

Strumenti

Ambiente Territorio Edilizia Urbanistica

Università degli Studi "G. D'Annunzio" - Chieti
Dipartimento di Tecnologie per l'Ambiente Costruito - DiTac

Costruzione e uso della terra


MAGGIOLI
EDITORE

a cura di
Maria Cristina Forlani



© Copyright 2001 by Maggioli Editore

Azienda con sistema qualità certificato in conformità alla normativa ISO 9001

Sede operativa

47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8

Tel. 0541/626777 • Fax 0541/622020

Internet: <http://www.maggioli.it/editore>

E-mail: servizio.clienti@maggioli.it

Sede legale

47900 Rimini • Viale Vespucci, 12/N • Casella postale 290

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione
e di adattamento, totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i paesi.

Finito di stampare nel mese di dicembre 2001
dalla Litografia Titanlito s.a.
Dogana (Repubblica di San Marino)

Indice

<i>Il Laboratorio di Costruzione dell'Architettura - Introduzione</i>	Pag.	5	3
(M.C. Forlani)			
1. La "terra" come tema della costruzione (M.C. Forlani)	»	15	
1.1. Introduzione alle "Meraviglie della costruzione di terra"			
(E. Galdieri)	»	31	
1.2. Tecniche di costruzione in Terra Cruda (B. Narici)	»	46	
1.3. Informazioni sulla produzione (R. Petruzzelli)	»	87	
2. L'uso della "terra" e le esigenze primarie della costruzione			
(M.C. Forlani)	»	103	
2.1. Terra: tecniche costruttive e caratteristiche meccaniche del			
materiale e delle strutture			
(S. Briccoli Bati)	»	119	
2.2. Argomenti del modulo di impianti tecnici			
(P. Zazzini)	»	159	
2.3. La serra abitabile (M.M. Lepore)	»	173	
3. L'uso della "terra" e alcune problematiche relative alla rea-			
lizzazione e alla gestione (M.C. Forlani)	»	201	
3.1. Costruire in terra cruda: apporti storici (C. Cacciavillani)	»	211	
3.2. Gli strumenti capitolari per le costruzioni in terra cruda			
(D. Radogna)	»	219	
3.3. La durata e la manutenzione degli edifici in terra (M. Di Sivo)	»	229	
4. Progetto e costruzione in terra cruda			
(M.C. Forlani)	»	245	
4.1. Il restauro della Casa Pinariaga nel centro Navapalos			
(E. Rohmer)	»	291	
4.2. Normativa, tecnologia e progetti per la costruzione in terra			
cruda in Germania (H. Schroeder)	»	299	
4.3. Cantieri e nuove architetture in terra cruda in Europa			
(M. Rauch)	»	307	
4.4. La situazione in Abruzzo: attualità e prospettive			
(G. Conti)	»	321	
5. I "prodotti" del Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1			
(M.C. Forlani)	»	333	
<i>Gli Autori</i>	»	353	

2.3. La serra abitabile

Michele M. Lepore

Una delle più interessanti tecniche per lo sfruttamento "passivo" dell'energia solare per il riscaldamento invernale nell'edilizia è quella della realizzazione di una "serra aggiunta". Ciò si ottiene addossando ad una parete dell'edificio una struttura trasparente in modo tale da produrre un "effetto serra", il cui principio fisico richiameremo più avanti.

Quando parliamo di "serre aggiunte", "serre o verande solari" applicate agli edifici, ci riferiamo a "spazi-tampone", realizzati separando parti dell'involucro dall'ambiente esterno mediante superfici trasparenti. Questi spazi hanno la caratteristica di essere praticabili ma di non essere termicamente controllati. L'andamento della temperatura dell'aria in questi spazi dipende dalle condizioni esterne, di temperatura e di radiazione, dall'orientamento, dalle dimensioni, dalle caratteristiche sia della superficie trasparente, sia da quelle della parete cui sono addossati, del pavimento, ecc. La funzione di questi componenti è duplice. Da un lato riducono le dispersioni di calore attraverso la parete alla quale sono addossati, dall'altro svolgono una funzione di captazione della radiazione solare.

Nelle serre aggiunte, la parete del locale presenta solitamente aperture e superfici trasparenti tali da permettere allo spazio interno di guadagnare calore sia direttamente che indirettamente. Nelle ore diurne dei periodi freddi, la radiazione solare che penetra attraverso la superficie trasparente della serra incide, per una parte, sul pavimento di questa e sulla parete divisoria, ed in parte penetra nello spazio abitato e controllato, attraverso le aperture (porte) e le superfici, trasparenti. La parte assorbita dal pavimento si accumula nella massa del pavimento stesso, quindi scalda l'aria nella serra per convezione. Anche la parete divisoria svolge la stessa funzione e, se non è isolata, costituisce un accumulo direttamente in contatto con l'am-



Fig. 1

Serra addossata in una casa di campagna inglese (immagine riprodotta dagli studenti)

biente interno. La parte di radiazione che penetra direttamente nello spazio interno, invece, costituisce un guadagno solare diretto.

L'aria calda della serra può essere fatta penetrare nello spazio interno per via naturale o forzata, il che richiama una equivalente portata di aria dallo spazio interno verso la serra. Nelle ore in cui la temperatura dell'aria nella serra sia inferiore a quella interna (ore notturne o di scarsa insolazione), questo meccanismo deve essere inibito per impedire di raffreddare l'aria del locale invece di riscaldarla.

L'ampliamento dello spazio abitato

Le possibili utilizzazioni dello spazio "serra" dipendono dai fattori seguenti:

- dalla decisione principale da parte degli abitanti sull'uso previsto (serra, ampliamento dello



Fig. 2
Spazio serra a doppia altezza,
utilizzato come ampliamento
del soggiorno-pranzo.
 (immagine tratta dai lavori degli
 studenti)

spazio abitabile, mezzo per risparmiare energia);

- dalla struttura familiare degli abitanti (bambini, durata della presenza degli abitanti in casa);
- dalle possibilità di accesso dalla struttura vetrata ai singoli ambienti dell'abitazione;
- dal comfort termico reale della costruzione.

Possiamo individuare differenti usi:

Utilizzazione temporanea

Per utilizzazione temporanea s'intende quella di durata limitata nel tempo che richiede temperature più o meno costanti.

A seconda della temperatura esterna si sfrutta la serra di più o di meno ampliando così lo spazio abitabile:

- serre, utilizzazione principale come ambiente aggiuntivo abitabile d'estate e nella media stagione;
- zona di giochi, utilizzazione in tutte le stagioni soltanto con poche limitazioni perché data l'intensa attività sviluppata giocando bastano valori di comfort inferiori (zona di giochi protetta contro le intemperie);
- cucina (nei mesi estivi);
- zona di lavoro, hobby;
- zona notte, si tratta di un'utilizzazione insolita ma gradevole soprattutto d'estate.

Utilizzazione permanente

Per utilizzazione permanente dell'ambiente s'intende quella che non richiede temperature costanti e perciò questo ambiente rappresenta un vero e proprio ampliamento dello spazio abitabile durante tutto l'anno:

- ripostiglio - guardaroba;
- serra (in senso proprio, per la coltivazione di piante);
- luogo di riparo per animali domestici.

Utilizzazioni sporadiche

S'intendono quelle utilizzazioni che debbono soddisfare un bisogno temporaneo. Non si richiedono temperature costanti. Quest'ambiente vetrato serve come spazio addizionale per usi specifici, ma anche come spazio che collega gli ambienti interni e esterni:

- protezione dal vento;
- zona di accesso e/o di distribuzione agli ambienti della casa;
- collegamenti verticali;
- stenditoio.

Le varie utilizzazioni indicate si distinguono per durata e frequenza. Si è rilevato che nonostante i livelli di temperatura variabili, dipendenti dal clima, e nonostante la funzione della serra di connessione tra esterno ed interno (passaggio/accesso), la serra viene utilizzata in primo luogo come temporanea stanza di soggiorno, accogliendone tutte le rispettive funzioni. Per molte famiglie la serra rappresenta non solo un ampliamento della zona di soggiorno, ma spesso lo sostituisce per tutto il periodo dell'anno che va dalla primavera all'autunno.

Il risparmio di energia e lo sfruttamento dell'energia solare

Ogni struttura vetrata influenza il bilancio ener-

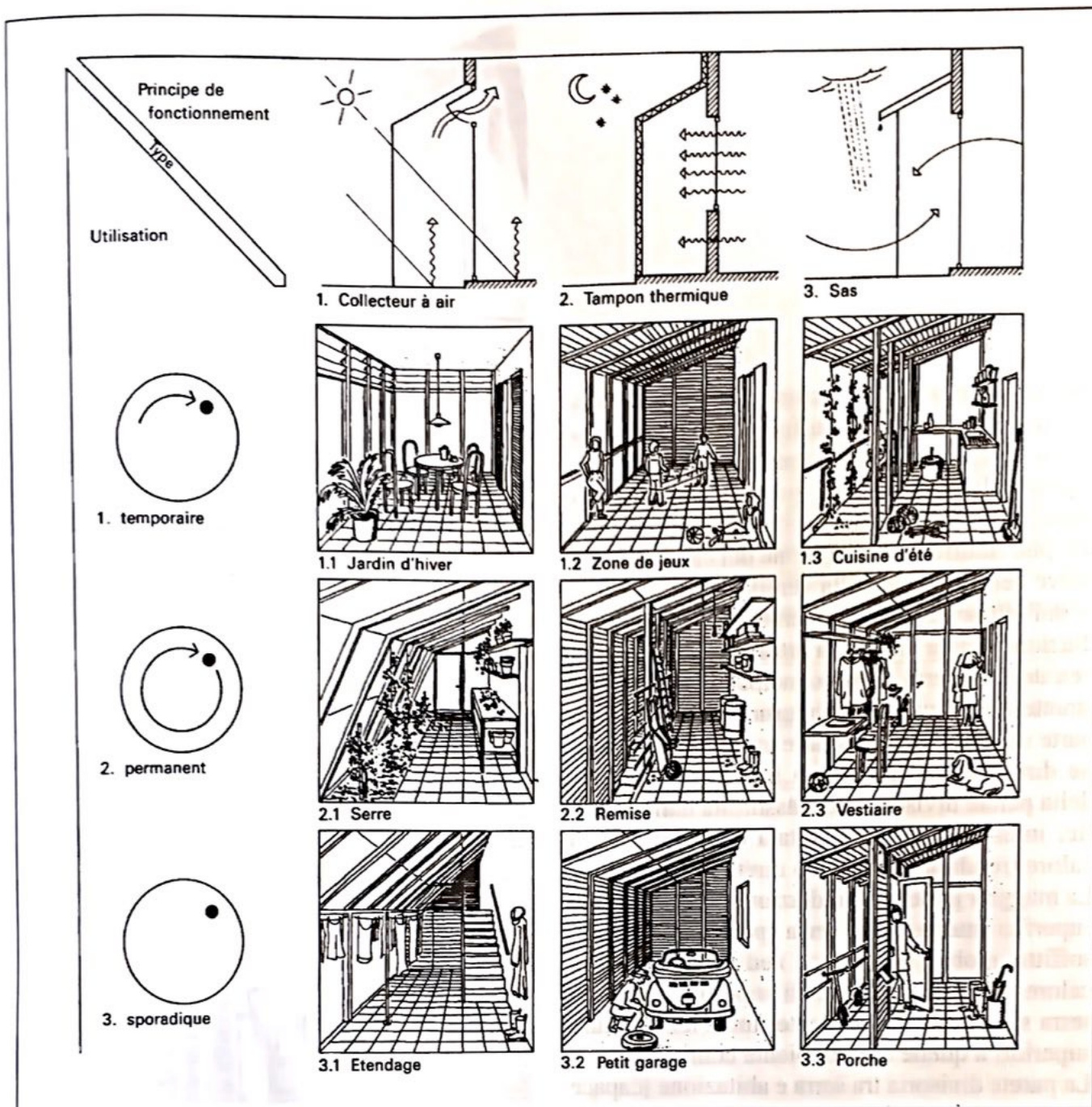


Fig. 3

Rapporto tra utilizzazione dello spazio e funzionamento energetico.

da: T. Herzog - J. Natterer, *Habiller de bois et de verre*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Losanna, 1984.

getico della casa. Lo sfruttamento dell'energia solare può portare a una considerevole riduzione del consumo di energia convenzionale.

Il riscaldamento con sistemi passivi richiede però più decisioni e controllo rispetto al riscaldamento convenzionale di un'abitazione. Nelle case con una combinazione di sistema solare passivo e uno o due sistemi supplementari di riscaldamento, si deve rivolgere più attenzione alle condizioni climatiche. Le decisioni (riscaldare o no) basate sulle condizioni atmosferiche della mattina, una volta prese, poi, spesso non possono essere cambiate. Ciò può ridurre il risparmio attraverso il

sistema solare e può addirittura portare a perdite energetiche. I principali processi di regolazione si possono comunque automatizzare (ventilazione/ombreggiamento), in modo da garantire il condizionamento ottimale dell'aria della serra, senza che si renda necessaria la costante presenza degli abitanti. Il rendimento energetico della serra dipende da due fattori:

- dal miglioramento dell'isolamento termico della parete esterna perché la serra rappresenta uno spazio non riscaldato che funziona come uno spazio tampone dal punto di vista termico. Si risparmia energia perché la differenza fra la tempera-

tura all'interno dell'abitazione e quella nella serra è minore rispetto alla differenza di temperatura fra la serra e lo spazio aperto, effetto che non dipende dalla radiazione solare o dall'orientamento della costruzione. La struttura vetrata, inoltre, può ridurre la trasmissione del calore e le relative perdite dovute alla ventilazione;

- dall'aumento della temperatura dovuto alla radiazione solare che entra attraverso le superfici vetrate della serra. Ci sono metodi diversi per trasmettere quel calore all'interno della casa. Una parte della radiazione solare entra nell'abitazione direttamente attraverso le superfici vetrate della parete divisoria, ed è assorbita dalle superfici interne della zona abitata e trasformata in calore (rendimento termico diretto).

La maggior parte della radiazione però arriva alle superfici interne della serra (pareti, pavimento, soffitto, mobili, piante, ecc.) ed è trasformata in calore. A causa delle grandi superfici vetrate la serra si riscalda rapidamente fino a temperature superiori a quelle dell'ambiente confinante.

La parete divisoria tra serra e abitazione (capace di accumulare il calore) trasmette il calore all'abitazione (rendimento termico indiretto). Eventuali superfici scure aumentano le temperature superficiali della parete incrementando così la trasmissione del calore. Inoltre, il calore accumulatosi nella serra raggiunge l'interno dell'abitazione mediante la convezione (rendimento termico isolato). Se le porte e le finestre che danno sulla serra vengono aperte quando la temperatura della serra è superiore a quella dell'abitazione si può ottimamente sfruttare l'energia solare ai fini del riscaldamento degli ambienti.

In caso di convezione naturale insufficiente o scarsa presenza degli abitanti, è raccomandabile l'installazione di un impianto meccanico di ventilazione che è regolato dalla differenza di temperatura tra la serra e la casa e che introduce l'aria calda nelle camere che si trovano verso nord.

Nelle serre l'efficienza dell'energia termica solare è inferiore a quella della radiazione diretta



Fig. 4

Tipica serra addossata con funzione prevalente di captazione dell'energia solare.

da: *depliant Schüco International Italia srl*, Sarmeola, Padova

in caso di grandi finestre (guadagno diretto) perché una parte dell'energia addizionale dovuta alle superfici vetrate viene perduta. Però le finestre solari, se non associate ad una massa termica adeguata, spesso portano al rapido surriscaldamento dell'ambiente, non producendo quel ritardo vantaggioso nel riscaldamento. È,

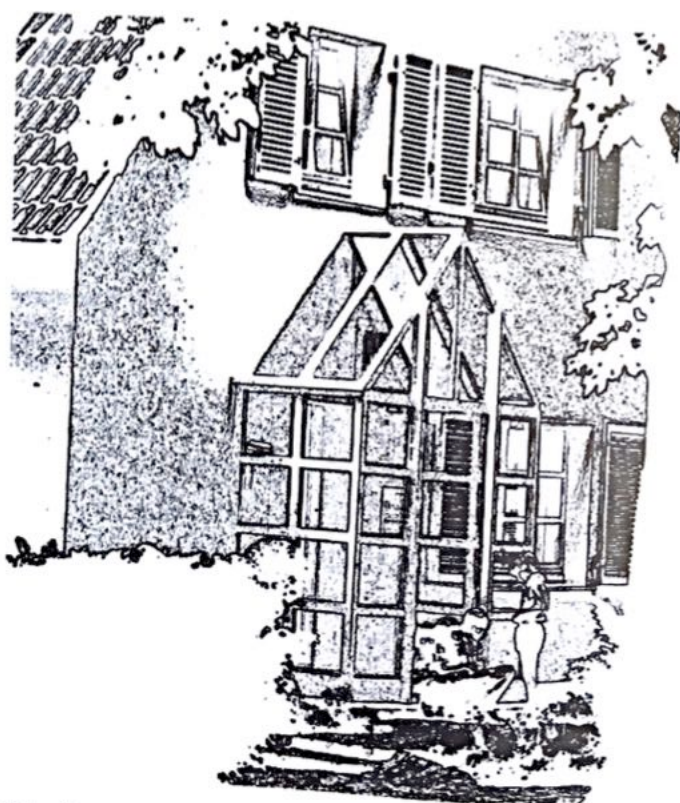


Fig. 5

Serra addossata utilizzata come spazio tampone a protezione dell'ingresso. (disegno degli studenti)

comunque, raccomandabile lo sfruttamento contemporaneo di ambedue i sistemi solari. Con i sistemi misti si può considerevolmente aumentare il rendimento termico nella trasformazione dell'energia solare.

Il ruolo degli abitanti riguardo all'efficienza del sistema solare "serra" è importante ma non può

essere espresso in cifre. Si può progettare una serra energeticamente efficiente, ma il reale risparmio energetico non dipende solamente dalle soluzioni tecniche adottate, bensì anche dal comportamento degli abitanti. Se questi lasciano aperta la porta tra l'alloggio e la serra, per lunghi periodi durante la stagione di riscaldamento

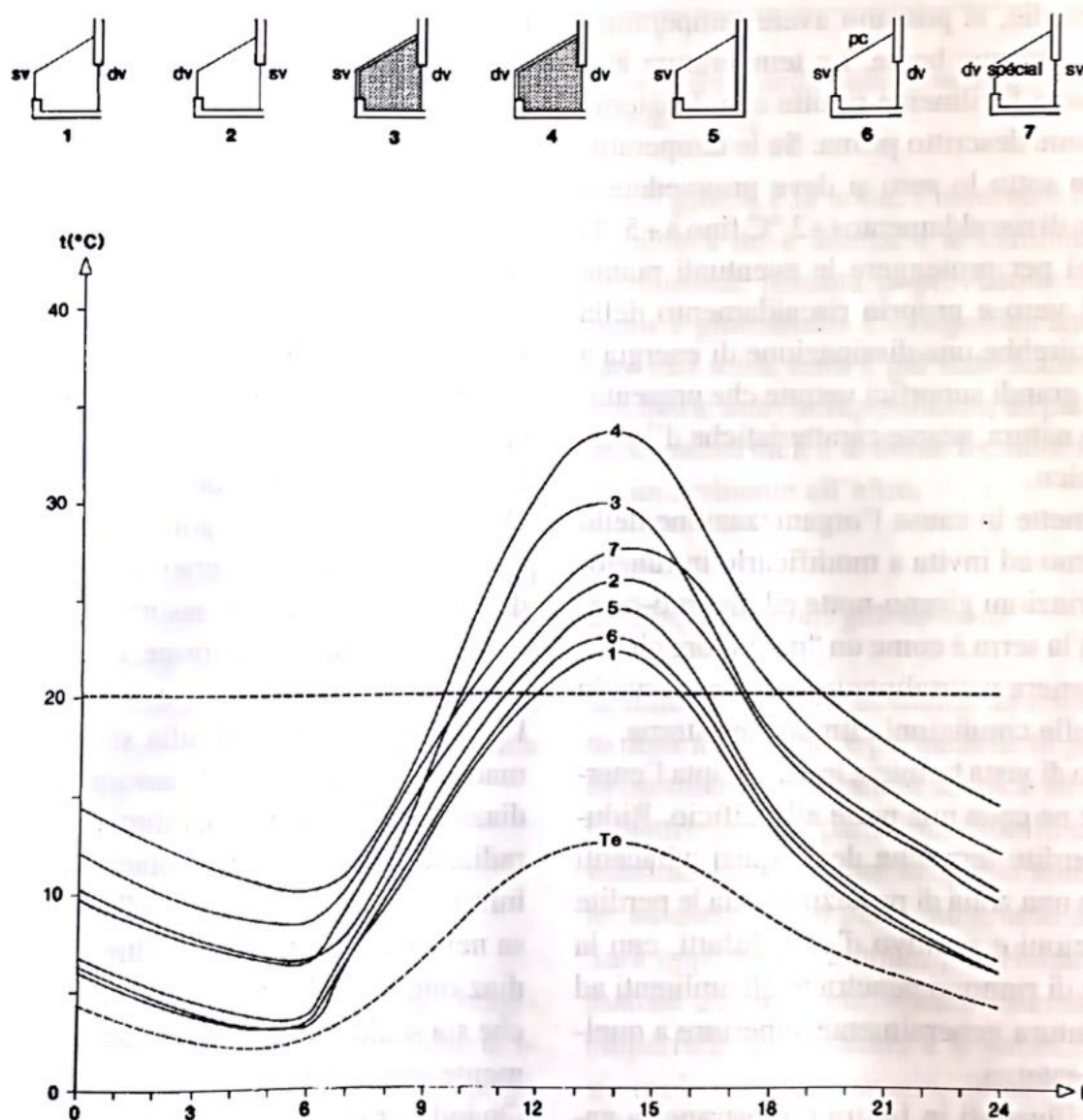


Fig. 6

Variation of internal temperature at varying the material of covering and the separating walls with the building.

mento o usano la serra come una ulteriore stanza e la riscaldano artificialmente, i consumi energetici possono di fatto aumentare invece che diminuire.

Ci sono, infatti, due obiettivi quasi opposti: abitabilità (temperatura di comfort) e rendimento energetico maggiore possibile. Chi vuole massimizzare lo sfruttamento dell'energia solare deve accettare che, soprattutto d'inverno e nelle stagioni intermedie, si possano avere temperature troppo alte o troppo basse. Le temperature alte possono essere facilmente ridotte con il sistema di ventilazione descritto prima. Se le temperature scendono sotto lo zero si deve provvedere a qualche tipo di riscaldamento ($+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ fino a $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ al massimo) per proteggere le eventuali piante dal gelo. Il vero e proprio riscaldamento della serra costituirebbe una dissipazione di energia a causa delle grandi superfici vetrate che presentano, per loro natura, scarse caratteristiche d'isolamento termico.

La serra rimette in causa l'organizzazione dello spazio interno ed invita a modificarlo in funzione delle variazioni giorno-notte ed inverno-estate. In effetti la serra è come un "mediatore climatico" che genera naturalmente un microclima in funzione delle condizioni climatiche esterne.

Da un punto di vista termico, la serra capta l'energia solare e ne cede una parte all'edificio. Riduce sia le perdite termiche degli spazi adiacenti costituendo una zona di protezione, sia le perdite per infiltrazioni e rinnovo d'aria. Infatti, con la serra, l'aria di rinnovo penetra negli ambienti ad una temperatura generalmente superiore a quella dell'aria esterna.

Gli esempi illustrati in figura 6 mostrano la variazione di temperatura interna e i tempi di occupazione per una serie di serre con la stessa configurazione ma differenti per materiali della

copertura e delle pareti di separazione.

Questi valori corrispondono alla seguente ipotesi: serra orientata a sud, il 15 marzo, con un cielo sereno ed un vento di 4 m/s . Questa serra non è riscaldata, ha una superficie di 10 m^2 ed un volume di 25 m^3 . Il tasso di ventilazione è di 0.7 v/h . È addossata ad una abitazione di 200 m^2 (450 m^3) riscaldati, che presentano 15 m^2 di vetratura a sud, 10 m^2 ad est, 10 m^2 ad ovest, e 5 m^2 a nord. La temperatura media è di $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante le 24 ore del giorno, il coefficiente di trasmissione termica è $0.4\text{ W/m}^2\text{K}$ per le pareti, e $2.9\text{ W/m}^2\text{K}$ per i doppi vetri.

L'effetto serra

Dal punto di vista energetico, le prestazioni della serra connessa ad un edificio si basano sul principio termico dell'*effetto serra*.

L'effetto serra deriva da un processo a tre fasi. Quando la radiazione solare a corta lunghezza d'onda penetra attraverso un vetro all'interno degli ambienti, viene assorbita dagli elementi solidi ed opachi che colpisce, e riemessa con lunghezza d'onda lunga alla quale il vetro è opaco. L'effetto serra si basa sulla selettività di alcuni materiali in rapporto all'assorbimento della radiazione solare. Il vetro, infatti, è trasparente alla radiazione dello spettro solare (visibile e vicino infrarosso), mentre è opaco alla radiazione emessa nel lontano infrarosso (oltre i $2.5\text{ }\mu$). Tale radiazione è quella emessa da un qualunque corpo che sia scaldato a bassa temperatura o semplicemente esposto al sole.

Quando i raggi solari colpiscono la vetratura, la maggior parte della radiazione visibile e parte di quella infrarossa viene trasmessa e quindi viene assorbita dalle pareti, il pavimento ed altri og-

getti solidi che, scaldandosi, riemettono radiazione termica infrarossa (a lunga lunghezza d'onda) in ogni direzione. Quando questa colpisce nuovamente il vetro, parte viene riflessa e la restante parte viene assorbita dal vetro stesso. L'energia assorbita, a questo punto, viene riemessa da entrambi i lati del vetro. Così il calore emesso dagli oggetti esposti al sole, all'interno di un involucro vetrato, viene intercettato ed assorbito dalla superficie vetrata che una volta scaldata riemette radiazione infrarossa metà verso l'esterno e metà verso l'interno. Lo spazio protetto tenderà quindi ad accumulare calore portandosi ad una temperatura più alta di quello esterno, fenomeno conosciuto come "effetto serra".

L'innalzamento della temperatura dello spazio protetto è comunque dovuto anche ad un altro motivo: l'eliminazione da parte della vetratura della convezione dell'aria dal suolo all'atmosfera.

L'effetto serra viene esaltato se il vetro è internamente reso riflettente (e non semplicemente opaco) alla radiazione infrarossa, come accade nei vetri cosiddetti "bassoemissivi", che sono trattati nella faccia interna con ossidi metalli per riflettere la radiazione infrarossa senza che ne sia alterata, in modo apprezzabile, la trasparenza alla radiazione visibile.

La serra, elemento variabile con il sole

L'involucro di un edificio è come la pelle: reagisce costantemente alle variazioni termiche dell'ambiente esterno. Una modifica della pelle modifica lo scambio termico. Bisogna restituire all'involucro la sua dinamicità, considerando che questo è il luogo degli scambi d'informazione tra l'interno e le condizioni climatiche esterne.

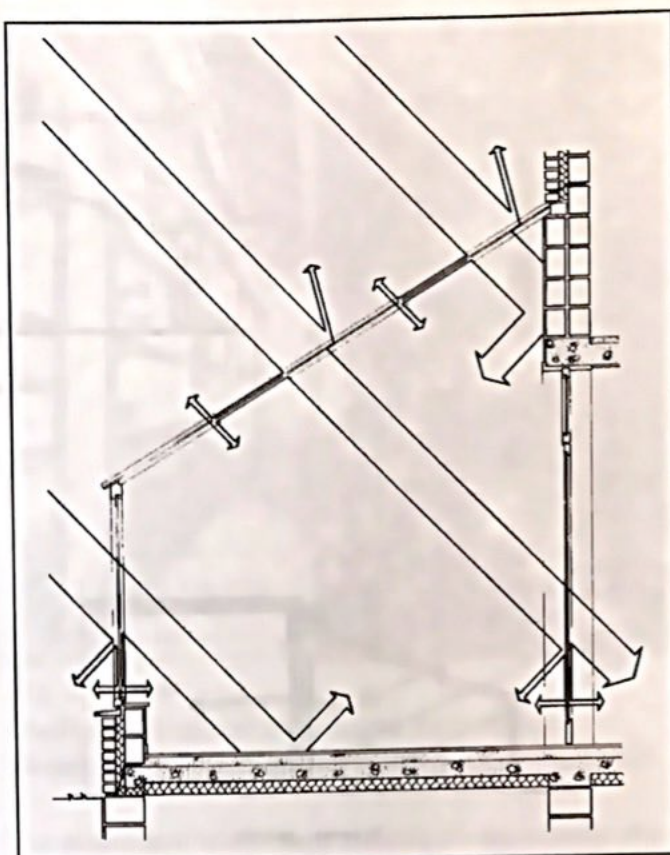


Fig. 7
Penetrazione della radiazione solare nella serra (effetto serra).

Tra il giorno e la notte, l'inverno e l'estate, l'architettura deve adattarsi al cambiamento, cioè deve essere pensata in previsione del ciclo annuale e giornaliero. Ciò significa anche che abitare una serra, com'è già stato accennato prima, comporta una consapevolezza, da parte dell'utente, di questi cicli e di come il calore si trasferisce da un ambiente all'altro.

Le trasformazioni giorno-notte

Si tratta di rendere il volume da riscaldare isolato durante la notte, e permeabile di giorno al fine di ottimizzare il bilancio termico su tutte le ventiquattro ore. Le partizioni mobili, che hanno la funzione di delimitare lo spazio abitabile di notte, saranno quindi parte integrante del progetto. Sarà opportuno, dunque, posizionare tali schermature tra la parete vetrata esterna della serra (superficie disperdente) e le pareti divisorie poste tra la serra e lo spazio abitabile interno. Tali schermature dovranno funzionare come isolamento mobile per limitare le dispersioni che si realizzano in base ai tre tipi di scambio termico: convezione, conduzione e irraggiamento.

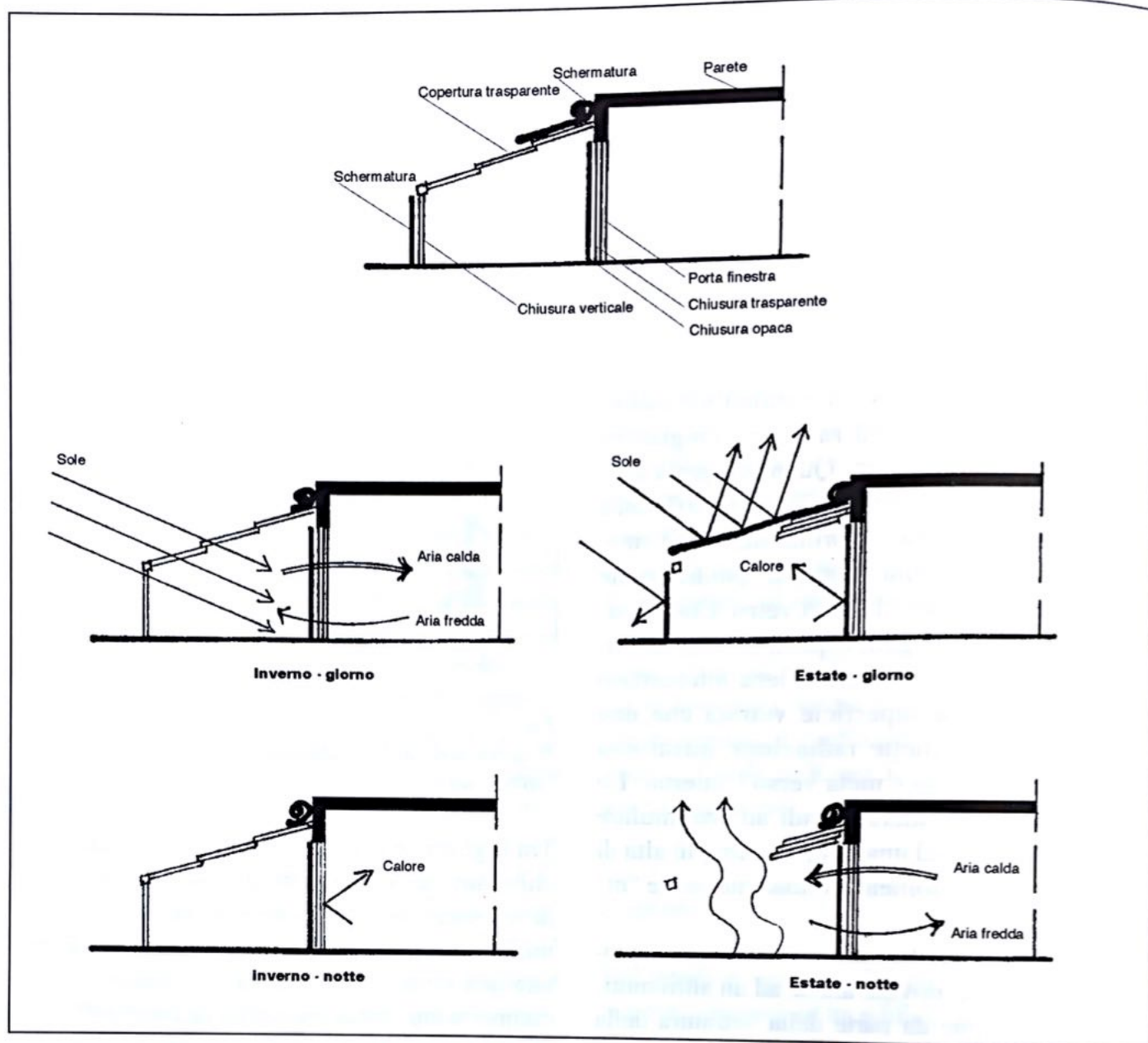


Fig. 8
Configurazioni estate-inverno, giorno-notte.
(disegno degli studenti)

Le trasformazioni estate-inverno

Le trasformazioni estate-inverno sono fondamentali per assicurare il comfort durante tutto l'anno.

Durante l'estate è prioritario proteggere la serra dall'irraggiamento solare, diretto e diffuso. Infatti, in questa stagione non è sufficiente schermare la serra dal solo irraggiamento diretto, poiché a causa delle condizioni del cielo spesso sereno, la radiazione riflessa dall'ambiente circostante (albedo) causa un forte irraggiamento diffuso. Si rende quindi necessario prevedere comunque un sistema di evacuazione dell'aria calda in eccesso, a meno che il tutto sia reso superfluo dallo smon-

taggio completo della serra, la qual cosa non sempre è compatibile con il suo utilizzo reale.

Configurazione invernale

Durante la stagione invernale (sottoriscaldamento), il sole penetra nella serra attraverso la superficie trasparente esposta a sud, è assorbita dagli elementi che si trovano all'interno della serra ed è convertita in calore. Questo processo è lo stesso per ogni tipo di serra addossata. Solamente nelle fasi successive (accumulo, distribuzione e controllo) ci possono essere delle differenze a seconda dei sistemi adottati.

Configurazione estiva

Durante la stagione estiva (sovrariscaldamento), la serra può facilmente surriscaldarsi. Perciò le superfici captanti dovranno essere ben schermate dalla radiazione solare. Alberi a foglia caduca od altri tipi di piante possono essere utilizzati al pari di altri elementi dell'edificio, come aggetti, persiane e frangisole. L'isolamento termico mobile, se previsto, può essere utilizzato con la doppia funzione di isolamento e di schermatura solare. Inoltre la serra deve essere opportunamente ventilata attraverso aperture collocate sia nella parte inferiore che superiore della serra per innescare i moti convettivi naturali. In caso di venti prevalenti le aperture basse, di ingresso dell'aria, dovrebbero essere collocate sul lato esposto al vento. Per ridurre le infiltrazioni d'aria dalla battuta delle chiusure mobili, è preferibile prevedere poche grandi aperture piuttosto che una serie di piccole aperture.

L'accumulo termico

A causa della differente distribuzione, nell'arco delle ventiquattro ore, della disponibilità di energia solare e dell'esigenza di calore, diventa fondamentale poter accumulare l'energia disponibile di giorno per poterla utilizzare anche di notte. Tale accumulo permetterebbe, inoltre, di smorzare i picchi nel periodo disponibilità in eccesso rispetto alla richiesta di calore (inerzia termica). Esistono diversi modi di realizzare l'accumulo, che comunque si configura come elemento fondamentale della concezione generale della serra, dal quale dipende non solo l'efficacia complessiva del sistema, ma soprattutto il livello di comfort ottenibile.

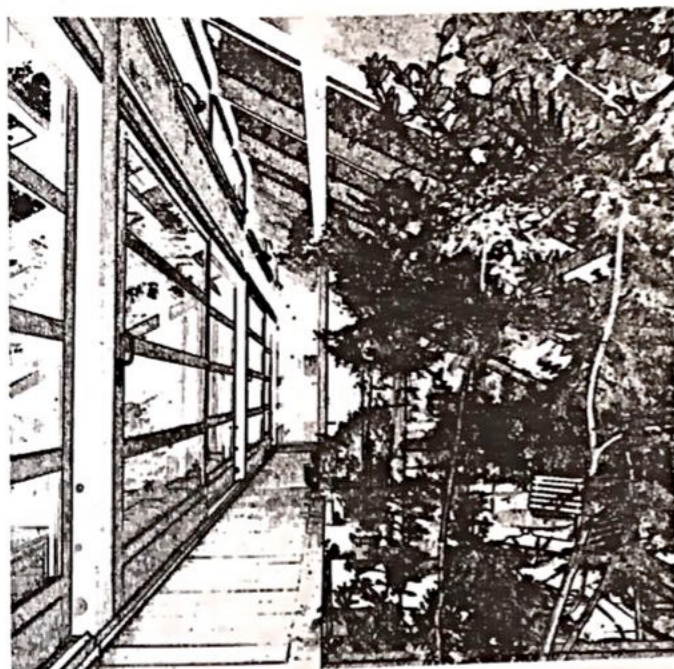


Fig. 9

Qualità dello spazio in una casa progettata da Thomas Herzog in Francia. (disegno degli studenti)

Pur potendosi realizzare sistemi di accumulo che fanno uso di apparecchiature meccaniche (sistemi attivi), la serra per sua natura è adatta ad essere associata a sistemi di accumulo passivo, il cui funzionamento dipende sia dalla scelta del materiale utilizzato come accumulatore, sia dalla sua collocazione ed il suo dimensionamento.

Opportunamente gestita, anche la massa termica all'interno della serra può contribuire al raffrescamento del sistema. Infatti se, con opportune aperture, nelle fresche notti estive si permette il passaggio dell'aria sulla massa termica della serra, questa scaricherà parte del calore accumulato. Se si scherma tale massa dai raggi solari durante il giorno, parte del calore prodotto nella serra verrà assorbito e non andrà ad innalzare la temperatura dell'aria, con vantaggio della serra stessa e degli ambienti adiacenti. Il calore assorbito dalla massa termica verrà dissipato durante la notte, completando così il ciclo giornaliero. Le aperture posizionate tra la serra e gli ambienti adiacenti permetteranno di migliorare l'effetto raffrescante coinvolgendo anche tali ambienti nella circolazione dell'aria notturna.

La serra come generatore di calore

La funzione di captazione dell'energia solare è assolta dalla serra sia per se stessa e in particola-

182 re nel caso di una serra addossata, per lo spazio adiacente.

La quantità di energia disponibile deriva dalla quantità di energia che riesce ad entrare all'interno della superficie vetrata meno la quantità di energia dissipata per conduzione, convezione, irraggiamento e per infiltrazioni d'aria verso l'ambiente esterno.

Tali perdite sono proporzionali alla differenza di temperatura tra l'esterno e l'interno della serra, alla resistenza termica delle pareti esterne ed al controllo delle infiltrazioni d'aria. È evidente quindi che, fatto tutto il possibile per aumentare la quantità di energia captata, bisogna ridurre al minimo le perdite termiche, al fine di ottenere un soddisfacente bilancio energetico.

La serra stessa è contemporaneamente un luogo per vivere e la sovrapposizione della funzione di captazione della radiazione solare e di quella abitabile impone uno studio attento della distribuzione del calore al suo interno. Il calore può prender vie diverse sia nel tempo che nello spazio. Il suo apporto può essere istantaneo o ritardato perché accumulato nelle pareti od evacuato. I primi due casi derivano dal modo di propagazione naturale del calore. La concezione di una serra bioclimatica si fonda sul controllo di questi differenti modi di propagazione per creare il comfort termico necessario.

La concezione di una serra non si limita all'ottimizzazione degli scambi termici. La conoscenza dei principi fisici relativi agli scambi termici permette solo di valutare le implicazioni termiche delle scelte architettoniche.

L'efficienza di questo sistema di captazione della radiazione solare dipende dalla sua geometria, dalle caratteristiche della vetratura (per esempio la percentuale di vetratura e le caratteristiche ottiche del vetro stesso) e da quelle degli elementi

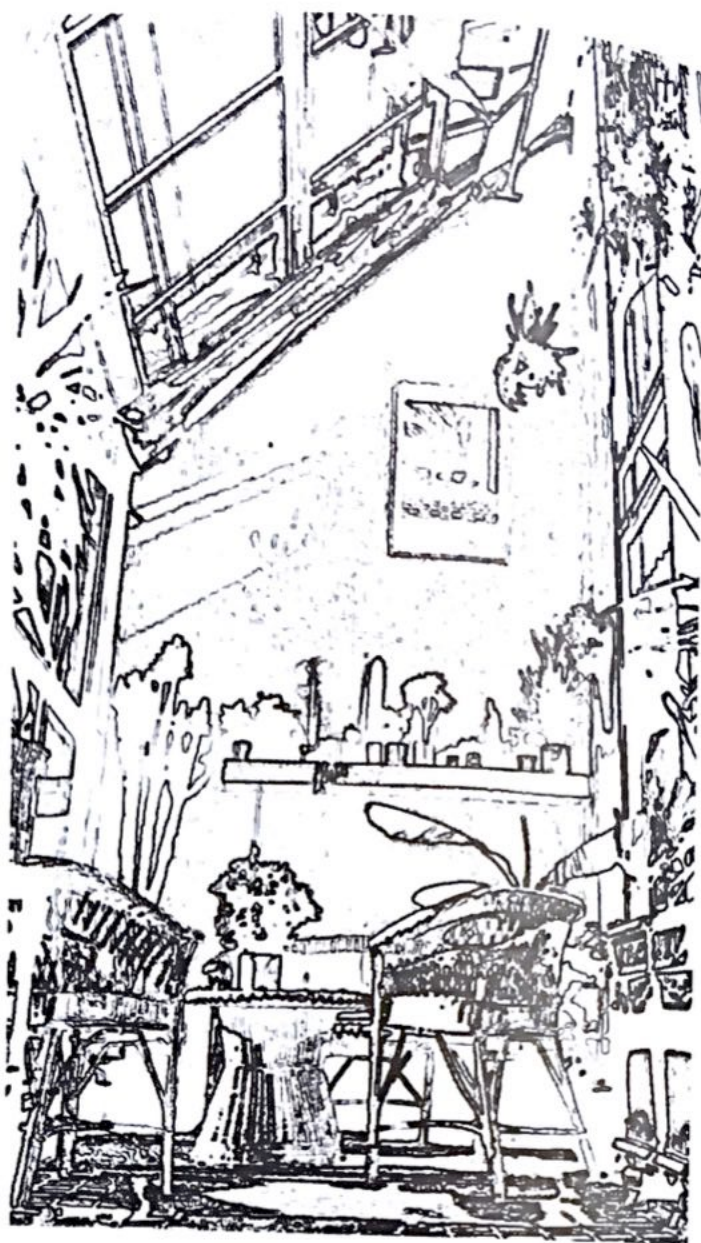


Fig. 10

La serra è contemporaneamente sistema per il risparmio energetico e spazio abitabile.
(disegno degli studenti)

solidi colpiti dalla radiazione solare, come il coefficiente di assorbimento solare e quello di emissione termica delle pareti e del pavimento.

Abitabilità e comfort della serra

Qualora la serra venga utilizzata come abitazione, anche se temporanea, il suo volume dovrà rispettare certe dimensioni e dovranno essere eventualmente eliminate delle soluzioni strutturali, anche se efficaci dal punto di vista della prestazione termica, ma meno abitabili. L'utilizzazione prevista può inoltre richiedere una certa qualità d'illuminazione: luce diffusa per uno spazio di lavoro o per accogliere alcuni tipi di piante; luce diretta per accumulare il calore nelle pareti di divisione tra serra ed ambiente adiacente. Una serra non è, in linea di principio, un luogo privilegiato per attività che richiedono un certo



Fig. 11

Serra realizzata coprendo parzialmente un terrazzo. (immagine tratta dai lavori degli studenti)

grado di riservatezza, sebbene tale requisito sia alquanto soggettivo e dipendente dalle caratteristiche dello spazio esterno.

Il fattore determinante per la decisione sul come e quando la serra sarà utilizzata è costituito dal periodo in cui le condizioni nella serra sono considerate confortevoli dagli abitanti.

La sensazione di comfort dipende dall'economia termica momentanea del corpo umano nonché da altri fattori quali: la temperatura dell'aria nell'ambiente, la radiazione solare, l'umidità atmosferica, la produzione di calore da parte degli abitanti, la ventilazione, l'abbigliamento, la temperatura delle superfici dell'involucro (pareti, soffitti, pavimenti) e la circolazione dell'aria, cioè da fattori che vengono compresi nel concetto della "temperatura avvertita". È importante raggiungere e mantenere una temperatura corporea costante di 37 °C. Il bilancio tra il calore emesso e quello assorbito dal corpo deve essere equilibrato per garantire lo svolgimento indisturbato di tutte le funzioni corporee (sensazione di comfort). Il nostro sistema biologico di allarme ci fa sentire freddo se la temperatura è troppo bassa e sudare se essa è troppo alta.

I requisiti, relativi alle possibilità d'uso, sui quali ci vogliamo soffermare in questo caso sono

quelli che, se disattesi, non ne permettono l'abitabilità reale. Ci riferiamo soprattutto alle condizioni di comfort in funzione dei parametri termigrometrici all'interno della serra:

– Il regime di temperatura: la temperatura che indica la confortevolezza di un luogo è quella media, chiamata temperatura risultante, tra la temperatura dell'aria e quella delle pareti. Infatti tra un corpo posto al centro di un ambiente e le pareti dell'ambiente stesso si realizza uno scambio termico per irraggiamento, il cui effetto è tanto valido quanto quello dovuto allo scambio per convezione tra l'aria e le pareti. Il comfort in ambiente "bioclimatico-passivo" è diverso da quello tradizionale per il fatto che nel primo sono le pareti ad emanare il calore necessario. Al contrario di un ambiente ordinariamente riscaldato dall'impianto termico, dove le pareti esterne costituiscono una sorgente fredda che può abbassare la temperatura risultante nonostante la temperatura dell'aria sia di 20 °C. In caso di radiazione solare diretta bastano temperature di soltanto 15 °C per essere considerate "confortevoli".

– Il grado di umidità è legato alla temperatura: più l'aria è calda, più è elevata la sua capacità di caricarsi di umidità. La condensazione avviene

a bassa temperatura e libera energia; mentre, al contrario, l'evaporazione prelevando energia termica dall'aria che è in contatto con l'acqua, la raffredda. In caso di temperature da 25 °C in su le correnti d'aria aumentano la sensazione di comfort perché riducono considerevolmente la temperatura avvertita in confronto a quella reale. Perciò l'efficiente ventilazione della serra nei mesi estivi abbassa sia la temperatura, reale che quella avvertita. Si è dimostrato che in una serra accuratamente realizzata si possono avere condizioni confortevoli almeno per il 50% del giorno.

L'umidità in una serra è importante sia per le piante che vi vivono sia per l'ambiente generale. L'innalzamento della temperatura, dando una sensazione di aria secca, rende apprezzata ed auspicabile la presenza di piante, sia in rapporto al loro contributo all'umidità dell'aria, sia per la qualità dell'ambiente in generale.

Nelle serre con ricca vegetazione l'evaporazione può comportare una riduzione della temperatura. Però nello stesso tempo viene aumentata l'umidità relativa dell'aria e di conseguenza anche il comfort.

Nel processo di fotosintesi, le piante, per effetto della luce diurna, assorbono l'anidride carbonica contenuta nell'aria ed emettono ossigeno. Di notte si svolge il processo inverso. Si è dimostrato che di giorno la concentrazione di ossigeno nell'aria non supera mai il limite ammissibile (>15% del volume), e di notte lo stesso vale per la concentrazione dell'anidride carbonica. I dati dimostrano che la qualità dell'aria all'interno viene migliorata rispetto alle condizioni esterne. Inoltre la polvere si deposita sulle piante ed esse la trattengono. Insomma, sembra consigliabile aprire le porte dell'abitazione che danno su una serra con ricca vegetazione: da ciò deriva l'umidificazione naturale nella stagione di riscaldamento.

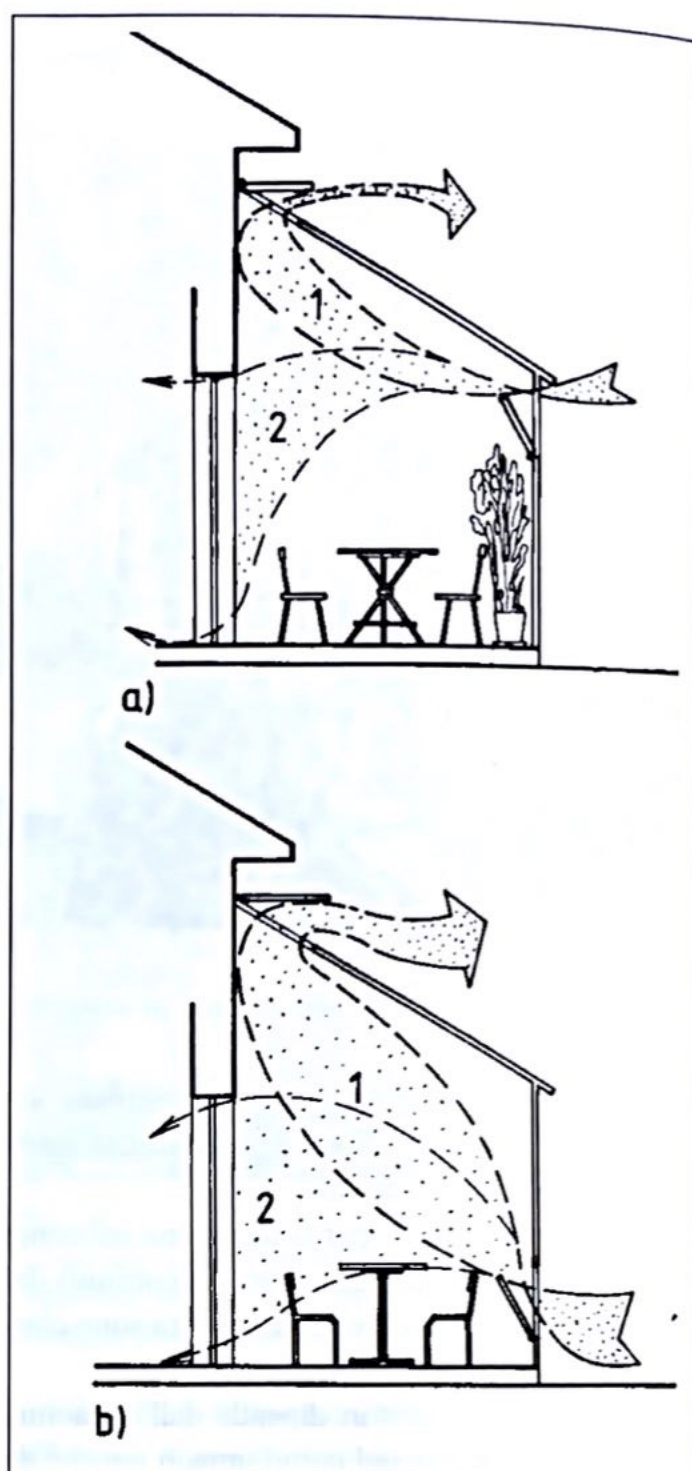


Fig. 12
Flussi d'aria in funzione della collocazione delle aperture di ventilazione.

Relazione termica tra serra e ambiente interno

L'inerzia termica

Il principio dell'inerzia termica di una parete è quello che si manifesta quando un flusso di energia ne colpisce un lato e questo viene accumulato e restituito anche dall'altro con un certo ritardo. Questo sfasamento nel tempo si accompagna anche ad una diminuzione dell'ampiezza dell'onda termica che sta a significare un ammortizza-

mento dell'onda stessa. Un effetto definibile come "volano termico", fondamentale sia per le condizioni di comfort della serra stessa sia dello spazio adiacente. Va precisato che la diminuzione dell'ampiezza dell'onda non significa assolutamente una diminuzione del flusso. L'efficacia termica dell'inerzia dipende dalla capacità termica totale,

che deve essere sufficiente ad assorbire ed accumulare tutto il calore disponibile, e dalla estensione della superficie di scambio, in particolare di quella esposta all'irraggiamento solare. Un'inerzia alla quale non corrisponde una superficie di scambio sufficiente in rapporto alla relativa massa non potrà mai fornire prestazioni adeguate.

In una serra con molta superficie vetrata, ben isolata ma senza alcuna inerzia termica, si verificheranno grandi oscillazioni di temperatura. Mentre, il principio fondamentale che caratterizza una struttura bioclimatica in rapporto ad una struttura tradizionale è quello di utilizzare una sufficiente inerzia termica che permetta il recupero notturno del calore in eccesso durante il giorno. Nelle serre solari la massa termica necessaria è costituita dalle pareti e dal pavimento.

La ventilazione

La ventilazione naturale della serra permette:

- di assumere un certo tasso di rinnovo dell'aria; se la serra ha un alto grado di integrazione, questo può scendere ad un minimo di 0,5 vol/h in assenza di ventilazione aperta;
- di evitare il sovrariscaldamento, cosa particolarmente critica in estate.

Questa funziona per convezione naturale (ventilazione verticale, effetto camino) o per differenza di pressione (ventilazione trasversale).

La convezione naturale

La convezione naturale è utile per ventilare le serre in caso di sovrariscaldamento. Se esiste una differenza di quota tra l'apertura d'ingresso e

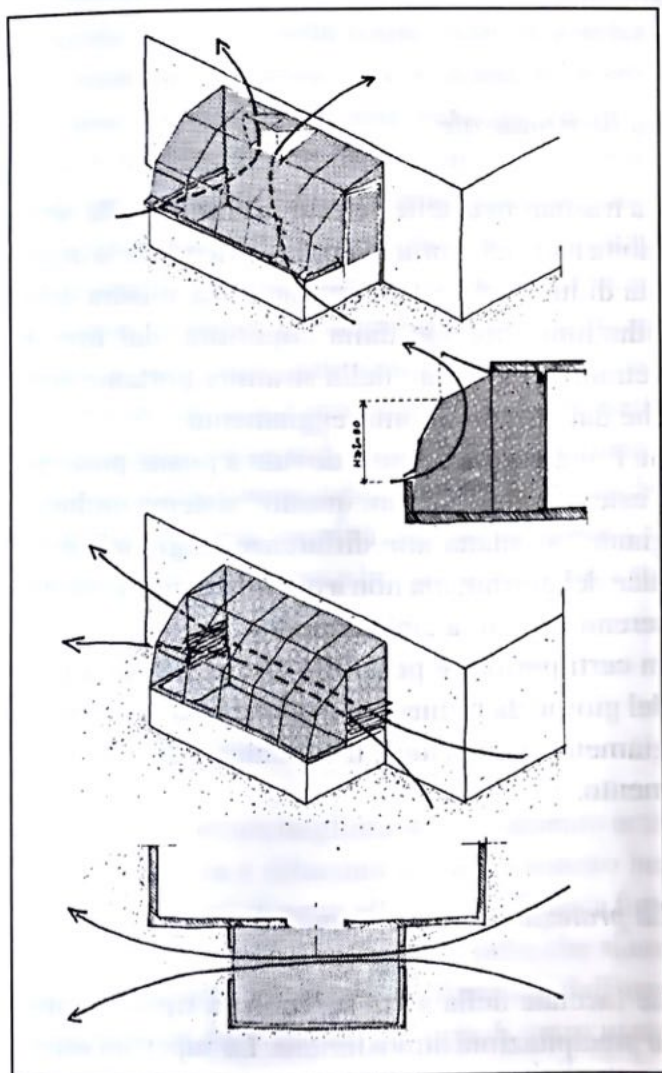


Fig. 13
Ventilazione per convezione naturale (ventilazione verticale) e per differenza di pressione (ventilazione trasversale).

da: J. Huppy, F. Nicolas, *Effets de Serre*, Edisud/ PYC-Edition, Parigi, 1981.

quella di uscita di almeno 180 centimetri, l'aria calda meno densa fuoriesce dall'apertura superiore e crea una depressione a livello dell'apertura inferiore dalla quale penetra l'aria esterna più fresca. L'apertura superiore dovrà avere una sezione almeno una volta e mezzo quella inferiore.

Differenza di pressione (vento)

In presenza di vento, le pareti esposte al vento sono in sovrappressione, mentre quelle esposte sottovento sono in depressione. Attraverso delle aperture regolabili poste sulle pareti, una corrente d'aria trasversale tende a ristabilire l'equilibrio di pressione. L'apertura attraverso la quale esce l'aria, vale a dire quella posta sottovento, dovrà anche in questo caso essere almeno una volta e mezzo quella d'ingresso esposta al vento. Nella serra questi due effetti possono entrambi essere utilizzati per ventilare sia la serra stessa che lo spazio adiacente a questa.

La ventilazione infine incide ovviamente anche sul tasso di umidità. Questa può avere due effetti sull'ambiente. In generale la velocità dell'aria provoca l'evaporazione e quindi riduce l'umidità dell'ambiente, a meno che l'aria dell'ambiente non sia più secca e più calda di quella esterna, nel qual caso la umidifica e raffreddandola può provocarne la condensazione.

Il tasso di umidità della serra dipende anche dal suo utilizzo. Una serra con molte piante dovrà essere ben controllata dal punto di vista igrotermico e si impone un equilibrio tra la necessità di ventilazione e quella di recuperare gli apporti di energia. Le piante mal sopportano un ambiente troppo secco, ma la ventilazione costituisce una perdita di calore se questa non è diretta verso lo spazio da riscaldare. In questo caso, un tasso di

ventilazione standard di 1 vol/h non sarà sufficiente ad eliminare l'umidità in eccesso. Al contrario il comfort dell'ambiente sarà migliore con la presenza di piante e, quindi, con un certo volume di terra umida. Del resto una serra senza piante assume uno spiacevole aspetto "secco" che non qualifica spazialmente la serra come luogo abitabile.

La luce naturale

La trasparenza delle vetrate fa entrare nella serra molta luce del giorno. Però la serra riduce la quantità di luce nei locali confinanti. La misura della riduzione dipende dalla copertura, dal tipo di vetratura, dal telaio della struttura portante nonché dai sistemi di ombreggiamento.

Se l'ombreggiamento è dovuto a piante poste all'esterno o all'interno, questo "sistema ombreggiante" si adatta alle differenze stagionali della luce del giorno, ma non a quelle tra giorni a cielo sereno e quelli a cielo coperto.

In certi periodi è possibile che ci sia tanta luce del giorno da richiedere qualche tipo di ombreggiamento per evitare il fenomeno di abbagliamento.

La protezione contro l'umidità

Le facciate della serra servono da riparo contro le precipitazioni atmosferiche. Le superfici esterne devono dunque essere impermeabili alla pioggia ed è molto importante la realizzazione dei collegamenti tra serra ed abitazione nonché quella delle aperture.

Le condizioni di umidità nella serra dipendono in gran parte dalla quantità di vapore acqueo che

si forma in essa e dalla quantità d'aria calda (umida) che, proveniente dalla casa, raggiunge la serra quando le temperature nella serra sono inferiori a quelle nella casa (la riduzione della temperatura fa aumentare l'umidità relativa). La formazione di condensa dipende dalla temperatura delle superfici interne delle vetrate. Vetrate ad alta qualità termica si raffreddano di meno e così riducono il rischio della formazione di condensa. Quanto più numerose sono le piante nella serra e quanto più frequentemente vengono aperte le porte e le finestre che danno sui locali abitati, tanto più probabile è la formazione di condensa. Se la serra è orientata verso sud ed è realizzata con lastre di vetrocamera non si presenta alcun problema. Sebbene la condensa si possa formare anche in serre realizzate con vetrocamera, essa evapora presto con l'irraggiamento solare nelle case orientate verso sud. In caso di orientamento verso nord è raccomandabile evitare tutto ciò che potrebbe produrre umidità, perché altrimenti si formerebbero condensa e brina sulle vetrate e sui serramenti.

L'isolamento acustico

Le strutture vetrate migliorano l'isolamento acustico della casa e riducono il livello sonoro nei locali confinanti rispetto all'esterno. Questa funzione dipende in gran misura dal fatto che siano chiuse o aperte le porte e le finestre, dall'impermeabilità delle pareti, dal tipo di vetro usato e dalla realizzazione dei serramenti, dalla capacità di assorbimento del suono delle pareti, dai mobili, dalla vegetazione e dalle dimensioni della serra. Come valori medi di riduzione del livello sonoro rispetto agli ambienti interni ed esterni s'intendono:

- 10 dB (A) quando sono aperte soltanto pochissimo le aperture di ventilazione (se vengono aperte tanto quanto occorre nei mesi estivi per evitare il surriscaldamento della serra, non vengono raggiunti tali valori);
- 20 dB (A) nelle pareti (soffitti e pavimenti) impermeabili.

In costruzioni a più piani e in regioni ad alti livelli di rumore a causa del traffico questa funzione della serra assume particolare importanza.

La costruzione e il dimensionamento di serre

L'orientamento della serra bioclimatica è determinante. L'orientamento ottimale delle vetrate verticali è quello verso sud, ma possono essere orientate anche verso sud-ovest o sud-est. L'orientamento verso sud-est o sud-ovest di 30 gradi ca. riduce il rendimento dell'energia solare del 5%. L'orientamento di 40 gradi del 10% e l'orientamento di 60 gradi del 20%. Orientare la serra un po' verso est permette di utilizzare meglio gli apporti solari del mattino. Tale effetto può ottenersi anche rendendo trasparenti le pareti orientate ad est. Del resto l'orientamento, che è anche in funzione del regime dei venti dominanti, deve costituire un compromesso tra l'irraggiamento solare e gli altri fattori climatici locali. Infatti le prestazioni termiche di una serra ben esposta ma non sufficientemente protetta dal vento possono ridursi sensibilmente per effetto del vento sulle pareti vetrate e per l'aumento delle infiltrazioni d'aria.

Per adattarsi alle condizioni microclimatiche del luogo o per altri problemi come l'allineamento di una strada o una veduta da privilegiare, si potranno avere scostamenti più o meno sensibili dal

sud. A questo punto un gioco sapiente nel progettare le parti opache e quelle trasparenti permetterà di controbilanciare quello scarto rispetto all'esposizione ottimale a sud.

Le pareti esterne della serra devono essere realizzate con vetrate doppie e telai in legno od a taglio termico, gli elementi di pareti e di copertura dovrebbero essere di materiali termoisolanti. In ogni caso sono da evitare vetrate semplici. La parete divisoria tra serra e casa dovrebbe avere un valore k tra $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ e una certa capacità di accumulare e conservare il calore (muro di mattoni, parete di legno massiccio, ecc.). È raccomandabile una ventilazione addizionale, naturale e diretta, dei locali confinanti.

Le serre strette sono preferibili a quelle molto sporgenti. Il rapporto 1:3 tra profondità e larghezza rappresenta la soluzione ottimale e tiene conto della funzionalità e dell'abitabilità. In questo caso le pareti laterali opache con isolamento termico non sono migliori di quelle vetrate.



Fig. 14
Controllo dell'irraggiamento solare con
schermature lamellari esterne.
(immagine riprodotta dagli studenti)

Le serre molto alte non si surriscaldano tanto presto e la ventilazione risulta più facile d'estate. La superficie delle aperture per la ventilazione naturale dovrebbe ammontare a circa $1/6$ della superficie vetrata, mentre la superficie delle aperture che danno sulla casa dovrebbe ammontare al 6% della superficie vetrata orientata verso sud. È importante valutare i vantaggi e gli svantaggi dei tetti opachi o a vetrate inclinate.

I vantaggi delle coperture vetrate inclinate sono:

- una buona illuminazione naturale degli ambienti adiacenti;
- la superiore qualità dell'abitazione e il migliore grado di abitabilità (si gode della natura, ma non ci si trova all'aperto);
- un periodo più breve di riscaldamento, a causa delle grandi superfici vetrate.

Svantaggi delle coperture vetrate inclinate:

- rischio di surriscaldamento estivo (necessario qualche sistema di protezione contro il sole);
- maggiore raffreddamento della serra di notte, durante la stagione di riscaldamento (perdite attraverso le vetrate e un coefficiente di trasmissione di calore k più elevato);
- costo più alto del materiale vetro (vetro di sicurezza) e della struttura portante delle vetrate;
- difficoltà di costruzione.

È importante l'angolo d'inclinazione delle vetrate. Nelle regioni dell'Europa centrale gli angoli più favorevoli variano tra 40 e 65 gradi, perché con tali valori i raggi solari d'inverno arrivano più frequentemente in direzione normale al vetro. Così le perdite di calore dovute alla riflessione vengono minimizzate nei mesi invernali e la radiazione solare può entrare in quantità maggiore nella serra. Inoltre, tali inclinazioni fanno scivolare la neve più facilmente, rendendo le vetrate autopuleti. I carichi di neve inferiori permettono costruzioni meno costose e vetrate più larghe.



Fig. 15
Esempio di serra addossata.

Nella fase di progettazione si deve anche decidere il tipo di copertura. Si può scegliere tra coperture vetrate inclinate e coperture opache in legno con isolamento termico. Ambedue i tipi presentano certi vantaggi e svantaggi.

Vantaggi delle coperture opache con isolamento termico:

- costo ridotto di costruzione e minori problemi costruttivi;
- quando esiste una tettoia non occorre altro sistema di protezione contro il sole;
- migliore isolamento termico e di conseguenza ridotto raffreddamento della serra.

Gli svantaggi sono:

- poca illuminazione naturale degli ambienti adiacenti;
- ridotta percezione dell'esterno (manca l'impressione di essere all'aperto).

I tipi di serre

Esiste un gran numero di forme diverse di strutture vetrate che ampliano lo spazio abitabile di una casa. Tuttavia ci sono alcuni tipi principali:

La serra addossata (chiamata anche "veranda solare")

Caratteristiche:

copertura vetrata o opaca con isolamento; pareti laterali vetrate o opache con isolamento; profondità di 2,5 m ca., area di 10 m² ca., sono possibili strutture a più piani, rapporto profondità/larghezza 1:3 (rapporto più favorevole); orientamento: da sud-ovest a sud-est; rapporto superficie/volume alto; esposizione al vento.

Problemi principali:

d'inverno le temperature notturne possono scendere notevolmente; d'estate si surriscalda e necessità di ombreggiamento in caso di coperture realizzate con vetrate.

Requisiti per realizzazioni delle coperture opache:

le pareti a est e a ovest, se trasparenti, vanno protette dal sole mediante appositi sistemi di ombreggiamento; utilizzare, per il pavimento della serra e la parete divisoria tra veranda e casa, materiali in grado di accumulare il calore.

Requisiti per realizzazioni delle coperture vetrate:

altezze maggiori possibili; ombreggiamento della copertura; aperture nella parte superiore; pareti e pavimenti con elevata capacità di accumulare il calore; gli ambienti confinanti del secondo piano devono avere aperture verso l'esterno.

La serra incorporata

Caratteristiche:

larghezza di 3 m ca., profondità di 2,5 m ca., sono possibili strutture a più piani; orientamento da est a ovest; è possibile anche l'orientamento verso nord se la costruzione serve come spazio tampona; escursioni termiche più contenute rispetto alla serra addossata; è possibile la coltivazione delle piante durante tutto l'anno.

Problemi principali:

pericolo di surriscaldamento in estate anche dei locali confinanti.

Requisiti:

pareti vetrate, copertura vetrata o opaca a seconda della quantità desiderata di luce naturale; pavimenti e, in caso di copertura vetrata, anche pareti con elevata capacità di accumulare il calore; necessità di ombreggiamento delle superfici vetrate verticali; grandi aperture di ventilazione (sia nella copertura sia nelle pareti); aperture verso l'esterno degli ambienti confinanti.

Questo tipo non si trova quasi mai nella sua forma integrale.

La serra parzialmente incorporata

Caratteristiche:

profondità di ca. 3 m, area di ca. 10 m², sono possibili strutture a più piani; orientamento: da

sud-est a sud-ovest; rapporto favorevole tra superficie esposta al sole e volume.

Problemi principali:

necessità di ombreggiamento in caso di copertura vetrata.

Requisiti:

come la serra addossata.

Logge e balconi vetrati

Caratteristiche:

in case a più piani le strutture vetrate sono separate l'una dall'altra da solai; la loggia vetrata corrisponde alla serra incorporata, il balcone vetrato corrisponde alla serra addossata; sono strutture lunghe, profondità da ca. 1,5 a 2,5 m, di solito l'altezza è limitata a un piano; orientamento: da sud-est a sud-ovest; non è necessaria una eccessiva massa di accumulo del calore.

Problema principale:

il surriscaldamento.

Requisiti:

- superfici a sud completamente o parzialmente vetrate (il parapetto può essere opaco);
- copertura inclinata possibilmente opaca;
- superfici laterali trasparenti, opache o incorporate;
- buoni sistemi di ombreggiamento;
- possibilità di un'efficiente ventilazione trasversale;
- aperture negli ambienti confinanti che danno sull'esterno, se non sono possibili, occorre provvedere a vetrate smontabili, scorrevoli o ribaltabili per poter utilizzare la serra anche nei mesi estivi.



Fig. 16
Serra parzialmente incorporata.

Serra ad angolo

Caratteristiche:

profondità di 3 m ca., area di 10 m² ca., sono possibili strutture a più piani; orientamento da sud-est a ovest; protezione dal vento; protezione dal gelo.

Problemi principali:

necessità di ombreggiamento in caso di copertura vetrata; ventilazione trasversale nei mesi estivi; ombreggiamento da parte dell'edificio.

Requisiti:

simili a quelli della serra addossata; aperture negli ambienti confinanti che affacciano verso l'esterno.

"Bow-window"

Caratteristiche:

vedi la loggia o il balcone vetrati, ma con dimensioni più piccole e spesso non adibito alla permanenza di persone.

La forma della serra

A parte le principali basi progettuali quali l'aspetto formale, la vista, il grado di integrazione, la forma di una serra dovrebbe essere determinata da considerazioni energetiche.



Fig. 17
Serra parzialmente incorporata.

Fin dall'inizio della fase progettuale si deve prendere una decisione che in gran misura determina le possibilità future di utilizzo dell'energia solare. Un edificio solare passivo, con la facciata sud maggiore delle altre ed un basso rapporto superficie/volume, consumerà meno energia rispetto ad



Fig. 18
Serra parzialmente incorporata.

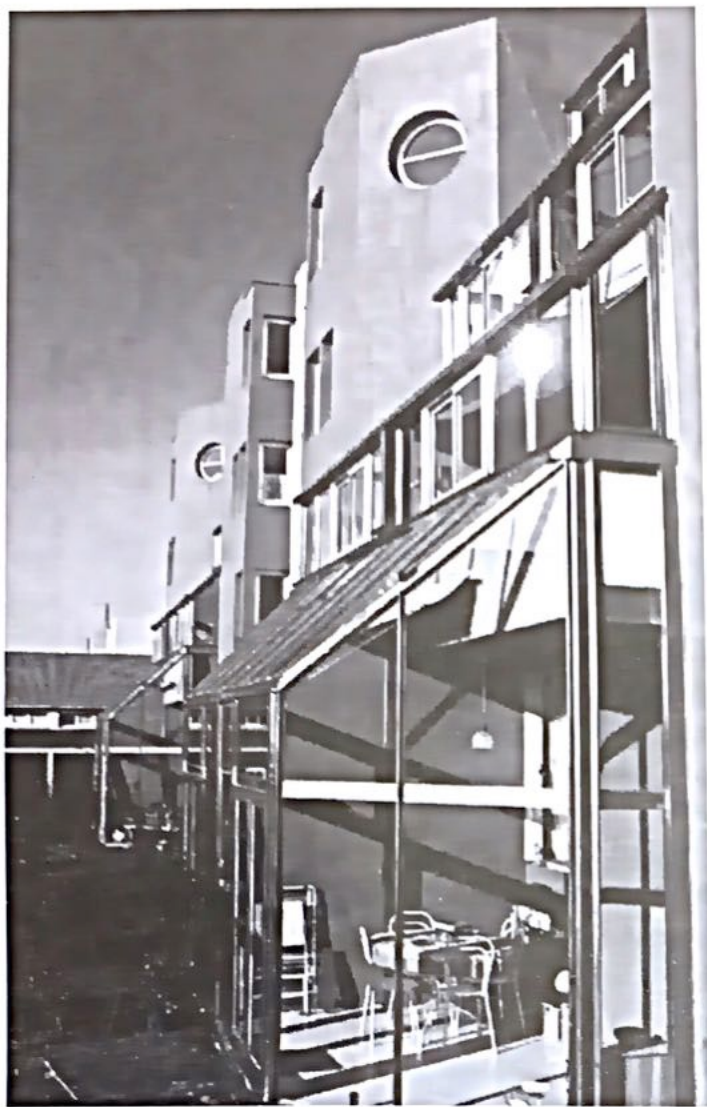


Fig. 19
Serra parzialmente incorporata.



Fig. 20
Serra ad angolo.



Fig. 21
Logge e balconi vetrati.

un edificio con una pianta meno compatta. Ciò vale sia per la serra stessa che per l'intero complesso formato da casa e serra.

Un parametro indice della qualità della pianta

di una casa in termini di rendimento di energia solare è costituito dal rapporto fra la proiezione della superficie attiva sul piano esattamente orientato verso sud e la superficie totale dell'edi-

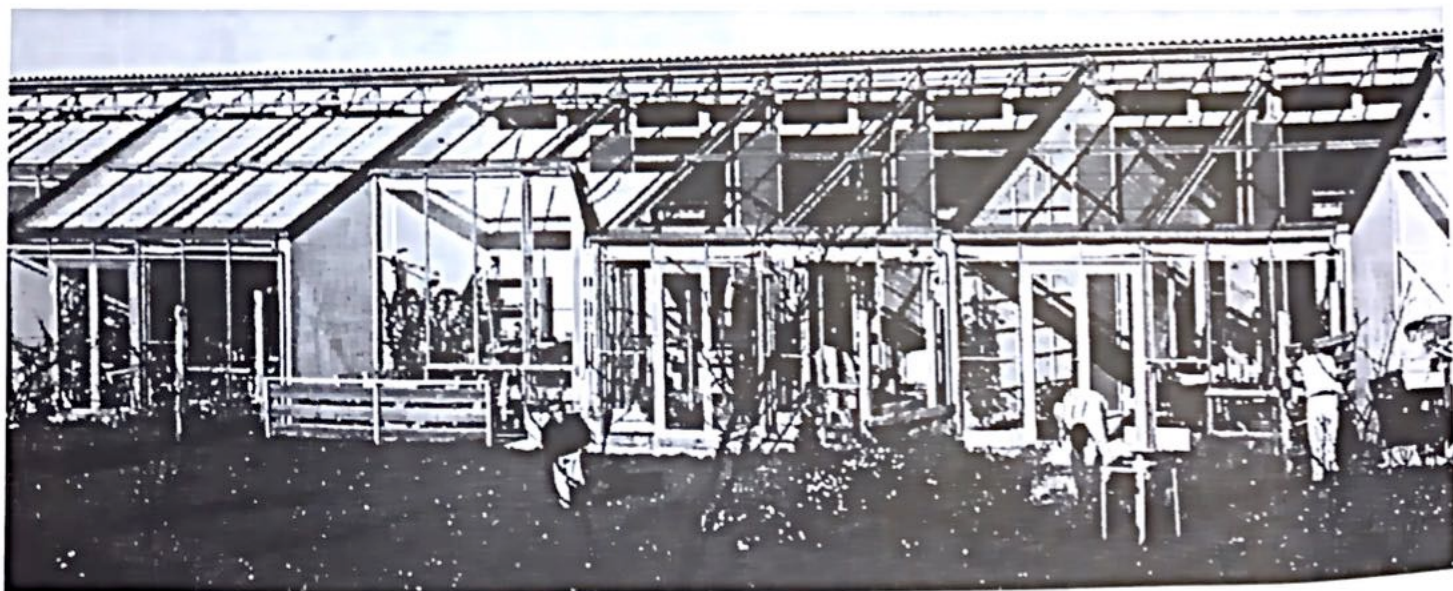


Fig. 22
Serre addossate in abitazioni a schiera.



Fig. 23
Tipologia a bow-window.
(disegno degli studenti)

ficio, che deve essere il più grande possibile. Se da questo punto di vista si considerano quattro edifici a due piani ognuno con superficie lorda di 65 m² per piano e con differenti piante, si ottengono tra gli altri anche i seguenti risultati:

- la tradizionale pianta quadrata si rivela sfavorevole per lo sfruttamento passivo di energia solare;
- la pianta rettangolare con grande lunghezza ha un buon valore qualitativo. È idonea per case solari. Più grande è la lunghezza della pianta (per esempio in un complesso di case a schiera) più favorevole è questo valore qualitativo.

Riferendoci specificatamente alla serra possiamo elencare i seguenti vantaggi e svantaggi:

Vantaggi

- La serra può essere utilizzata anche per coltivare piante da appartamento od addirittura commestibili.
- La serra funziona come spazio tampone che riduce le perdite termiche dell'edificio al quale è connessa.
- La serra ha più di una funzione, inclusa quella di costituire un'estensione dello spazio abitabile dell'edificio.
- La serra può costituire un elemento di riqualificazione architettonica dell'edificio.

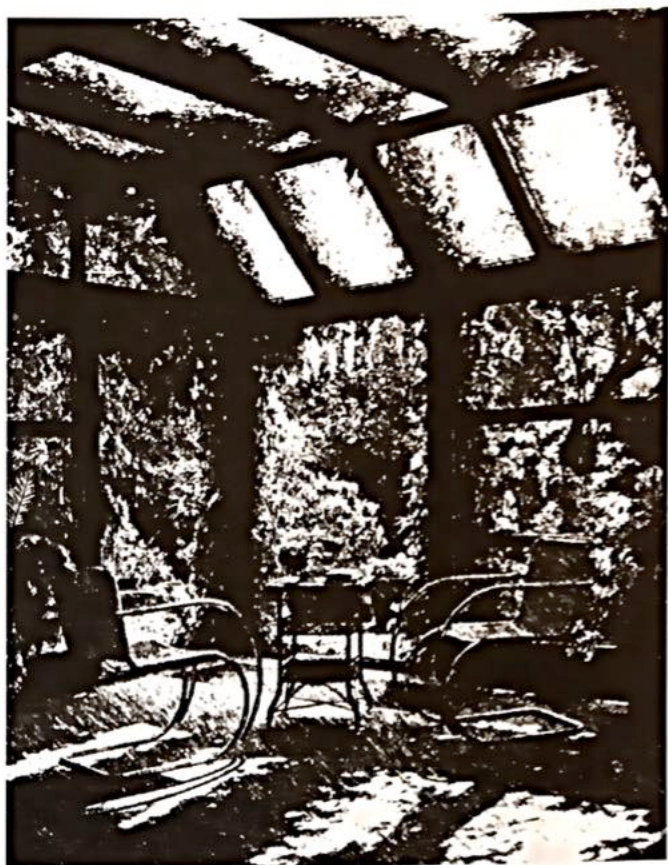


Fig. 24
Schermature vegetali.
(disegno degli studenti)

Svantaggi

- Le prestazioni termiche possono variare in maniera significativa in funzione del progetto specifico o del sistema utilizzato e conseguentemente è difficile prevederle con esattezza.
- La realizzazione della serra con vetri ad alta prestazione o con sistemi di isolamento mobile può essere economicamente onerosa.
- Se si prevede di coltivarci piante in maniera prevalente, in fase di progettazione devono essere soddisfatti determinati requisiti quali il controllo dell'eccesso di umidità, degli odori, degli insetti, dell'acqua corrente e del drenaggio.



Fig. 25
Per ragioni di comfort, la serra deve essere munita di schermature mobili a protezione delle superfici trasparenti.

Tabella

Rapporto tra la superficie vetrata sud equivalente*/ superficie da riscaldare in funzione del clima

Temp. esterna**	muratura	muro d'acqua
-6 °C	1,4	1,1
-4 °C	1,3	1,0
-2 °C	1,2	0,9
0 °C	1,0	0,8
+2 °C	0,9	0,7
+4 °C	0,8	0,6
+6 °C	0,6	0,5

* La quantità di energia captata dalla serra dipende dalla superficie e dall'orientamento delle sue pareti trasparenti. Per una misura leggermente approssimata di questa superficie, si può prendere a riferimento la proiezione delle pareti vetrate su un piano verticale sud. Poiché il rendimento energetico del sistema è difficilmente dissociabile dalla sua massa di accumulo, si deve distinguere anche per il tipo di accumulo, in questo caso muratura o muro d'acqua.

** Temperatura media giornaliera di dicembre e gennaio.

Questa tabella indica il rapporto tra la superficie vetrata sud e la superficie da riscaldare supponendo una serra realizzata con doppio vetro od isolamento notturno. Tale rapporto è valido solo se le superfici captanti sono libere da ostruzioni e se la serra è schermata dal vento.

Superficie captante

Orientamento: l'orientamento migliore, come già accennato, è quello sud. Anche se variazioni di 20° non ne riducano significativamente il rendimento. L'esposizione est è generalmente preferibile per permettere al primo sole mattutino di riscaldare la serra.

Vetrate inclinate: l'angolo d'inclinazione delle superfici inclinate della serra dovrebbe essere tra

i 45° ed i 60°. In climi con cielo prevalentemente coperto, l'inclinazione dovrebbe essere inferiore a più vicina ai 45°, mentre dovrebbe essere intorno ai 60° nei climi con cielo prevalentemente sereno.

Accumulo

I componenti edilizi che costituiscono l'accumulo termico nella serra e negli adiacenti spazi abitabili possono essere realizzati con ogni tipo di materiale ad alta capacità termica e dovrebbero essere di colore scuro per incrementare l'assorbimento dell'energia solare.

Aperture di ventilazione della parete massiva di separazione

Le aperture collocate nella parete interna dovrebbero avere una dimensione equivalente al 3% della parete di separazione tra la serra e lo spazio abitabile adiacente. Per ottenere un migliore bilanciamento del flusso d'aria, le aperture superiori non dovrebbero essere collocate direttamente sopra quelle inferiori, bensì posizionate lateralmente. Lamelle mobili od un semplice foglio di plastica leggera, posizionata internamente alle aperture superiori, per impedire la circolazione inversa dell'aria.

Schermature

Aggetti: un aggetto dimensionato per fornire un livello specifico di ombreggiamento avrà il vantaggio di ridurre sia il carico termico per il raffrescamento, sia l'abbagliamento potenziale nella stagione calda.

La proiezione dell'aggetto, tale da fornire il 100% di ombreggiatura alle 12:00 del 21 giugno, in una particolare latitudine può essere calcolata velocemente con la seguente formula:

Proiezione orizzontale (L) = altezza della superficie captante (H)/ (F) dalla tavola seguente

Latitudine nord	Fattore F*
28°	5.6 – 11.1
32°	4.0 – 6.3
36°	3.0 – 4.5
40°	2.5 – 3.4
44°	2.0 – 2.7
48°	1.7 – 2.2
52°	1.5 – 1.8
56°	1.3 – 1.5

*I valori maggiori forniscono il 100% di schermatura alle ore 12 del 21 giugno, i valori minori al 1° agosto.

Se la serra è dotata di copertura vetrata inclinata, sarà opportuno prevedere una schermatura mobile.

Aperture di ventilazione esterna

Superficie: l'area delle aperture esterne di ventilazione dovranno essere 1/6 della superficie della parete tra lo spazio di abitabile e la serra stessa. Le aperture superiori dovranno essere maggiorate di 1/3 rispetto a quelle inferiori. La distanza verticale tra le due serie di aperture dovrà essere la maggiore possibile.

Conclusioni

In sintesi, per poter parlare di interventi efficaci dal punto di vista energetico si devono osservare alcune regole:

a) la parete, e di conseguenza la serra, devono essere orientate verso Sud, con una tolleranza di più o meno 30-40 gradi. Assolutamente da evita-

re gli orientamenti Est e, ancora di più, Ovest, che provocherebbero surriscaldamenti difficili da controllare ed eliminare. Una esposizione a Nord non pone, ovviamente, problemi di surriscaldamento, ma riceve, nei mesi invernali, radiazione solare in quantità molto modesta;

b) il volume della serra non deve essere riscaldato o raffreddato artificialmente. Questo comporta che le condizioni termiche all'interno della serra non siano sempre confortevoli: tipicamente ci saranno periodi della giornata con temperature troppo alte (primo pomeriggio), e periodi con temperature troppo basse (ore notturne). In altri termini la serra non sarà sempre utilizzabile in condizioni di comfort;

c) l'efficacia della serra risulterà tanto maggiore quanto maggiore è la capacità termica (inerzia) al suo interno, come nel caso in cui la parete cui è addossata ed il pavimento siano pesanti. Quando ciò è possibile, ad esempio quando non vi siano problemi di tipo statico, o legati all'ingombro, si può pensare all'inserimento di capacità termiche aggiuntive, quali, ad esempio, contenitori pieni di acqua, possibilmente di colore scuro. Elevata capacità termica comporta limitata escursione termica, ovvero temperature più stabili nella serra;

d) la serra deve essere ventilabile. Per limitare i surriscaldamenti 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 una accentuata variabilità di assetto: da molto chiuso in inverno, a molto aperto in estate. Oltre alla ventilazione naturale, ottenuta tramite l'apertura delle superfici trasparenti, si può prevedere una ventilazione forzata, per mezzo di aeratori motorizzati. La ventilazio-

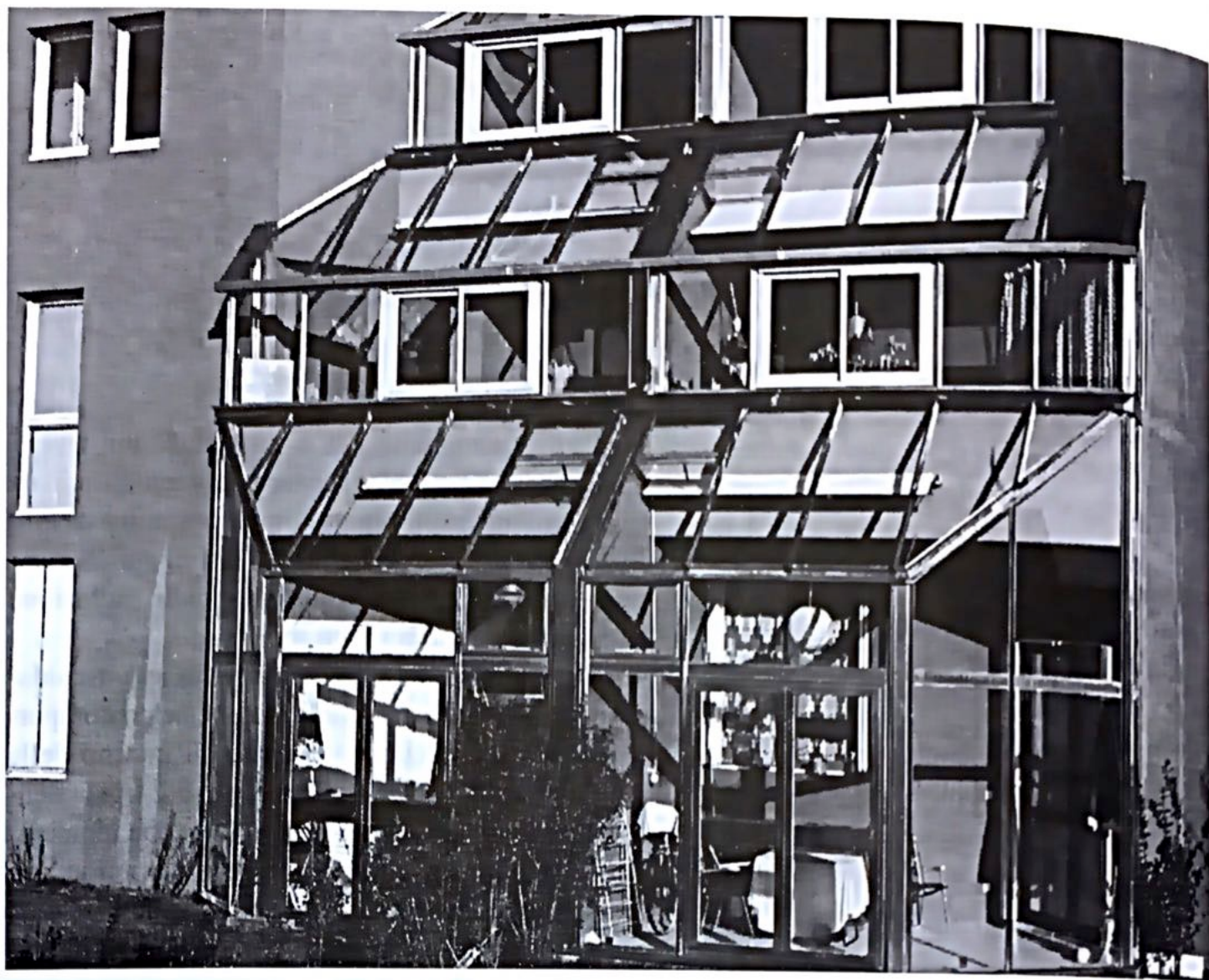


Fig. 26

In questo esempio si possono notare vari sistemi di aperture necessari per assicurare la ventilazione e le schermature mobili per il controllo solare.

ne della serra è indispensabile non solo per ragioni di comfort, ma anche per garantire i necessari ricambi d'aria agli ambienti che su questa si affacciano. Inoltre si possono verificare fenomeni di condensazione del vapore sulle superfici più fredde, specie se l'ambiente della serra è molto umido, ad esempio per la presenza di piante. Per risolvere il problema è necessario assicurare adeguati ricambi dell'aria interna, calda e umida, con quella esterna; e) 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 espo-

sizione Ovest – dai raggi solari nei periodi caldi. Tali schermature possono essere di moltissimi tipi, quali tende, veneziane, pannelli, vegetazione, ecc. Affinché esse siano efficaci è opportuno che siano collocate all'esterno delle superfici trasparenti e che siano di colore chiaro;

f) come ultimo requisito, non certo per importanza, si deve assicurare una gestione corretta della serra, che va considerata alla stregua di una macchina. Gli abitanti devono capire il funzionamento di tale macchina e sapere come modificarne l'assetto a seconda delle condizioni ambientali esterne.