accumulatore secondario – spessore 15 cm quando l'area della massa secondaria è  $\frac{1}{4}$  di quella della massa primaria**

**10 cm per aree uguali, 5 cm per aree pari a 5 volte quelle della massa primaria**

**un materiale a cambiamento di fase deve essere distribuito su una superficie di accumulo avente un'area di almeno 1,75 volte la finestra esposta a sud**

**per i muri solari: 30 cm in cls, 15 cm ad acqua**

**metodi di calcolo specifici elaborati da studiosi come Silvestrini o Achard e Gicquel (per le masse d'accumulo a pavimento in pietrisco)**

materiale	fluttuazioni di temperatura in funzione dello spessore del muro in °C					
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm
terra	...	10	4	4	5	...
mattone pieno	...	13	6	4	...	...
cls	...	15	8	5	3	3
acqua	17	10	7	6	6	5

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
 corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**10**



sono i più semplici ed istintivi metodi di sfruttamento dell'energia solare per il riscaldamento degli ambienti

un edificio dove siano adottati tali sistemi presenterà ampie superfici vetrate a sud (sud-est); a nord presenterà invece pareti isolate con poche bucaure

l'accumulo è affidato alle solette di pavimentazione, alle pareti, con spessori di almeno 20 cm

divisori più sottili potranno essere usati come superfici riflettenti (con colorazione chiara)

le vetrate possono anche essere inclinate (in modo da essere ortogonali alla direzione dei raggi solari invernali, o – come suggerisce Calderaro – in modo da essere pari alla latitudine del posto + 10°)

alle nostre latitudini la differenza con superfici verticali è molto modesta a fronte di maggiori oneri per realizzare e mantenere una facciata inclinata (tenuta all'acqua, manovrabilità dei sistemi di chiusura e ombreggiamento, pulizia, ecc.)

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

11

**pregi principali:**

grande semplicità,

immagine tradizionale senza impatto visivo

(anche i lucernari possono essere impiegati per il guadagno diretto)

**difetti principali:**

limitazioni d'arredo dovute alla presenza di masse d'accumulo interne agli alloggi,

rischi di surriscaldamento estivo degli alloggi, se non si progettano perfettamente sistemi frangisole,

eccessive dispersioni di calore dalle superfici vetrate se non si usano vetri basso emissivi (con deposito superficiale per riflettere la radiazione puramente termica: riduzione trasmittanza vetro) o isolanti (TIM, con fibre plastiche) o doppi (tripli) con calo dei rendimenti



**Casa unifamiliare nella Perche (Francia)**

Arch. Sonia Cortesse



facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**12**

**Edificio per abitazioni ed uffici a Friburgo-Vauban Arch. Common&Gies**





**Residenza a Pullach, Tyskland**

Thomas Herzog, 1991

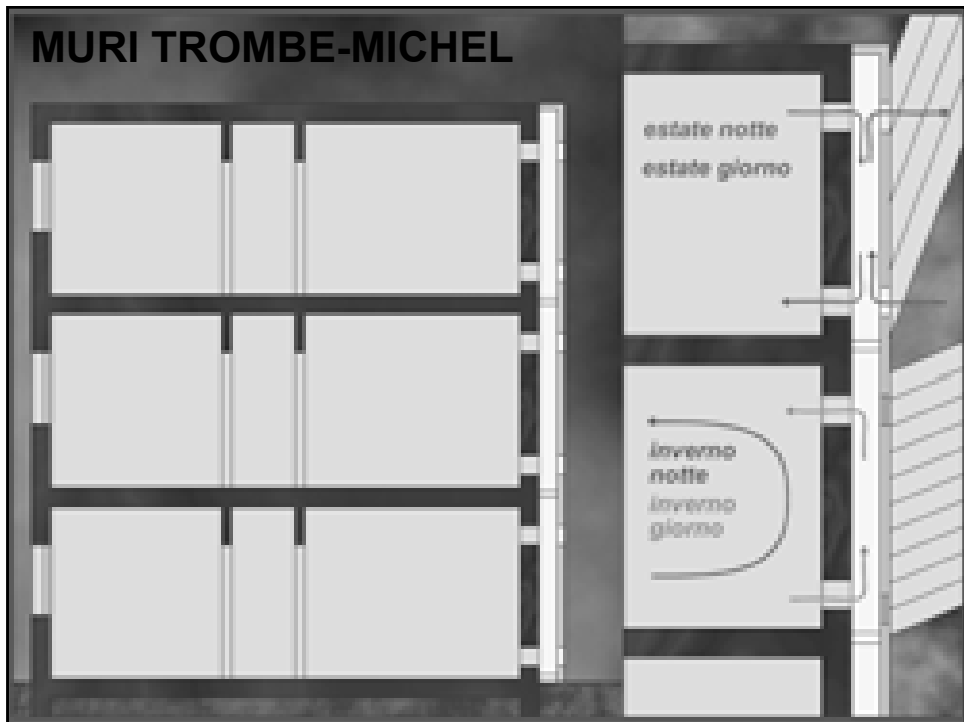
facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**13**



**Residenza a Pullach,  
Tyskland**

Thomas Herzog, 1991



facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
 corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**14**

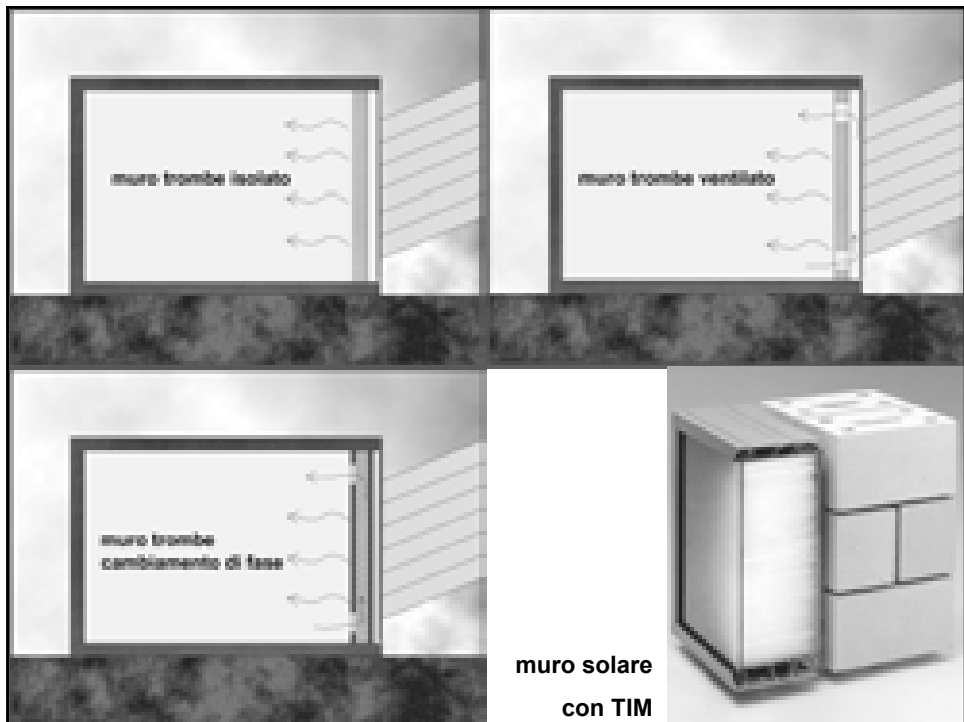
in questi sistemi porzioni murarie bene esposte alla radiazione solare e colorate in modo da favorire l'assorbimento della radiazione solare sono ricoperte da lastre di vetro parallele distanziate di pochi centimetri

oltre alla nera sono state sperimentate colorazioni blu e arancione

con l'utilizzo di una parete in cls si ha circa un ritardo di 18 minuti ogni cm di spessore; per un ritardo di 6-8 ore (idoneo per una casa d'abitazione) occorrono spessori di 20-30 cm

nei muri solari possono essere impiegati muri termici ad acqua (la capacità termica dell'acqua è superiore a quella dei materiali murari e il sistema entra prima a regime) ma con problemi diversi (impossibilità di appendere pensili, ecc., possibili perdite, ...)

esistono diversi tipi di muri Trombe-Michel



facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
 corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**15**

**alcuni dati:**

**rapporto muro solare / pavimento locale da riscaldare: da 0,33 a 0,75**

**temperatura della superficie interna del muro solare (tra vetro e muro): fino a 65 °C in una giornata assolata**

**distanza tra vetro e muro: 5 – 15 cm**

**spessore del muro: 10 - 45 cm**

**rapporto tra l'aria totale delle aperture (valvole) in alto e in basso e l'area del muro: 0,01**



**Christopher Taylor Court** Bournville, Birmingham

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**16**

**principali pregi:**

**facile ed economica  
adattabilità all'esistente**

**principali difetti:**

**aspetto estetico,  
difficoltà di manutenzione e  
pulizia,**

**possibilità di riscaldare  
ambienti subito in  
prossimità – profondità  
d'azione = 4-6 m ...**

**... a tal fine un'evoluzione:  
sistemi Barra-Costantini**



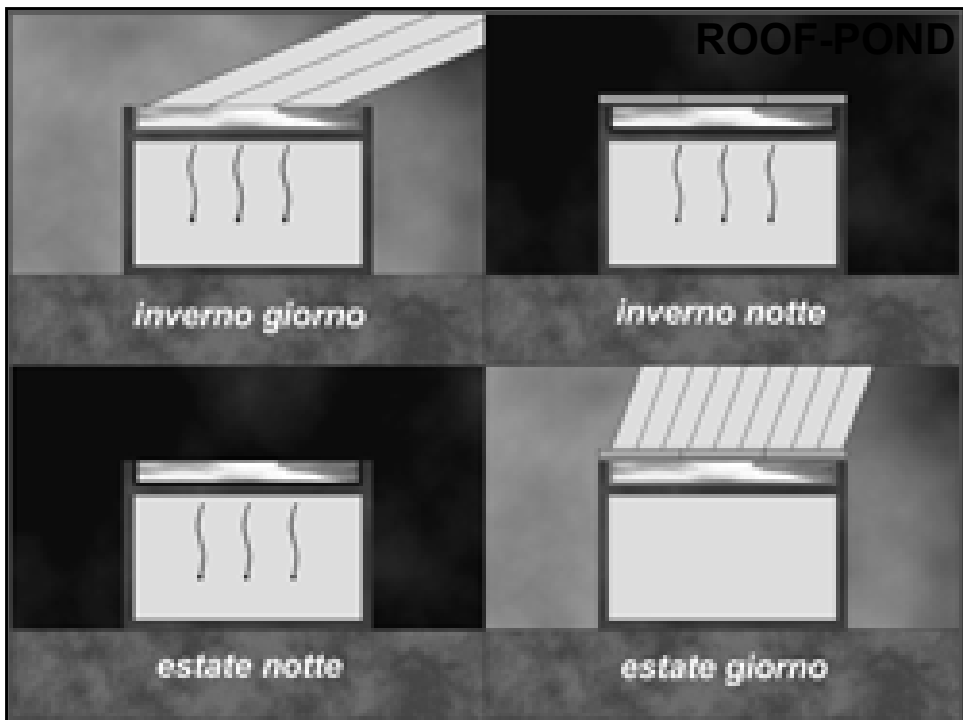
**Scuola di Mäder - Austria**





facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
 corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

17



sono costituiti da una massa termica d'acqua di spessore che va dai 15 ai 40 cm, racchiusa in sacchi di plastica sottile posti sulla copertura dell'ambiente da scaldare

tale copertura sarà di colore scuro e realizzata in materiali buoni conduttori (es. metallici, lamiere grecate, ecc.)

i roof-pond richiedono un isolamento mobile superiore che impedisce la fuoriuscita del calore in assenza di sole e il loro utilizzo anche nella stagione calda



facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**18**

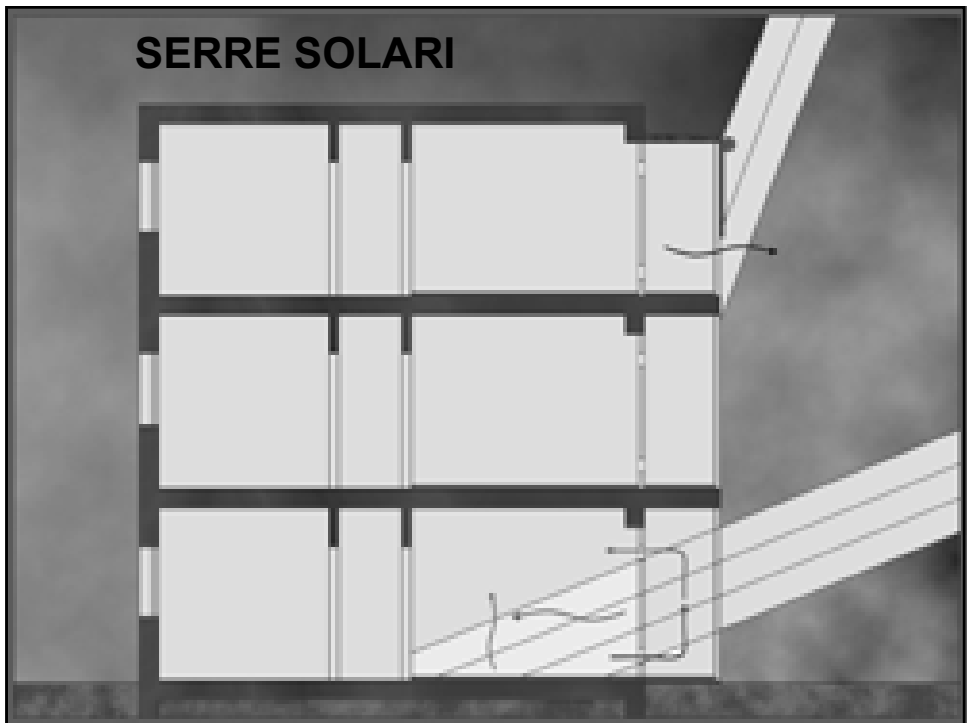
**principali pregi:**

applicabilità indipendentemente dalle condizioni di esposizione e orientamento e dalla tramezzatura interna  
climatizzazione invernale ed estiva  
temperature uniformi e sbalzi termici limitati

**principali difetti:**

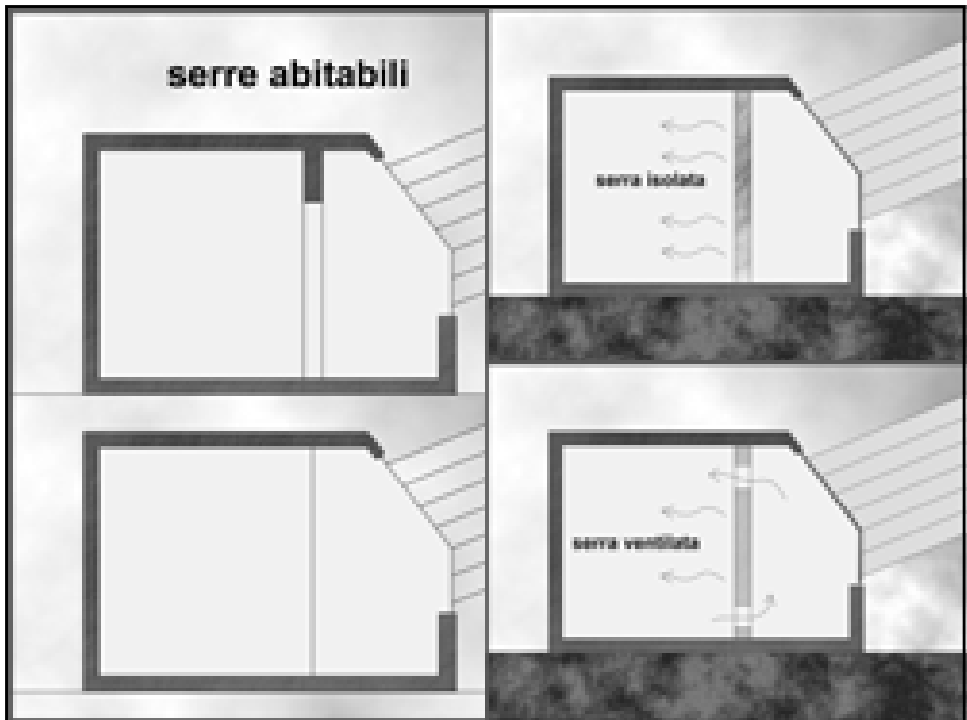
uso esclusivo agli ultimi piani,  
resistenze strutturali delle coperture elevate  
alle nostre latitudini è di gran lunga preferibile la captazione su superfici verticali





facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

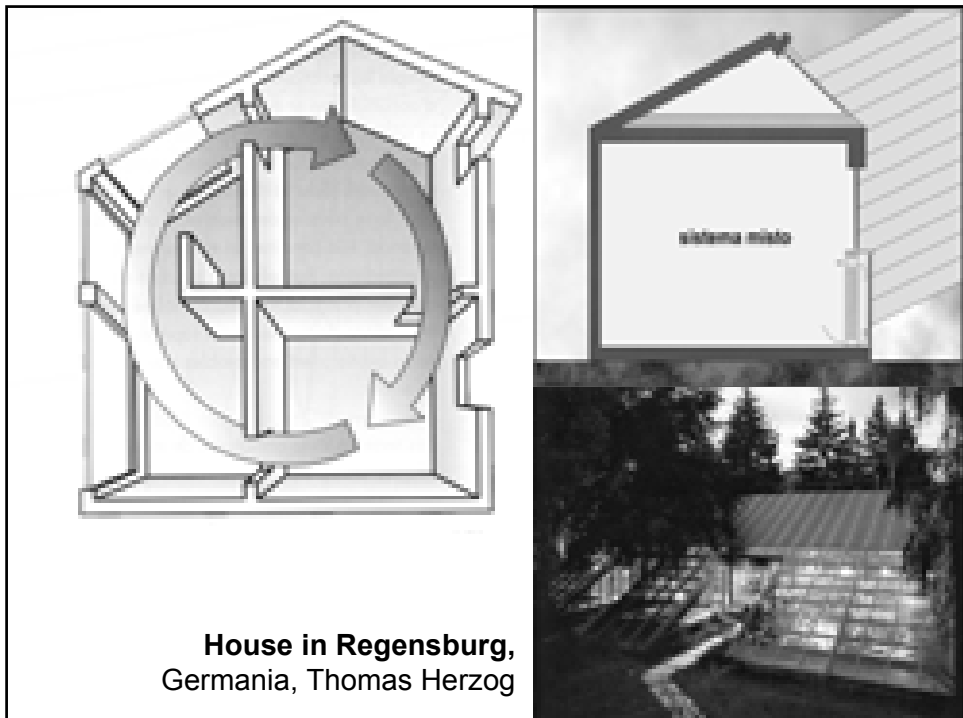
19



in dipendenza dalle loro caratteristiche specifiche le serre:  
possono utilizzare serramenti e vetri diversi (semplici, basso emissivi, doppi), diversi sistemi di accumulo termico (a pavimento, a parete, ...), diversi sistemi di regolazione (bocchette per regolare i moti convettivi sia sui divisori con lo spazio da riscaldare sia sulle vetrate della serra stessa), diversi sistemi frangisole (fissi, mobili, esterni, interni – previa apertura estiva della serra, ...),  
possono impiegare o meno sistemi di isolamento  
possono essere di varie dimensioni (per un singolo spazio, per diversi appartamenti, ecc.)  
possono integrarsi facilmente con altri sistemi ed assumere le configurazioni più diverse  
possono essere usate in facciata e in copertura

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**20**



**House in Regensburg,**  
Germania, Thomas Herzog

**alcuni dati:**

**area complessiva aperture, dalla serra verso l'interno dello spazio da scaldare, per scambi convettivi: 1/6 circa dell'aria di pavimentazione della serra**

**distanza delle aperture in alto e in basso per scambi convettivi: almeno 2 metri**

**in clima mediterraneo occorre permettere un'apertura della superficie vetrata pari almeno al 6-10% della superficie di pavimento della serra**

**temperature medie di servizio all'interno della serra d'inverno in presenza di soleggiamento: circa 30°C**

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**21**

**principali pregi:**

**le serre solari sono sistemi molto versatili e garantiscono la creazione di spazi particolari**

**possono contribuire con il loro disegno alla realizzazione di interventi ex-novo o di recupero qualificati sul piano estetico- formale**

**sono accolte con favore dagli utenti e dagli operatori di settore – a differenza di altri sistemi (come dimostrano le ricerche del 1996 di Boonstra e Vollebregt)**

**si adattano bene ad interventi sull'esistente e possono comportare riqualificazioni delle prestazioni termiche, funzionali e formali (nei recuperi sono di norma preferibili serre esterne piuttosto che a chiusura di logge o di balconi esistenti, perché altrimenti si hanno problemi di tenuta dei giunti e dispersione termica)**

**principali difetti:**

possono essere soggette ad elevati sbalzi termici, per cui occorre scegliere, a seconda dei casi, la tipologia più adatta (es. ventilata, con muratura o vetro di separazione, ...), occorre poi un'attenta progettazione delle masse d'accumulo e dei frangisole, nonché delle vetrate idonee (semplici, doppie, basso emissive),

si prestano anche ad usi non compatibili con la loro funzione termica (es. vengono arredate anche se la serra non può essere considerata come uno spazio abitabile a tutti gli effetti) per cui occorre che l'utenza sia ben informata sul loro funzionamento,

occupano volume e possono comportare riduzioni del volume edilizio vero e proprio quando mancano norme di piano e regolamenti edilizi specifici (cioè quasi sempre)

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**22**



**Schroder e Widman, complesso residenziale a Passau, 1985-89**

**serre con sistema di sfiato in facciata per distribuire il calore d'inverno e ventilare per effetto camino d'estate (con l'apertura dello sfiato)**



**Residenze a Greve,  
Danimarca**

Aude, Lundgaard,  
Rotne, Sørensen, 1985



facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**23**



**Residenza a Odense, Danimarca**

Torkild Kristensen, 1997



**Castel Eiffel, Digione**

Dubosc & Landowski, 1987



facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

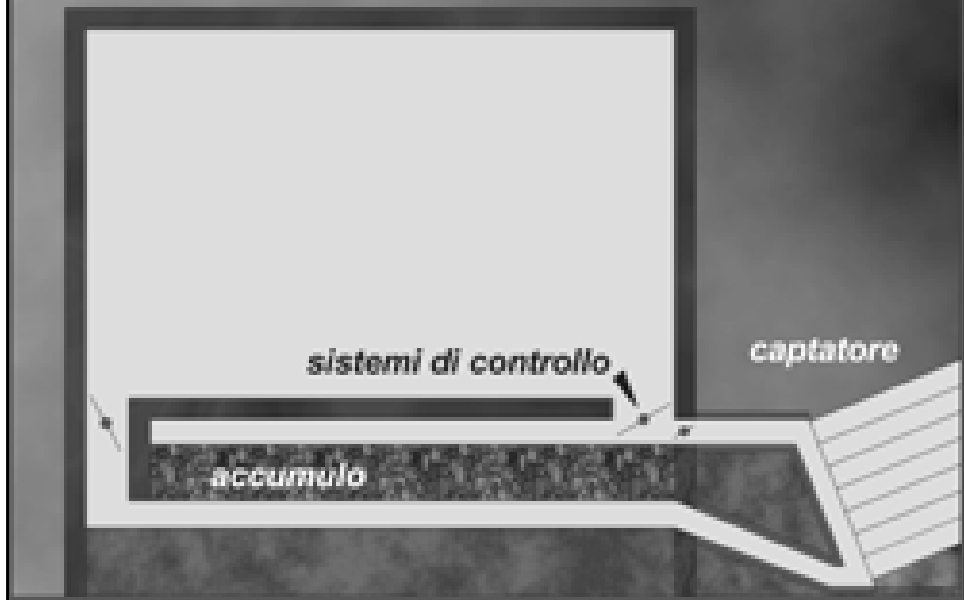
**24**



**Saturne III, Givros \_ Dubosc & Landowski, 1989**

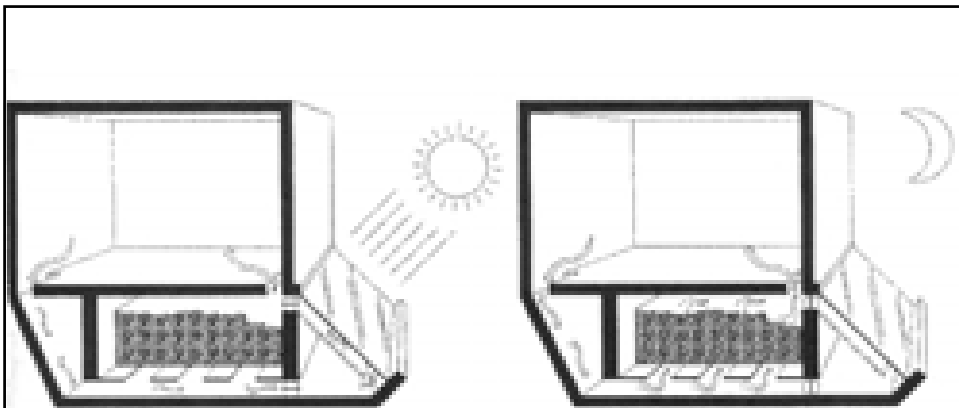


## SISTEMI A GUADAGNO ISOLATO



facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**25**



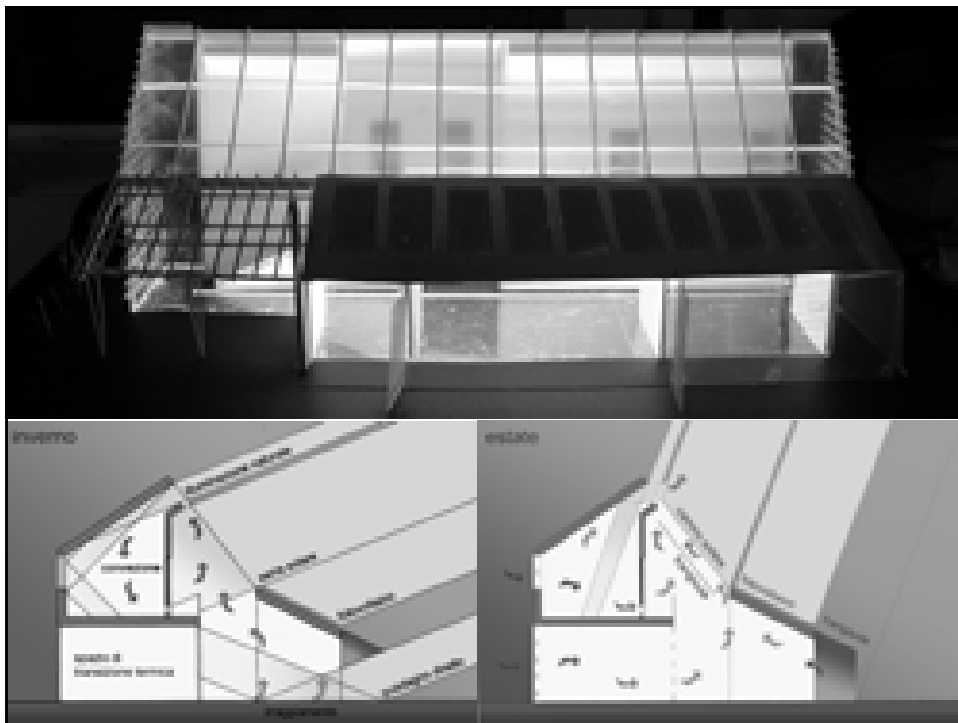
**componenti per il riscaldamento degli edifici che sfruttano l'energia del sole in modo simile a quello dei pannelli solari termici ma senza l'impiego di meccanismi per la circolazione forzata dei fluidi termovettori**

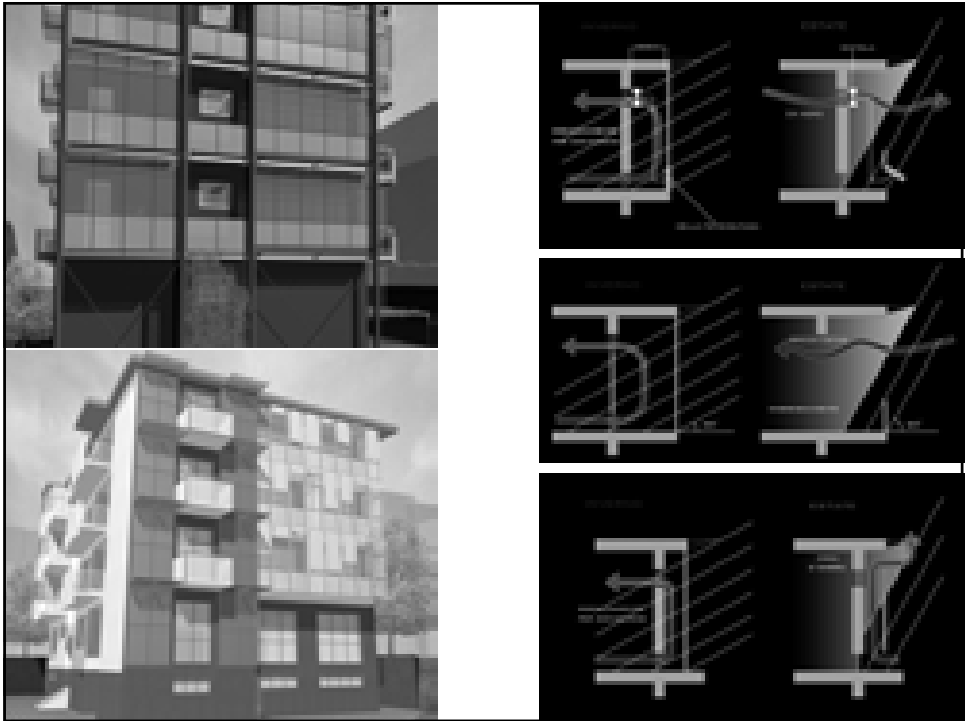
**principali pregi:**

**sono indipendenti dall'edificio, dalle sue caratteristiche di esposizione, non occupano le facciate e non condizionano le posizioni delle bucatore**

**principali difetti:**

**non sono normalmente compatibili con tipologie multipiano richiedono masse d'accumulo (in pietrisco o materiale compatto) che occupano grandi volumi e devono essere collocate sotto gli ambienti da riscaldare (con notevoli problemi per i piani alti)**





facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
 corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**28**

### **alcuni riferimenti bibliografici ...**

Achard P.Gicquel R. *European Passive Solar Handbook: Basic Principles and Concepts for Passive Solar Architecture*. Commission of the European Communities, 1986

AA.VV. *Architettura bioclimatica*. Roma, De Luca editore, 1983.

AA.VV. "Dubosc & Landowski". *Korean Architects* 148.

AA.VV. *Passive and Low Energy Architecture*. Process: Architecture 98

AA.VV. *Solar Energy in Architecture and Urban Planning. Atti della Conferenza Europea di Berlino del 26-29 marzo 1996*, Haus der Kulturen der Welt, Berlino, 1996 (in particolare: sessions 2, 6, 7, 8, 9, 10)

AA.VV. (a cura di Thomas Herzog). *Solar Energy in Architecture and Urban Planning*. Munich, Prestel, 1996.

AA.VV. *Research digest 6: Solar Architecture and Energy efficiency in Buildings*. The European Commission Directorate-General XII for Science, Research and Development, 1996.

Beim A., Larsen L., Mossin N. *Økologi og arkitektonisk Kvalitet*. Arkitektskolens Forlag, 2002.

Benedetti Cristina. *Manuale di Architettura Bioclimatica*. Rimini, Maggioli editore, 1994.

Calderaro Valerio. *Architettura solare passiva: manuale di progettazione*. Roma, Edizioni Kappa, 1981.

Colombo R., Landabaso A., Sevilla A. *Manuel de conception: architecture solaire passive pour la région méditerranéenne*. Centre Commun de Recherche. Commission Européenne.

Goulding John R. Lewis J. Owen, Steemers Theo P. *Energy in Architecture: the European Passive Solar Handbook*. Dublino, Commission of the European Communities, 1992.

Yannas Simos. *Solar Energy and Housing Design*. Volume2. DTI, 1994.

facoltà di architettura di genova\_docente\_andrea giachetta  
corso di progettazione bioclimatica - **modulo: tecnologie bioclimatiche**

**29**

Magrini A., Ena D. *Tecnologie solari attive e passive*. EPC Libri, Roma, 2002.

Mazria Edward. *Sistemi solari passivi: soluzioni per una migliore qualità ambientale degli edifici*. Padova, Franco Muzzio editore, 1990.

Sala Marco, Ceccherini Nelli Lucia. *Tecnologie solari*. Firenze, Alinea editrice, 1992.

Silvestrini Vittorio. *Metodi semplificati di calcolo per sistemi solari passivi*. sta in: AA.VV. *Architettura solare, tecnologie passive e analisi costi benefici*. Milano, CLUP, 1984.