



## Controllo ambientale del progetto

### L'ambiente e i fattori di influenza del bilancio energetico



**Prof. Arch. Silvia Brunoro**

[silvia.brunoro@unife.it](mailto:silvia.brunoro@unife.it)

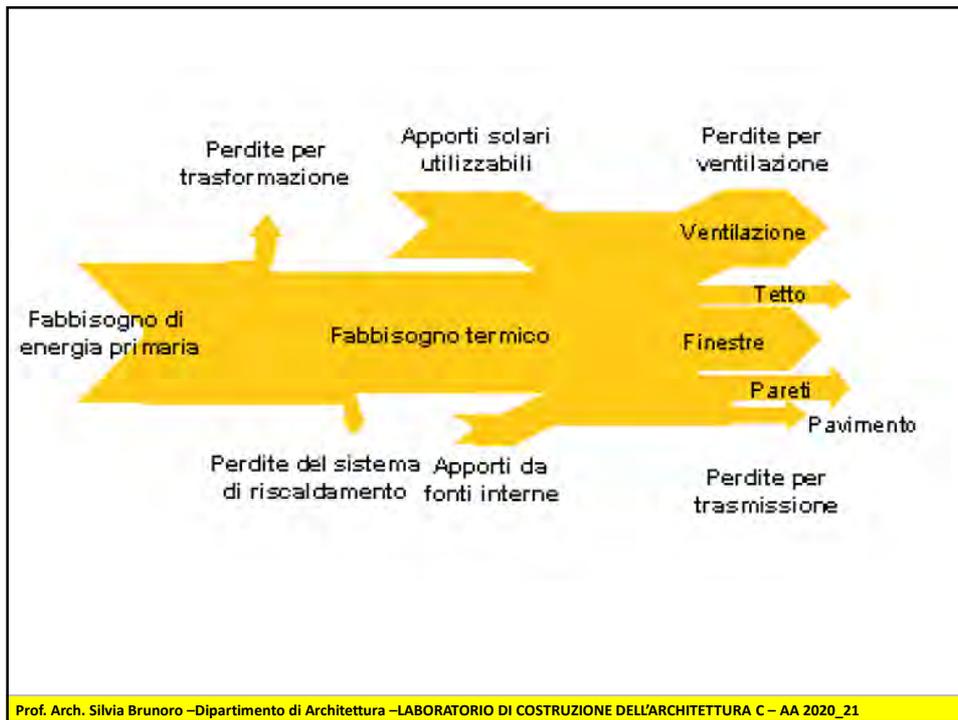
Il bilancio energetico rappresenta la quantificazione di energia complessiva (termica, elettrica) utilizzata in un sistema (edificio, impianto, città) in cui si analizzano i contributi energetici delle diverse fonti di alimentazione utilizzate per soddisfare i diversi usi dell'utenza (riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, forza motrice).

**IL bilancio energetico è il calcolo dei flussi inerenti un edificio.**

Il bilancio energetico viene eseguito allo scopo di determinare il **FABBISOGNO ENERGETICO** dell'edificio (calore, elettricità ecc.) che rappresenta la differenza tra perdite e guadagni.

Il fabbisogno energetico risulta essere la sommatoria del **fabbisogno termico** (riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda) con l'aggiunta del **fabbisogno** energetico necessario per **l'illuminazione e per altri usi elettrici**.





## EFFICIENZA ENERGETICA

MINOR DIPENDENZA ENERGETICA DA ALTRI PAESI

La dipendenza UE da fonti energetiche, senza correzioni, passerà dal 50% al 70% nel 2030

MINORI CONSUMI ENERGETICI DELLE FAMIGLIE

TUTELA DEL CLIMA E DELL'AMBIENTE

L'ultimo rapporto del WWF (Living Planet Report 2006), comunica che stiamo consumando risorse a ritmi forsennati, e che, di questo passo, nel **2050** rimarremo senza risorse

Il settore dell'edilizia possiede un grande potenziale di risparmio energetico economicamente vantaggioso

Prof. Arch. Silvia Brunoro –Dipartimento di Architettura –LABORATORIO DI COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA C – AA 2020\_21

**Attuazione della direttiva 2002/91/CE (Poi 2010/31/EU, oggi 2018/844/EU) relativa al rendimento energetico nell'edilizia**

**DECRETO REQUISITI MINIMI 26 06 2015**

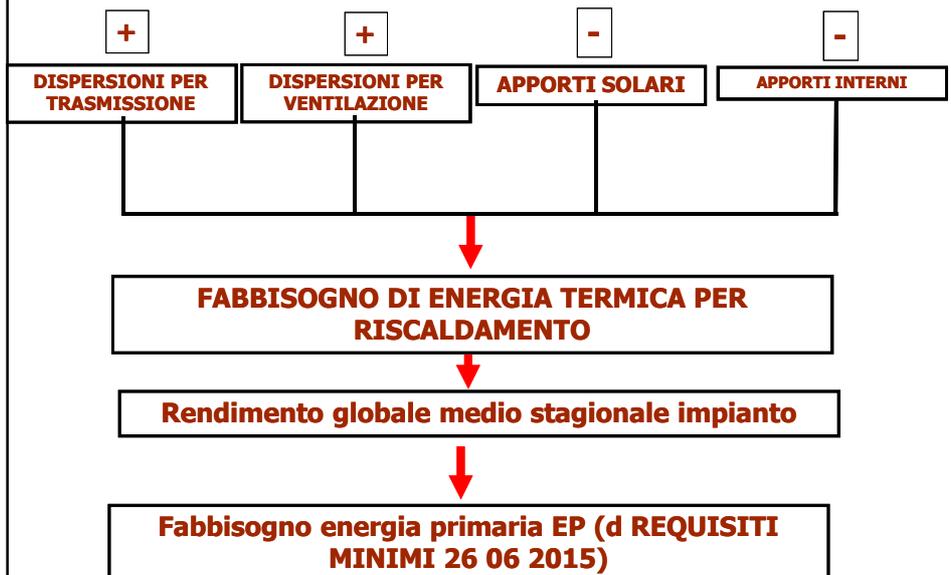
### PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN EDIFICIO

quantità annua di **ENERGIA PRIMARIA** effettivamente (o previsionale, cioè derivante da ipotesi progettuali) consumata per soddisfare le esigenze energetiche di un edificio in ordine di: 1. climatizzazione invernale 2. climatizzazione estiva, 3. ACS, 4. ventilazione, e, attualmente solo per il settore terziario, 5. illuminazione, 6. impianti di movimentazione (ascensori e scale mobili). Si misura in **kWh/m<sup>2</sup>/anno** → valutazione del comfort interno



Prof. Arch. Silvia Brunoro –Dipartimento di Architettura –LABORATORIO DI COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA C – AA 2020\_21

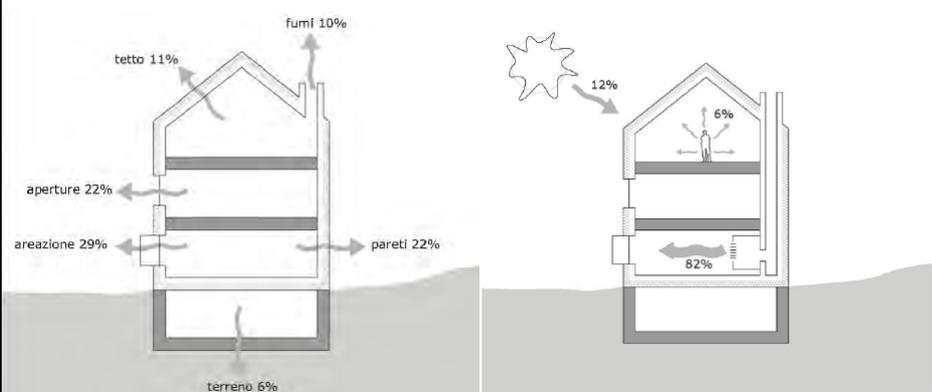
### BILANCIO ENERGETICO DI UN EDIFICIO



Prof. Arch. Silvia Brunoro –Dipartimento di Architettura –LABORATORIO DI COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA C – AA 2020\_21

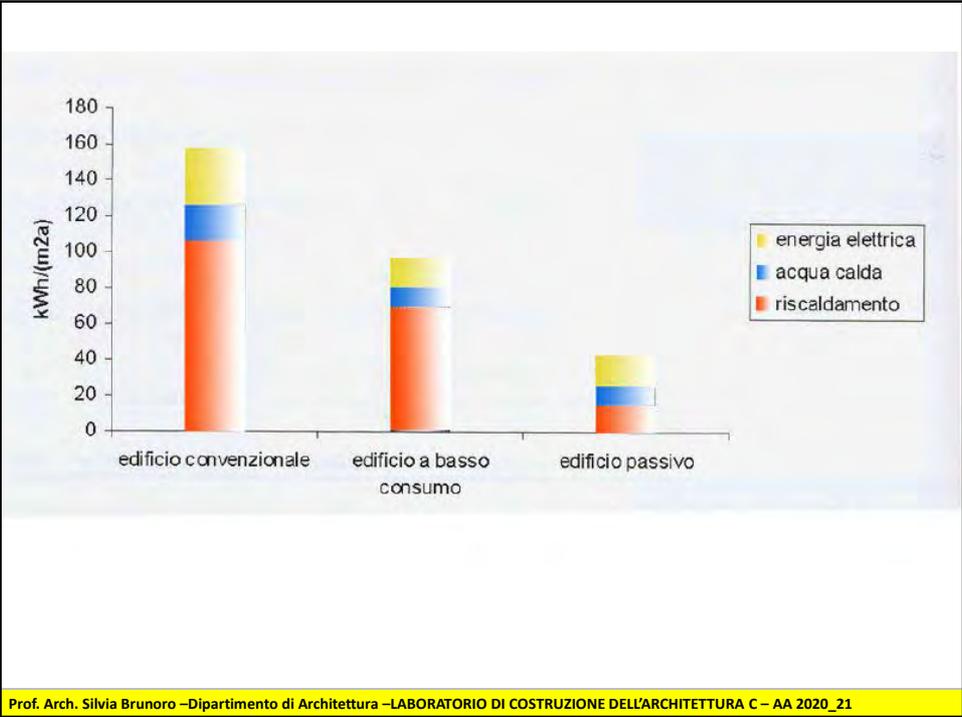
**DISPERSIONI di calore negli edifici**

**APPORTI di calore negli edifici**



**ENERGIA UTILE INVOLUCRO (DISPERSIONI PER TRASMISSIONE, DISPERSIONI PER VENTILAZIONE, APPORTI SOLARI E INTERNI)**

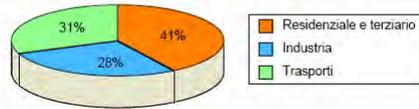
$$Q_{id} = (Q_T + Q_V) - \dot{q}(Q_{AT} + Q_S)$$



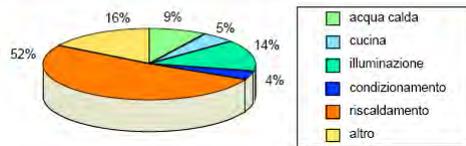
## Patrimonio edilizio in Europa

- Gli edifici consumano **oltre il 40%** dell'energia utilizzata in Europa e sono i maggiori produttori di  $\text{Co}_2$
- Il maggior spreco energetico oggi è originato dal **patrimonio esistente**. Oltre il **60%** del parco edilizio europeo ha più di **30 anni** ed è stato costruito secondo criteri energetici carenti
- Il potenziale per un **proficuo risparmio energetico** negli edifici attualmente esistenti intervenendo durante le operazioni di normale **ristrutturazione** con interventi mirati all'eco – efficienza è pari al **60%**

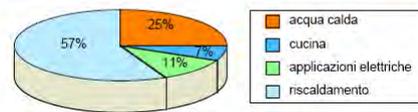
La domanda energetica nel 2000 in Europa.



Consumi di energia per usi finali negli edifici del terziario in Europa.



Consumi di energia per usi finali negli edifici residenziali in Europa.

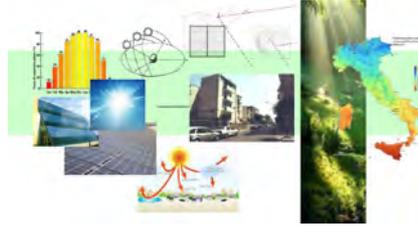


| CLASSIFICAZIONE   | FABBISOGNI ENERGETICI DI RIFERIMENTO   |
|---|--|
| EDIFICI ESISTENTI<br>(valori medi nazionali)  | Da 100 a 150 kWh/m <sup>2</sup> a per riscaldamento<br>Da 160 a 250 kWh/m <sup>2</sup> a per l'insieme dei consumi domestici (acqua calda, raffrescamento, illuminazione, elettrodomestici)              |
| EDIFICI A BASSO CONSUMO ENERGETICO (LEH- Low Energy House)                                  | Da 25 a 60 kWh/m <sup>2</sup> a per riscaldamento  |
| EDIFICI A BASSO CONSUMO ENERGETICO (standard svizzero MINERGIE)                             | < 45 kWh/m <sup>2</sup> a per riscaldamento<br>< 62 kWh/m <sup>2</sup> a per l'insieme dei consumi domestici   |
| EDIFICI A BASSO CONSUMO ENERGETICO (standard nazionale da DM 26 06 2015 «requisiti minimi») | DA <0,4 EP edificio di riferimento (CLASSE A4) kWh/m <sup>2</sup> a<br>A > 3,50 EP edificio di riferimento (CLASSE G) kWh/m <sup>2</sup> a   |
| EDIFICI PASSIVI   | < 15 kWh/m <sup>2</sup> a per riscaldamento<br>< 42 kWh/m <sup>2</sup> a per l'insieme dei consumi domestici   |
| PARAMETRI   | kWh/m <sup>2</sup> a = chilowattora su base annuale per metro quadro di superficie abitabile riscaldata<br>kWh= chilowattora = quantità di energia pari a 1000 W fornita o richiesta nell'arco di un'ora |

## FATTORI CHE INFLUENZANO LA PROGETTAZIONE DI UN EDIFICIO EFFICIENTE

**CARATTERI  
CLIMATICI**

**IRRAGGIAMENTO,  
VENTILAZIONE,  
TEMPERATURA**  
.....



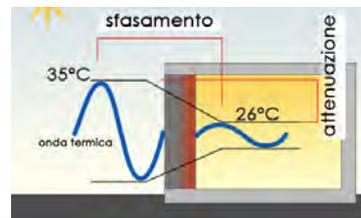
**ASPETTI  
ARCHITETTONICI**

**TIPOLOGIA  
ORIENTAMENTO  
COMPATTEZZA**  
.....



**ASPETTI  
COSTRUTTIVI**

**ISOLAMENTO  
INERZIA  
PERMEABILITA'  
SCHERMATURE**  
.....



## 1. ANALISI DELLE CARATTERISTICHE AMBIENTALI

## CARATTERISTICHE AMBIENTALI

FATTORI GEOGRAFICI

Latitudine, altezza sul livello del mare, idrografia

PARAMETRI CLIMATICI

Gradi giorno, anno tipo, giorno medio mensile

FATTORI METEOROLOGICI

Precipitazioni atmosferiche, venti, irraggiamento solare, temperatura ed umidità dell'aria

FATTORI TOPOGRAFICI

Morfologia del territorio, altitudine rilievi, clivometria, esposizione...

FATTORI BIOLOGICI

Suolo, acqua, vegetazione

## Fattori geografici

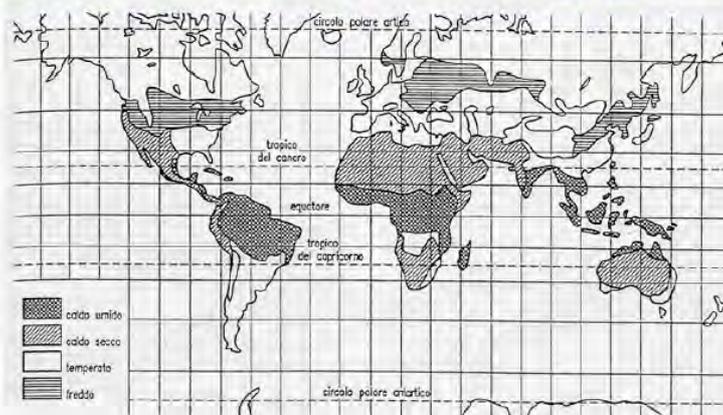
La superficie terrestre può essere considerata suddivisa in quattro diverse aree climatiche dipendenti sostanzialmente dalla latitudine e dall'altezza sul livello del mare.

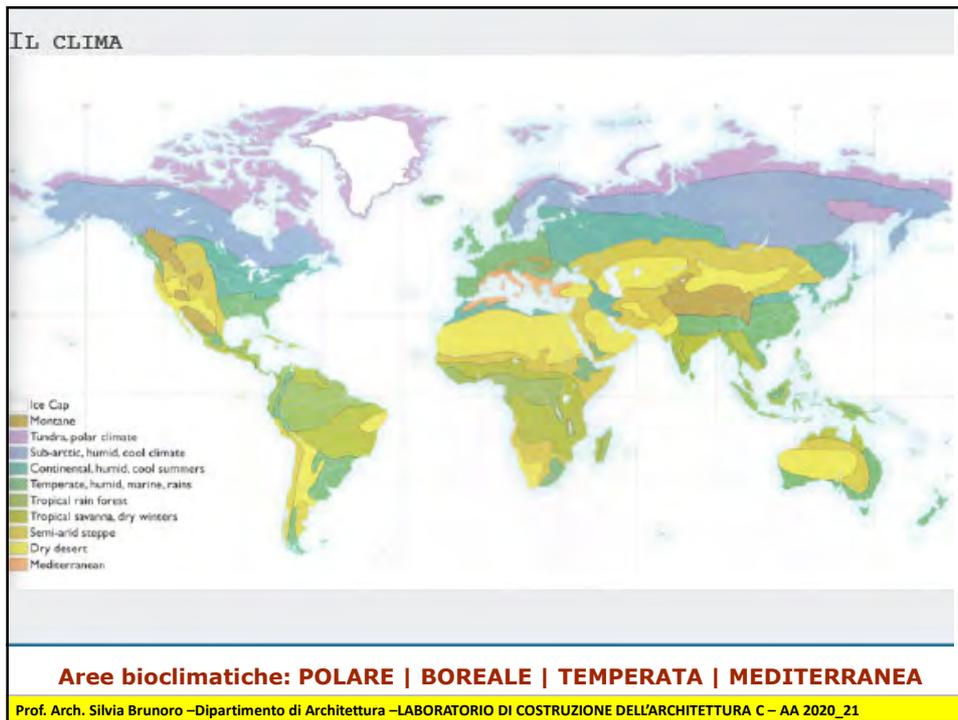
AREE A CLIMA FREDDO

AREE A CLIMA TEMPERATO

AREE A CLIMA CALDO SECCO

AREE A CLIMA CALDO UMIDO





#### PARAMETRI CLIMATICI

I **gradi giorno (GG)** costituiscono un indicatore delle condizioni climatiche della zona.

**D.P.R. n. 412 del 1993**

**LA SOMMA, ESTESA A TUTTI I GIORNI DI UN PERIODO ANNUALE CONVENZIONALE DI RISCALDAMENTO, DELLE SOLE DIFFERENZE POSITIVE GIORNALIERE TRA LA TEMPERATURA DELL'AMBIENTE, CONVENZIONALMENTE FISSATA A 20 °C, E LA TEMPERATURA MEDIA ESTERNA GIORNALIERA**

**La quantità di GG è quindi proporzionale alla necessità di riscaldamento degli edifici nella specifica località**

In Germania il valore medio dei gradi giorno è di 3.500; in Italia le sei zone climatiche, individuate dalla norma UNI 10379 allegata al D.P.R. n. 412 del 1993, partono dalla zona A, più calda, con meno di 600 gradi giorno

**A titolo esemplificativo al comune di Palermo corrispondono 751 gradi giorno, che diventano 1.415 a Roma, 2.259 a Bologna, 2.326 a Ferrara e 2.791 a Bolzano**

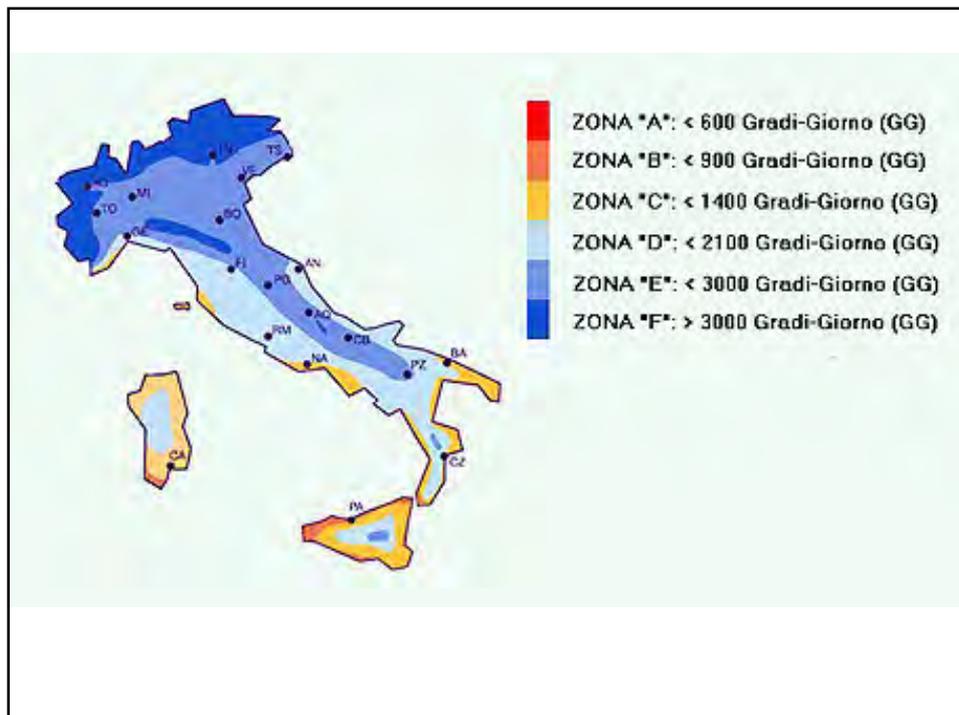
$$GG = \sum_{e=1}^n (T_0 - T_e)$$

dove

- $n$ : numero di giorni del periodo convenzionale di riscaldamento;
- $T_0$ : temperatura ambiente convenzionale;
- $T_e$ : temperatura media esterna giornaliera tale per cui  $T_e < T_0$ .

### **NORMATIVA ITALIANA UNI 9019 - 1987**

**$T_0 = 20 \text{ G}$**



### ZONE CLIMATICHE D'ITALIA E PERIODI DI RISCALDAMENTO

| ZONA | GRADI GIORNO | PERIODO DI RISCALDAMENTO | NUMERO GIORNI |
|------|--------------|--------------------------|---------------|
| A    | <600         | 1/12-15/3                | 105           |
| B    | 600-900      | 1/12-31/3                | 121           |
| C    | 900-1400     | 15/11-31/3               | 137           |
| D    | 1400-2100    | 1/11-15/4                | 166           |
| E    | 2100-3000    | 15/10-15/4               | 183           |
| F    | >3000        | 5/10-22/4                | 200           |

### FONDAMENTALE PER LA VALUTAZIONE DEL FABBISOGNO ENERGETICO

**IN PARTICOLARE APPORTI SOLARI GRATUITI INVERNALI/ESTIVI  
(CONDIZIONE FAVOREVOLE/SFAVOREVOLE)**

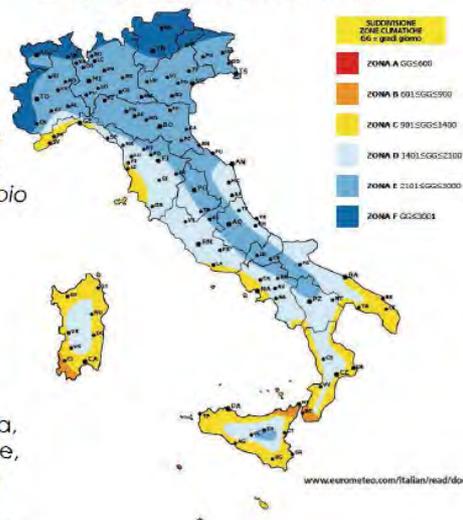
MAPPA DELLE ZONE CLIMATICHE SECONDO DPR 412/93

#### ANNO TIPO

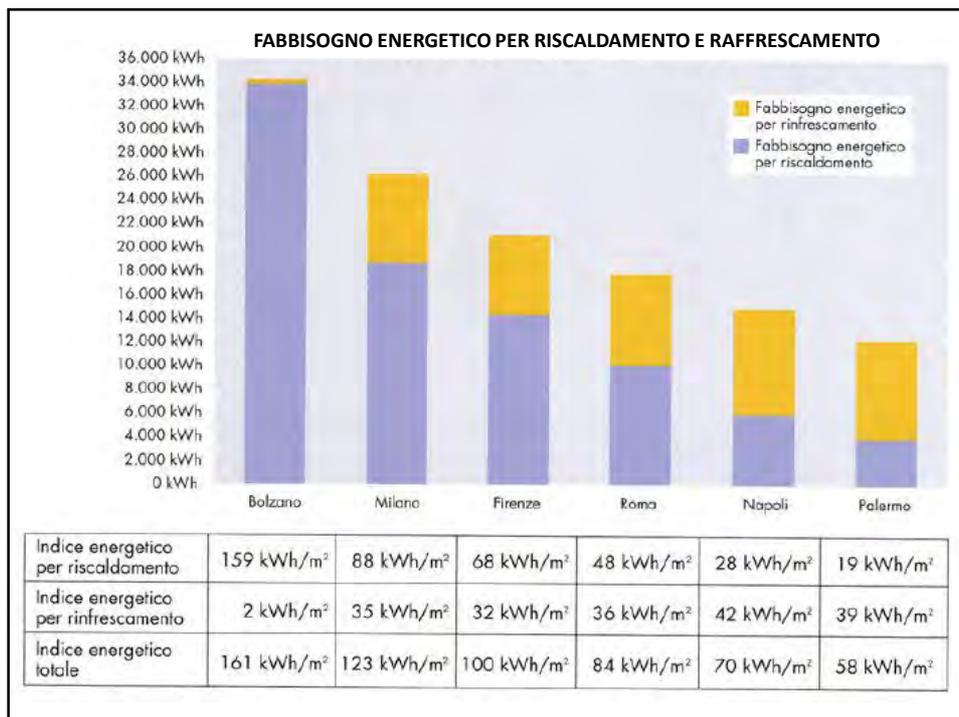
L'anno tipo consiste in 12 mesi caratteristici scelti da un database di dati meteorologici di un periodo che dovrebbe essere preferibilmente ampio almeno 10 anni.

#### GIORNO MEDIO MENSILE

È un **giorno fittizio** i cui valori orari di temperatura dell'aria, umidità relativa, intensità del vento, radiazione globale, soleggiamento vengono **determinati come media**, per ciascuna ora di ciascun mese, dei valori orari misurati in un lungo periodo.



[www.eurometeo.com/italian/read/doc\\_zone-climatiche](http://www.eurometeo.com/italian/read/doc_zone-climatiche)



### FATTORI METEOROLOGICI

La meteorologia è il ramo delle scienze dell'atmosfera che studia i fenomeni fisici che avvengono nell'atmosfera terrestre (troposfera) e responsabili del tempo atmosferico.

Lo studio dell'atmosfera è lo studio dei suoi parametri fondamentali e delle leggi fisiche o processi che intercorrono tra essi: temperatura dell'aria, umidità atmosferica, pressione atmosferica, radiazione solare, vento.



**Determinazione dei dati climatici di riferimento**

**VARIABILI**

- Irraggiamento solare
- Andamento delle temperature dell'aria e dell'umidità relativa (valori massimi e minimi, valori medi, escursioni, frequenze)
- Andamento della velocità e della direzione del vento
- Eliofoania (numero di ore di soleggiamento diretto)
- Condizioni del cielo
- Andamento delle precipitazioni meteoriche

The image displays several climate data visualizations: a topographic map with color-coded elevation, a wind rose diagram showing wind frequency by direction, a bar chart of monthly precipitation (mm) with a temperature curve, and a map of precipitation distribution over a region.

**TEMPERATURA DELL'ARIA**

*La temperatura dell'aria dipende primariamente dalla temperatura della superficie terrestre dell'area geografica a cui ci si riferisce. Tale superficie, riscaldata dai raggi solari incidenti, cede calore dall'aria per convezione e conduzione*

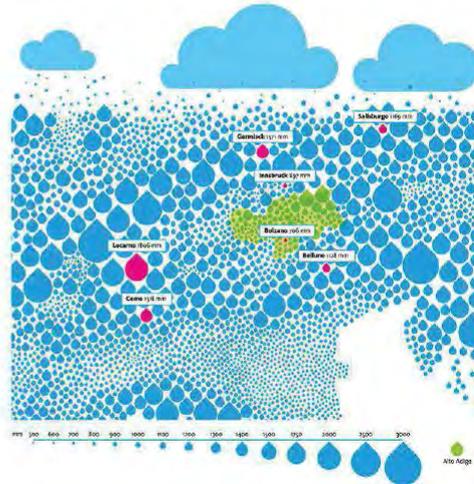
*L'aria non viene riscaldata direttamente dai raggi solari, ma per convezione e conduzione dalla superficie terrestre, la cui temperatura dipende dal bilancio tra energia solare incidente e reimmissione all'infrarosso.*

The image shows two thermometers side-by-side. The one on the left has a red bulb and a red liquid column, while the one on the right has a blue bulb and a blue liquid column. They are used to illustrate the concept of air temperature measurement.

## PRECIPITAZIONI

Si intendono tutti i fenomeni di trasferimento di acqua allo stato liquido o solido dall'atmosfera al suolo ovvero **pioggia, neve, grandine, rugiada, brina** ecc. rappresentando una fase del ciclo idrologico.

Si misurano i parametri di quantità e di frequenza.



## VENTI

Il vento è un movimento orizzontale dell'aria originato dalle differenze di pressione atmosferica esistenti tra due diverse zone della superficie terrestre, dovute a loro volta a differenze di temperatura e umidità.

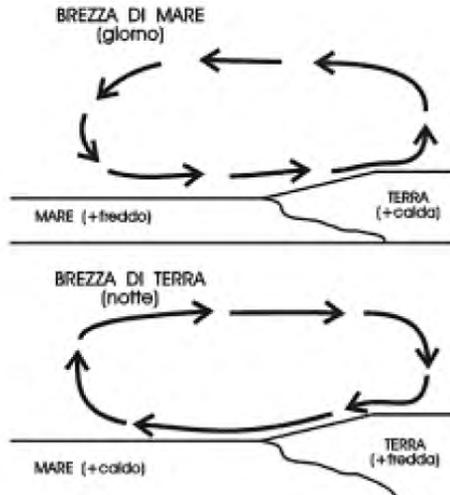
Il regime dei venti è primariamente generato dall'esistenza di masse d'aria a differente temperatura e pressione riscaldate per effetto della radiazione solare. Le masse di aria calda si muovono verso l'alto; questo movimento provoca una depressione che viene equilibrata dallo spostamento di masse di aria più fredda, producendo la formazione del vento.



## BREZZE

*Mare: le masse d'aria in corrispondenza della terra si sollevano a causa del riscaldamento dovuto all'irraggiamento e vengono compensate dalle masse d'aria più fredda che si trovano in corrispondenza del mare*

*Terra: il calore immagazzinato durante il giorno dalla massa d'acqua riscalda la colonna d'aria che si solleva, richiamando aria più fresca dalla costa*



## RADIAZIONE SOLARE

*Per radiazione solare si intende il flusso di energia emesso dal sole*

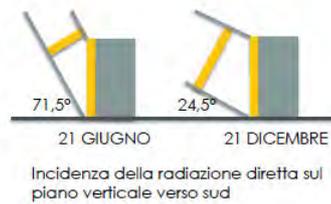
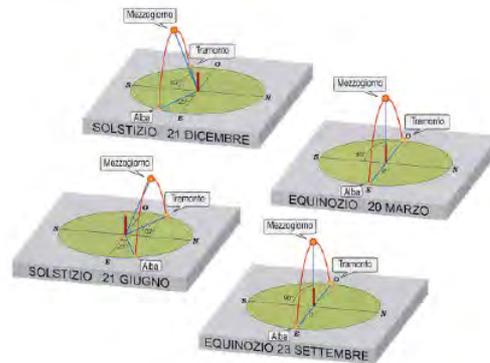
*Una qualunque superficie, comunque orientata, riceve radiazione solare diretta e diffusa che viene riflessa dal terreno e dagli oggetti circostanti. L'energia solare può essere utilizzata per produrre calore in modo passivo o per produrre energia elettrica.*

*Irraggiamento solare è sostanzialmente riconducibile a onde termiche che vengono in parte trasmesse attraverso gli oggetti, in parte riflesse (nel caso in cui l'onda cambi direzione dopo l'impatto con una superficie), o assorbite (se le stesse si attenuano successivamente all'impatto).*



## RADIAZIONE SOLARE

Per una corretta valutazione è necessario considerare l'angolo di incidenza che i raggi formano rispetto alla superficie ortogonale alla direzione della radiazione. Tale valutazione è fondamentale per la valutazione delle aperture, delle schermature e dei sistemi di captazione attivi e passivi.



## SUOLO

Il suolo è molto importante poiché la temperatura dell'aria dipende dallo scambio di calore con il terreno.

I terreni aridi (sabbia e ghiaia) determinano temperature più elevate e minore umidità; terreni umidi (argillosi) determinano temperature basse con contenuti di umidità elevati. La superficie erbosa è in grado di assorbire la radiazione solare estiva e i processi di evaporazione abbassano la temperatura dell'aria.

- **RIFLETTANZA SOLARE (Albedo)**, capacità del materiale di riflettere la radiazione solare incidente; il suo valore varia da 0 (sup. assorbente) fino a 1 (100%, sup. completamente riflettente)
- **EMISSIVITÀ TERMICA**, capacità del materiale di emettere calore (0-1)
- **INDICE DI RIFLESSIONE SOLARE SRI (Solar Reflectance Index)**, ovvero il parametro che esprime la capacità di un materiale di respingere il calore solare

### ACQUA E ASSETTO DELLA VEGETAZIONE

*Il rapporto fra massa di terra e corpo d'acqua determina situazioni climatiche specifiche. Infatti quando predomina la presenza di corpi d'acqua le escursioni termiche saranno più contenute e la temperature più mite. Questo fenomeno è provocato dalle differenti capacità termiche del suolo e dell'acqua.*



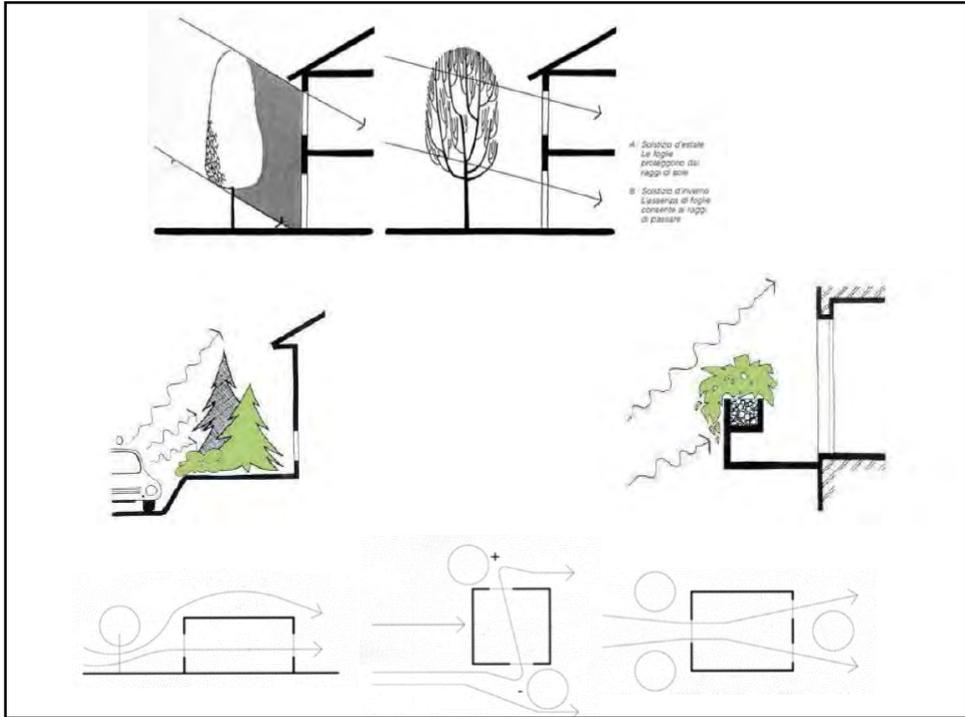
### ACQUA E ASSETTO DELLA VEGETAZIONE

*la vegetazione esercita una azione fondamentale per la determinazione del microclima locale, sia grazie al procedimento di fotosintesi sia per l'ombreggiamento degli edifici o come barriera frangivento.*

*Caratteristiche e vantaggi offerti dalla vegetazione:*

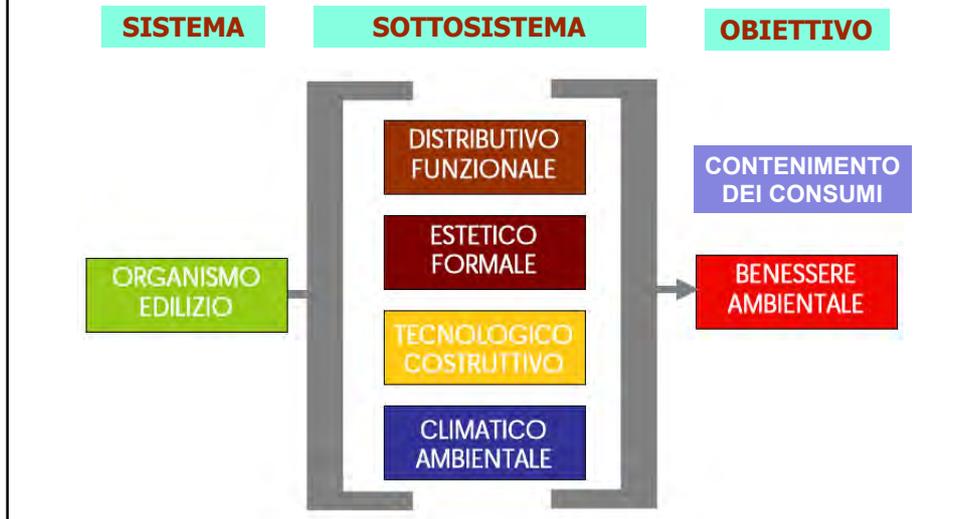
- Protezione dai raggi solari incidenti;
- Protezione dai venti dominanti;
- Protezione acustica;
- Controllo del clima (temperatura e umidità);
- Capacità depurativa dell'aria;
- Mantenimento dell'equilibrio idrogeologico;
- Benessere psicologico;
- Valorizzazione economica del manufatto



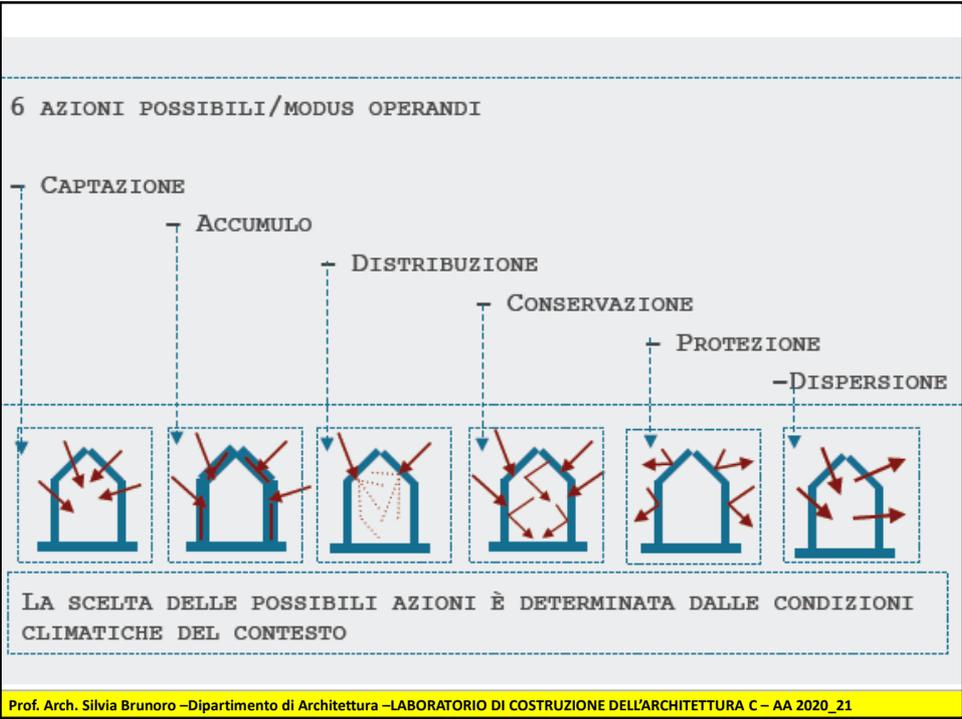


## STRATEGIE DI CONTROLLO DEL RENDIMENTO ENERGETICO DELL'EDIFICIO

Una limitazione dei consumi complessivi può essere ottenuta attraverso strategie integrate di intervento a diverse scale legate alle scelte progettuali e costruttive

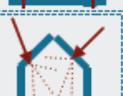


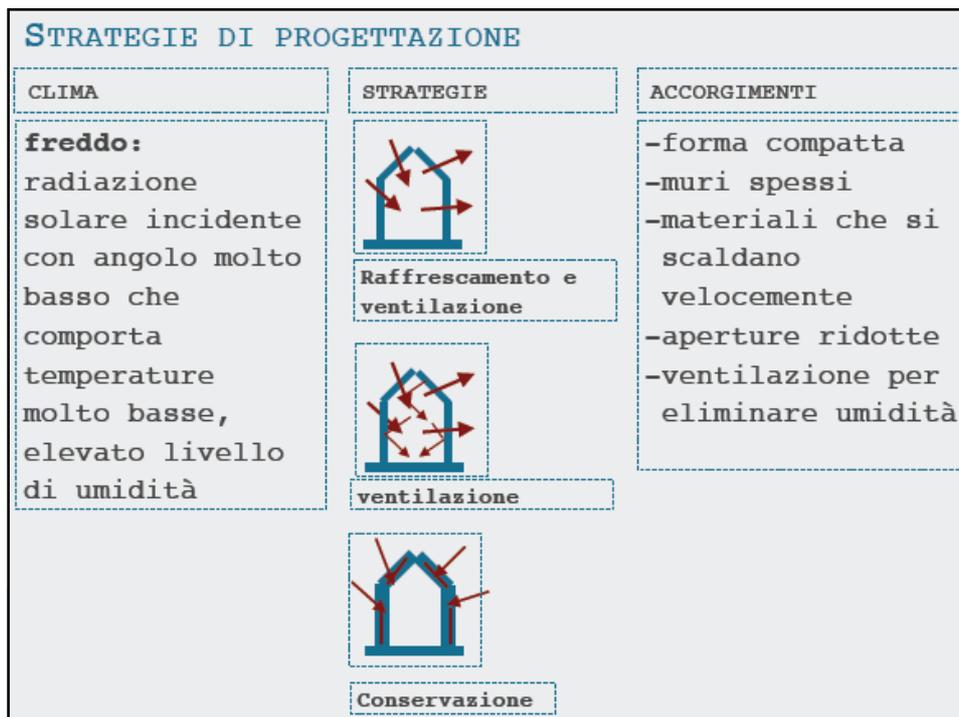
Prof. Arch. Silvia Brunoro –Dipartimento di Architettura –LABORATORIO DI COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA C – AA 2020\_21



| STRATEGIE DI PROGETTAZIONE   |                                   |  |
|--|-----------------------------------|--|
| CLIMA  | STRATEGIE                         | ACCORGIMENTI   |
| <b>caldo secco:</b><br>radiazione solare incidente con angolo quasi perpendicolare che comporta temperature molto elevate, poca umidità e forte re-irraggiamento notturno; forte delta termico giornaliero | <br>Massa termica                 | -sporti per le aperture<br>-aperture ridotte<br>-colori chiari<br>-muri spessi<br>-patii con vegetazione<br>-torri di ventilazione |
|  | <br>Protezione radiazione solare  |  |
|  | <br>Raffrescamento e ventilazione |  |

| STRATEGIE DI PROGETTAZIONE   |  |  |
|--|--|--|
| CLIMA  | STRATEGIE  | ACCORGIMENTI   |
| <b>caldo umido:</b><br>radiazione solare incidente con angolo quasi perpendicolare che comporta temperature molto elevate, molta umidità | <br>Protezione radiazione solare  | -muri e coperture leggere per favorire la ventilazione<br>-distacco o isolamento dal terreno |
|  | <br>Raffrescamento e ventilazione |  |

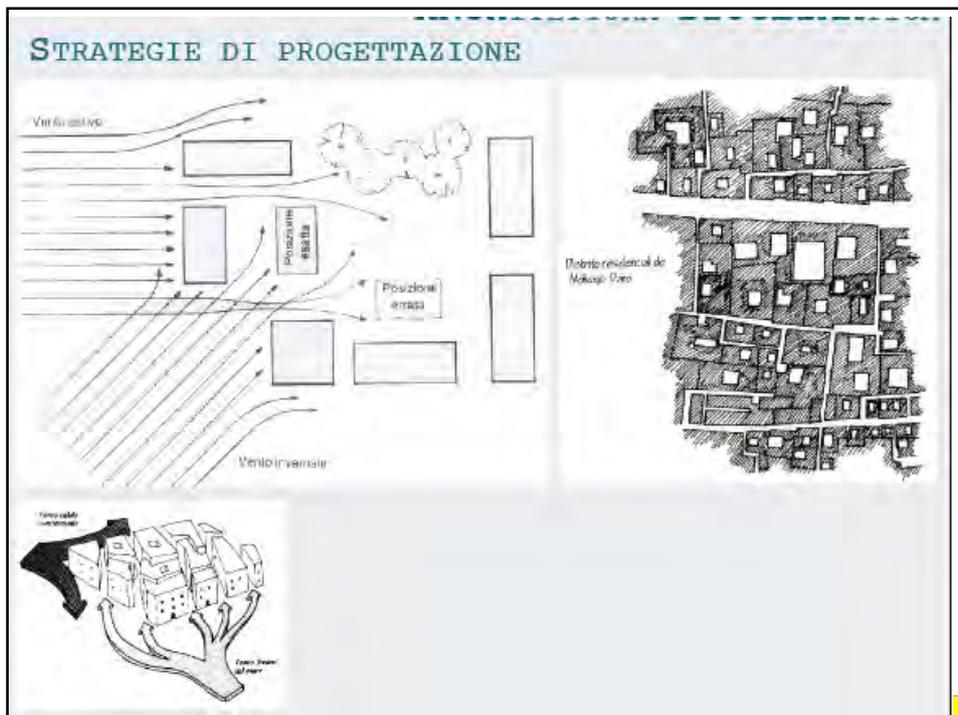
| STRATEGIE DI PROGETTAZIONE   |  |  |
|--|--|--|
| CLIMA  | STRATEGIE  | ACCORGIMENTI   |
| <b>temperato:</b><br>altezza del sole variabile, radiazione solare variabile nel corso dell'anno | <br>Protezione radiazione solare  | -schermature regolabili<br>-muri spessi<br>-isolamento<br>-edifici ipogei<br>-sistemi di ombreggiamento<br>-patii<br>-ventilazione |
|  | <br>Raffrescamento e ventilazione |  |
|  | <br>Conservazione                 |  |
|  | <br>Accumulo                      |  |
|  | <br>Distribuzione                 |  |



## FATTORI METEOROLOGICI

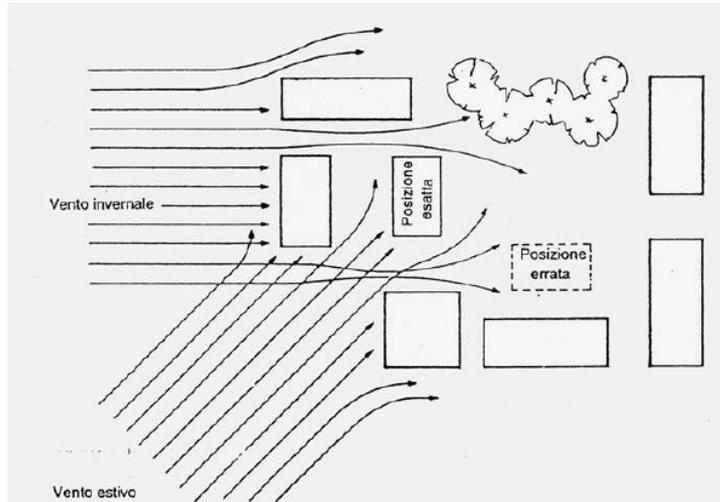


Prof. Arch. Silvia Brunoro –Dipartimento di Architettura –LABORATORIO DI COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA C – AA 2020\_21

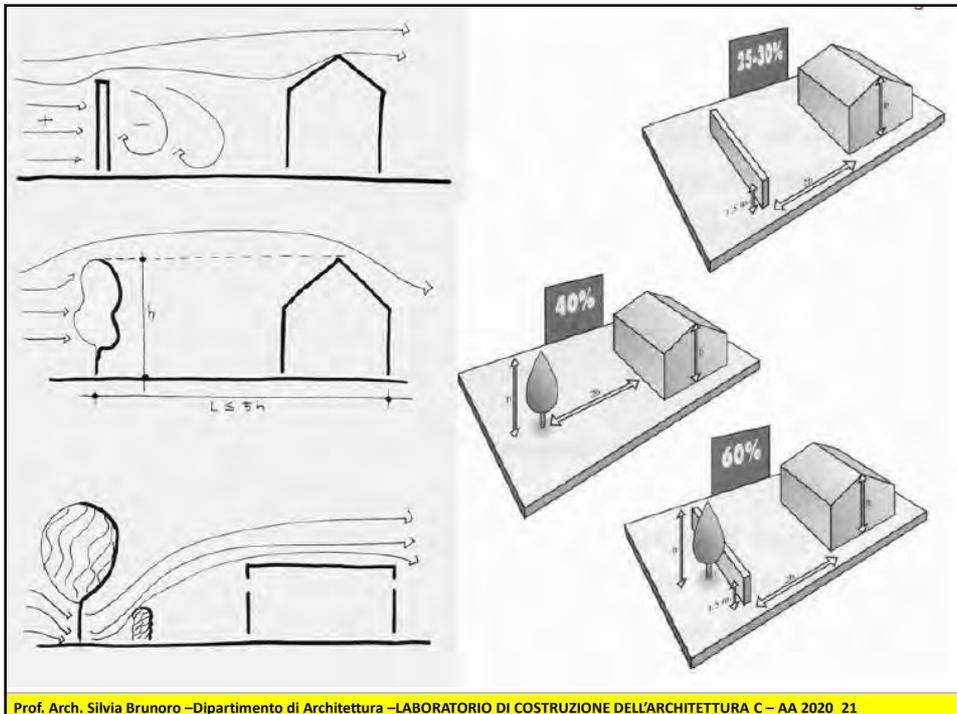


## Protezione dai venti invernali

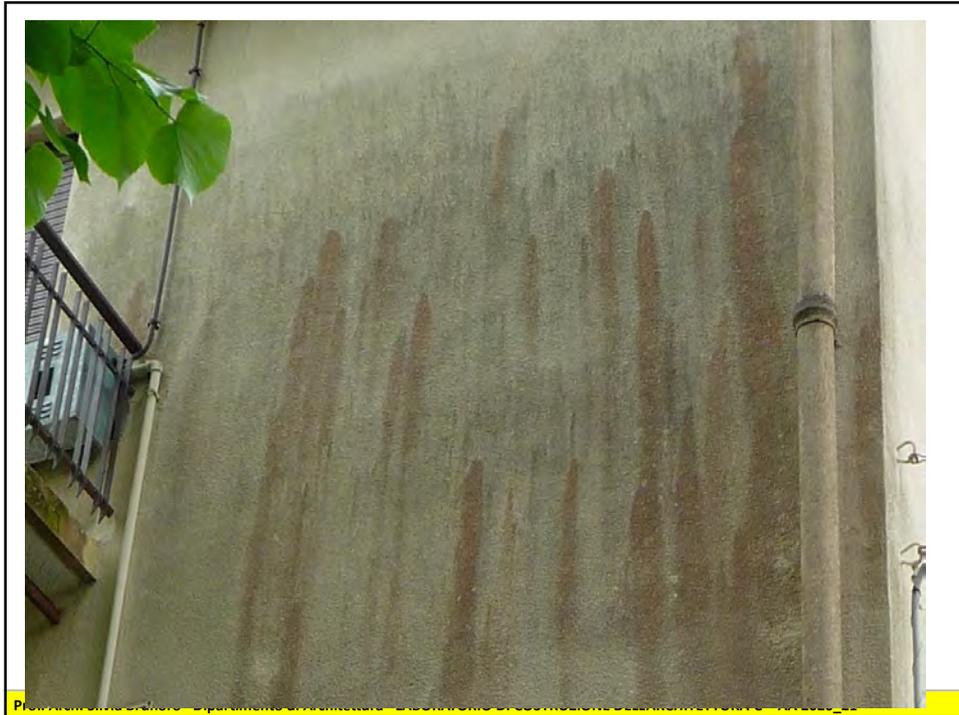
Inserendo un edificio in un ambito già edificato, la localizzazione ottimale è quella che espone la costruzione ai venti dominanti estivi, proteggendola da quelli invernali.



Prof. Arch. Silvia Brunoro –Dipartimento di Architettura –LABORATORIO DI COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA C – AA 2020\_21



Prof. Arch. Silvia Brunoro –Dipartimento di Architettura –LABORATORIO DI COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA C – AA 2020\_21



## FORMA E DIMENSIONE DEGLI EDIFICI

**Non è possibile definire una forma ideale**, essa risulta influenzata da fattori di volta in volta diversi

- Fattori ambientali
- Esigenza funzionali
- Esigenze psicologiche
- Esigenze architettoniche
- Fattori economici
- Vincoli legislativi e normativi
- Vincoli di contesto ambientale

## STRATEGIE DI PROGETTAZIONE

### FORMA DELL'EDIFICIO

- tipologia
- forma planimetrica
- compattezza

### RAPPORTO SUPERFICIE DI INVOLUCRO E VOLUME CONTENUTO

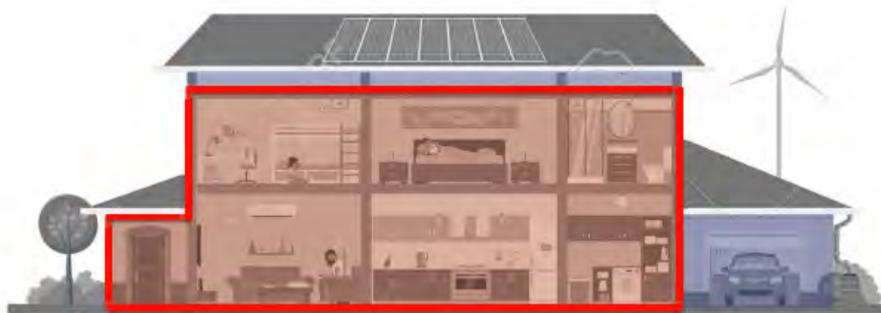
Forme compatte:  
minimizzano gli scambi  
energetici con  
l'esterno

Forme libere:  
favoriscono gli scambi  
termici e la  
ventilazione naturale

### LA FORMA DELL'EDIFICIO CAMBIA L'EFFETTO DEI FLUSSI ENERGETICI

guadagno termico  
maggiore in inverno

guadagno termico  
maggiore in estate



SUPERFICIE ESTERNA LORDA – SUPERFICIE DISPERDENTE

**COMPATTEZZA DELL'EDIFICIO = RAPPORTO S/V SUPERFICIE DISPERDENTE/VOLUME RISCALDATO**

**VOLUME**

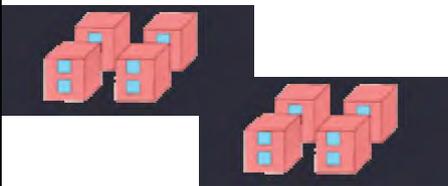
Più piccolo è l'elemento, più è sfavorevole il rapporto S/V



LATO = 12 M  
 Volume 1728 mc  
 Superficie disperdente  $12 \times 12 \times 6 = 864$  mq  
 $S/V = 864/1728 = 0,5$



LATI =  $6 \times 12 \times 24$   
 Volume 1728 mc  
 Superficie disperdente  $(6 \times 12) \times 2 + (12 \times 24) \times 2 + (6 \times 24) \times 2 = 1008$  mq  
 $S/V = 1008/1728 = 0,65$



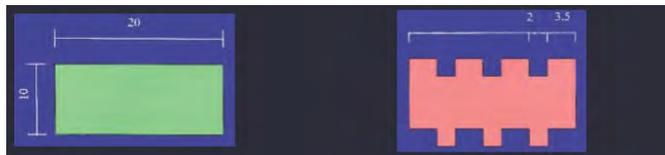
LATI = 6 (8 cubi)  
 Volume 1728 mc  
 Superficie disperdente  $(6 \times 6) \times 8 = 1728$  mq  
 $S/V = 1728/1728 = 1$

**COMPATTEZZA DELL'EDIFICIO =**

**RAPPORTO S/V SUPERFICIE DISPERDENTE/VOLUME RISCALDATO**

**FORMA**

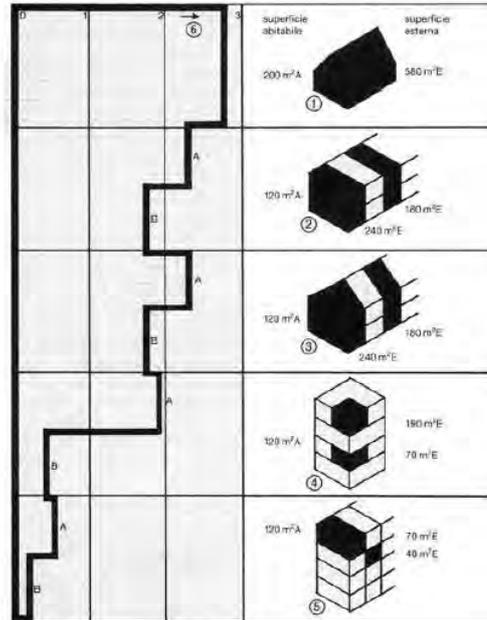
Più articolata è la superficie, più è sfavorevole il rapporto S/V



$V = 20 \times 10 \times 12 = 2400$  mc  
 $S = 40 + 20 = 60$  mq  
 $S/V = 60/2400 = 0,02$

$V = 20 \times 10 \times 12 = 2400$  mc  
 $S = 10 + 10 + (3,5 \times 3) \times 2 + (2 \times 9) \times 2 = 77$  mq  
 $S/V = 77/2400 = 0.03$

A parità di volume l'elemento variabile è la superficie esterna disperdente.

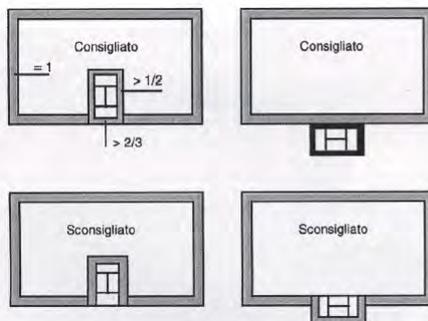


rapporto tra la sup. esterna di un edificio in mq E e la sup. abitabile in mq A in funzione della forma geometrica dell'involucro

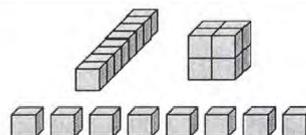
**COMPATTEZZA DELL'EDIFICIO = RAPPORTO S/V SUPERFICIE DISPERDENTE/VOLUME RISCALDATO**

**In un edificio passivo:**

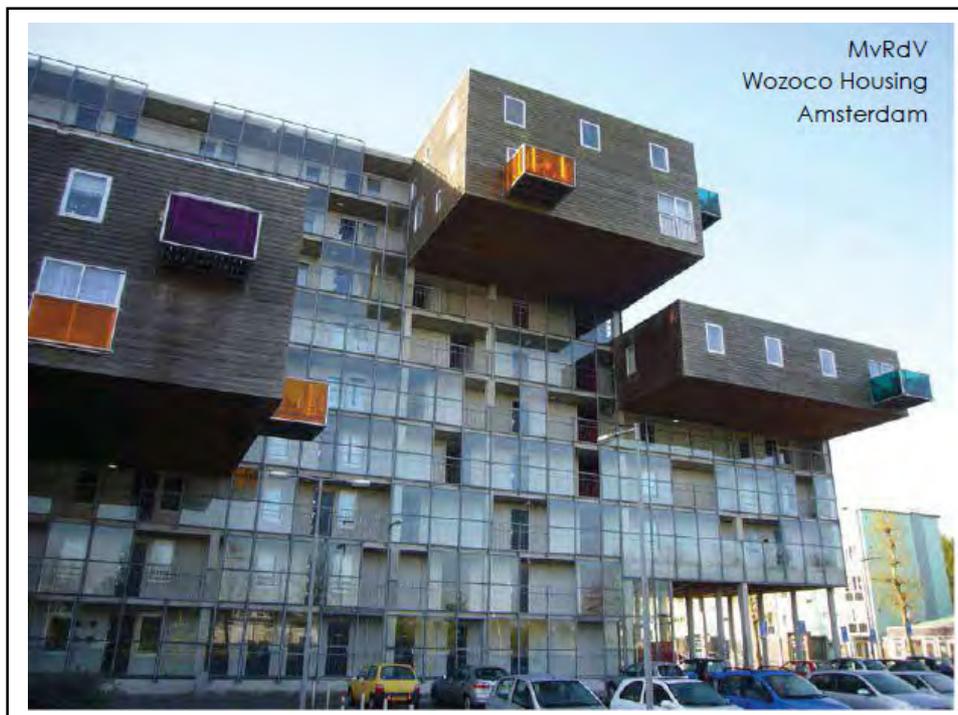
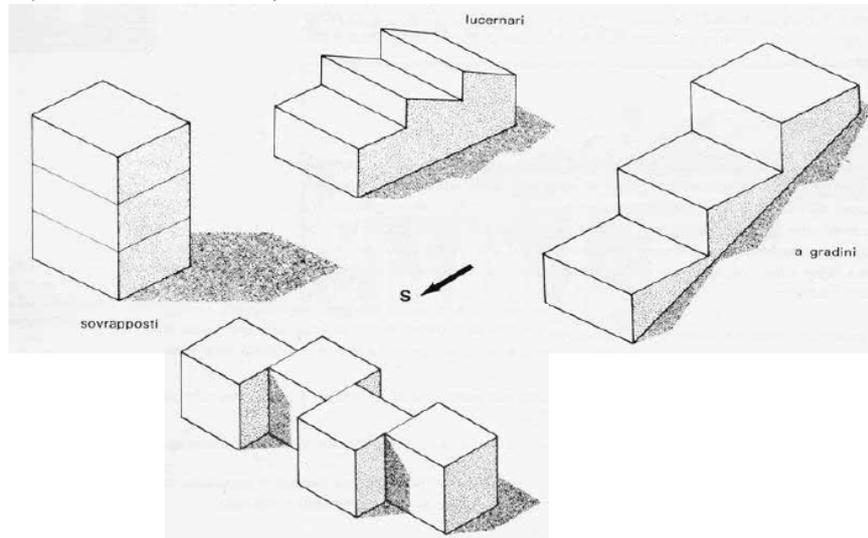
- l'indice di compattezza = rapporto tra superficie perimetrale e volumetria contenuta < 0,6
- Balconi, terrazze, verande esterni all'involucro termico
- Corpo scala condominiale: interamente interno o esterno all'involucro termico



|  | Edificio piccolo<br>V = 1.000 m <sup>3</sup> |      | Edificio grande<br>V = 10.000 m <sup>3</sup> |      |
|--|--|------|--|------|
|  | S  | S/V  | S  | S/V  |
| Tutti gli 8 dadi riuniti in un grande dado | 600  | 0,6  | 2.785  | 0,28 |
| Gli otto dadi schierati                    | 850  | 0,85 | 3.945  | 0,39 |
| 8 dadi singoli                             | 1.200  | 1,2  | 5.570  | 0,56 |



Le unità funzionali di un organismo edilizio possono essere aggregate fra loro in modo diverso a seconda dei vincoli edilizi ed urbanistici esistenti, nonché di esigenze funzionali o formali di volta in volta diverse; l'importante è tenere sempre in considerazione le implicazioni che ogni scelta comporta nei confronti delle questioni ambientali e climatiche.



MvRdV  
Edificio Celosia  
Madrid

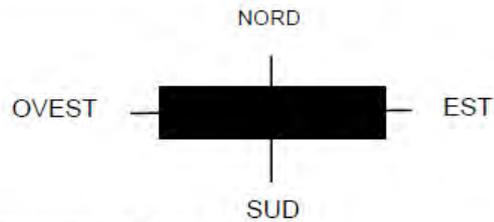


## **2. RISORSA = SOLE MASSIMIZZAZIONE DEGLI APPORTI SOLARI GRATUITI**

Localizzazione ed orientamento dell'edificio  
Sistemi solari passivi  
Riduzione dei rischi di ombreggiamento invernale  
Distribuzione funzionale degli spazi interni

#### RAPPORTO EDIFICIO CONTESTO

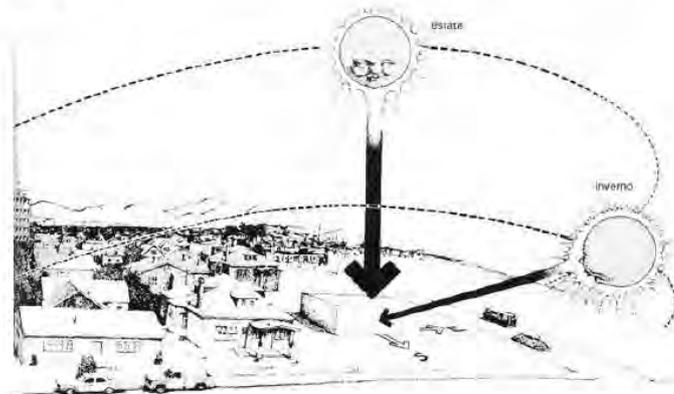
- ORIENTAMENTO EDIFICIO
- DISTRIBUZIONE DELLE FUNZIONI SECONDO LE ZONE TERMICHE
- DISTRIBUZIONE E MORFOLOGIA DEI VOLUMI



MASSIMA CAPTAZIONE A **SUD** MESI INVERNALI  
MINIMA CAPTAZIONE FRONTI **EST/OVEST** MESI ESTIVI (surriscaldamento)

#### Localizzazione ed orientamento

La scelta della localizzazione di un edificio comincerà effettuando un rilievo accurato dell'area interessata che metta in evidenza le caratteristiche morfologiche del terreno, la presenza elementi naturali significativi quali la vegetazione o corsi d'acqua, nonché la presenza di edifici o altri elementi artificiali. In un clima temperato si procederà poi ad individuare i luoghi più soleggiati del sito, ossia quelli con visuale libera verso il Sud e con il minimo di ostacoli (naturali ed artificiali) al basso sole invernale.



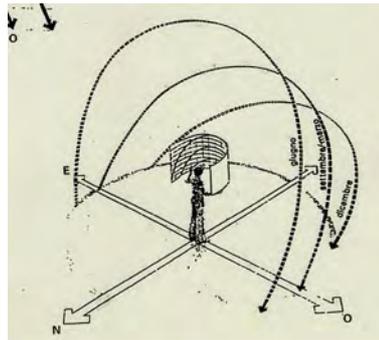
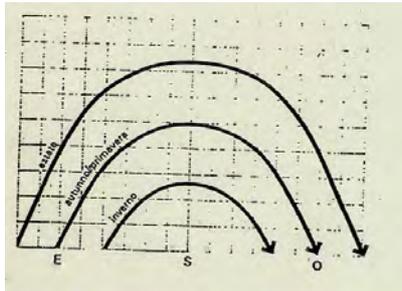
Fonte: E. Mazria, Sistemi Solari Passivi, Ed. Franco Muzzio, 1990

**CHE COS'E' IL DIAGRAMMA SOLARE?**

E' UNA RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA DELLA PROIEZIONE DELL'IPOTETICO MOTO DEL SOLE SUL PIANO VERTICALE

**A COSA SERVE IL DIAGRAMMA SOLARE?**

SERVE A DESCRIVERE IL MOTO APPARENTE DEL SOLE NELLA VOLTA CELESTE AL VARIARE DELLE STAGIONI, ASSUMENDO COME CONVENZIONE CHE LA TERRA SIA FERMA E CHE IL SOLE SI MUOVA ATTORNO AD ESSA

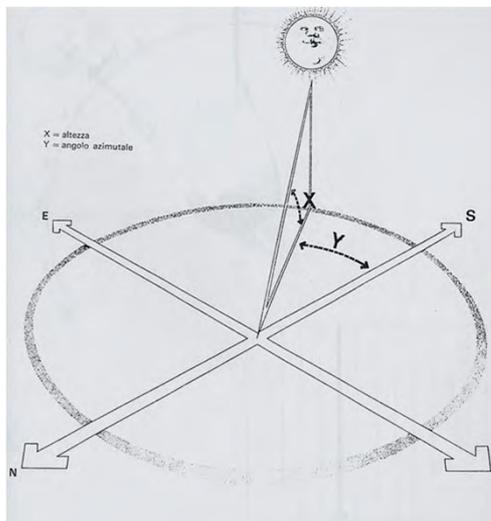


## ALTEZZA SOLARE E ANGOLO AZIMUTALE

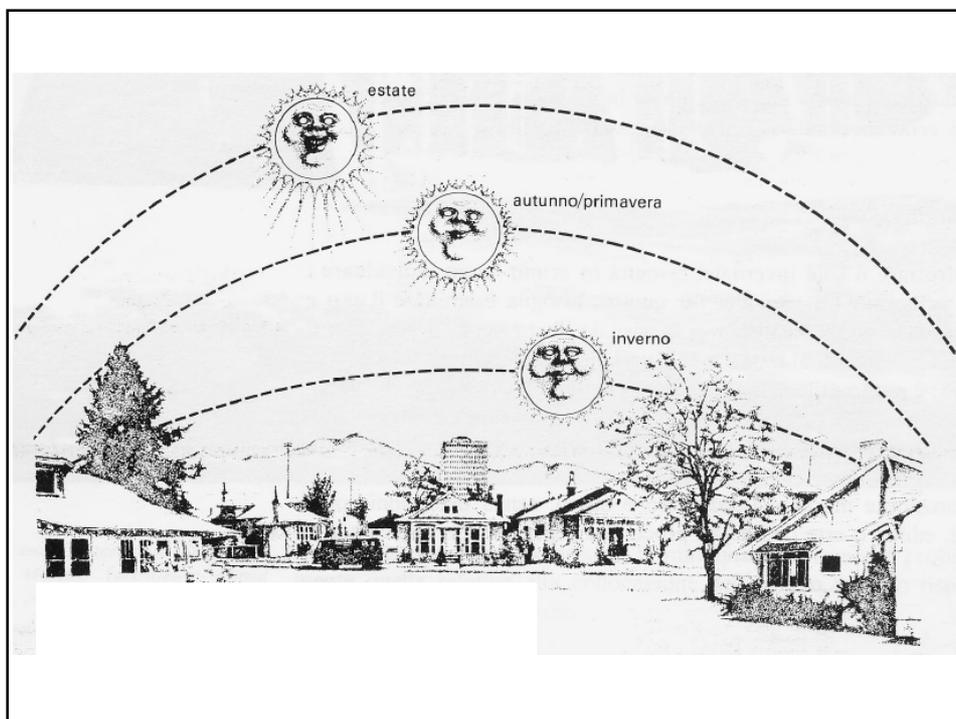
PER COMPRENDERE GLI EFFETTI DEL SOLE E RISPONDERVI ADEGUATAMENTE BISOGNA CONOSCERE, IN OGNI MOMENTO, LA POSIZIONE DEL SOLE NEL CIELO

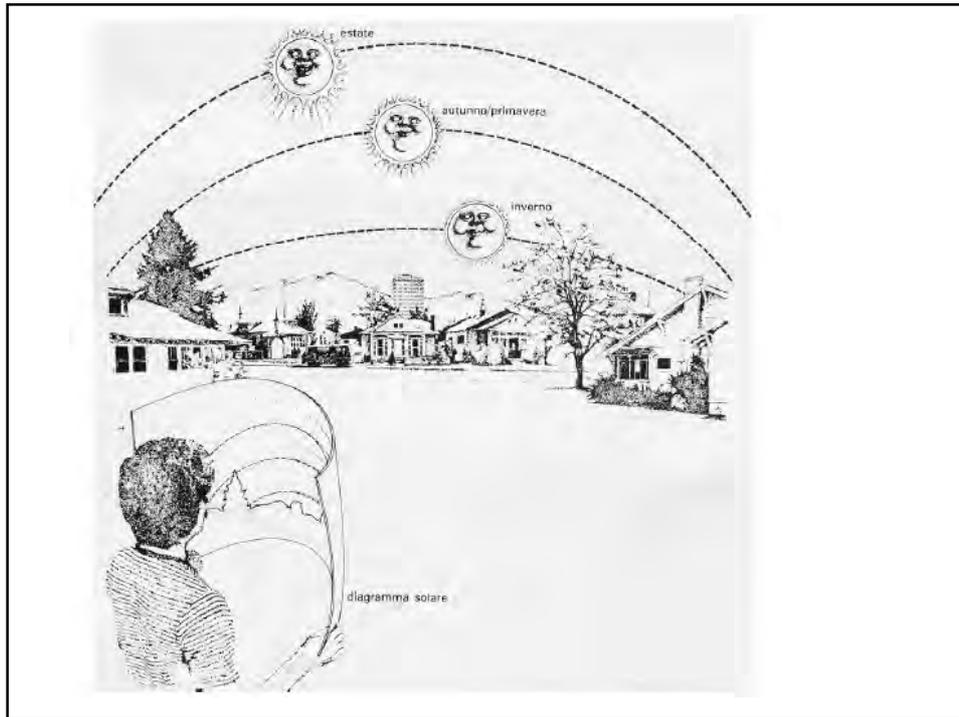
LA POSIZIONE DEL SOLE RISPETTO ALLA TERRA E' IDENTIFICATA IN OGNI ISTANTE DALLA SUA **ALTEZZA** E DAL SUO **AZIMUT**

**X = ALTEZZA**  
**Y = AZIMUT**

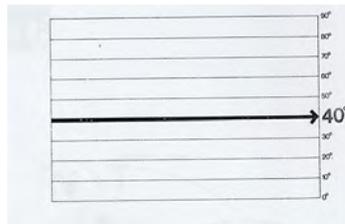
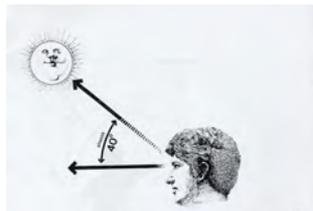


I DATI DELL'ALTEZZA SOLARE E DELL'AZIMUT DEL SOLE PER OGNI ORA DI QUALSIASI GIORNO DELL'ANNO, SECONDO LA LATITUDINE, SONO FORNITI DA TABELLE, CARTE SOLARI, DIAGRAMMI SOLARI

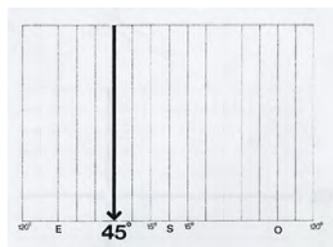
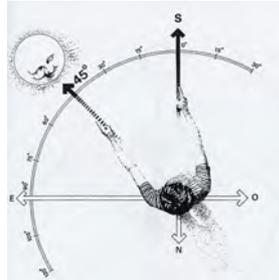




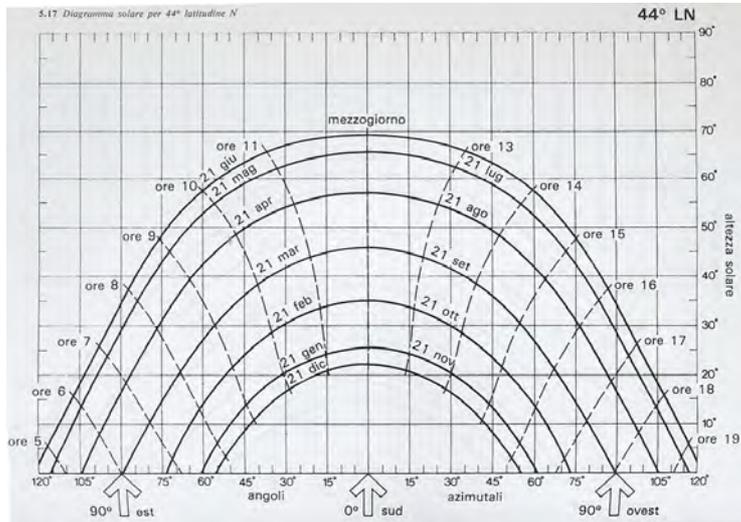
NEL **DIAGRAMMA SOLARE CILINDRICO** (VERTICALE) LE LINEE ORIZZONTALI RAPPRESENTANO GLI ANGOLI DI ALTEZZA COSTANTE SOPRA L'ORIZZONTE, CON INCREMENTI DI 10 GRADI



LE LINEE VERTICALI RAPPRESENTANO GLI ANGOLI AZIMUTALI COSTANTI CON INCREMENTI DI 15 GRADI



### DIAGRAMMA SOLARE CILINDRICO (VERTICALE)

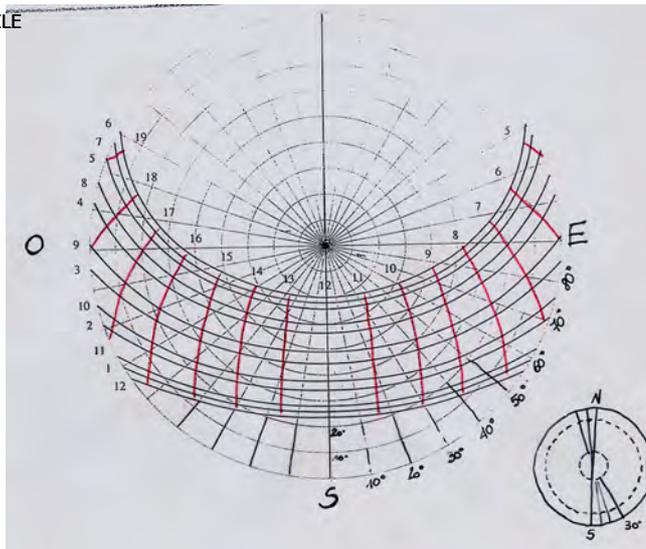


### DIAGRAMMA SOLARE POLARE (ORIZZONTALE)

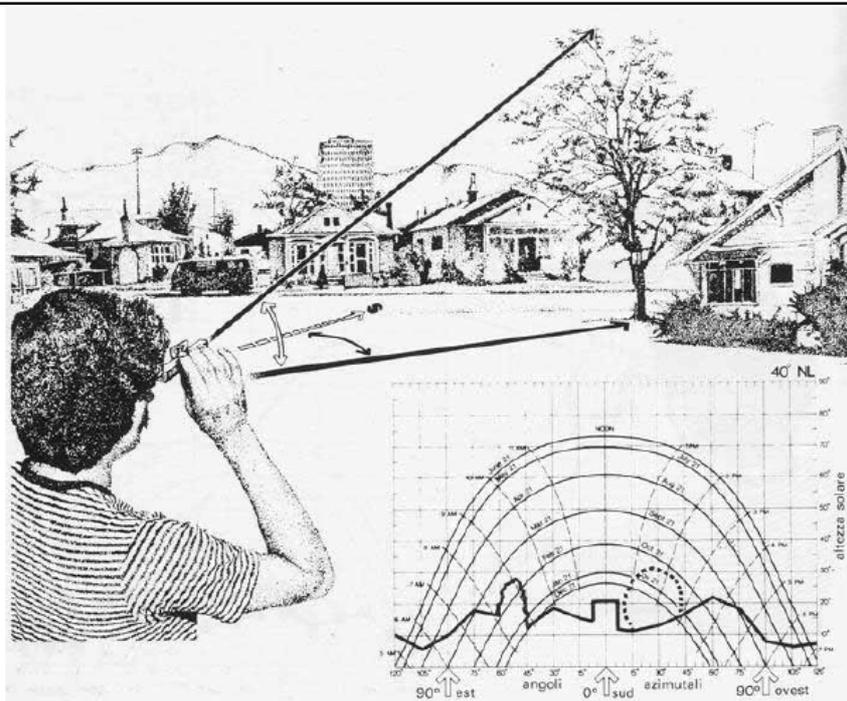
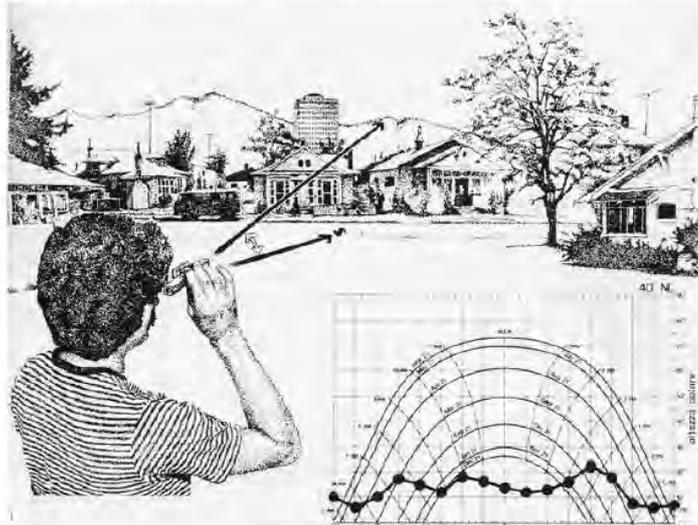
CERCHI CONCENTRICI = ALTEZZA SOLARE

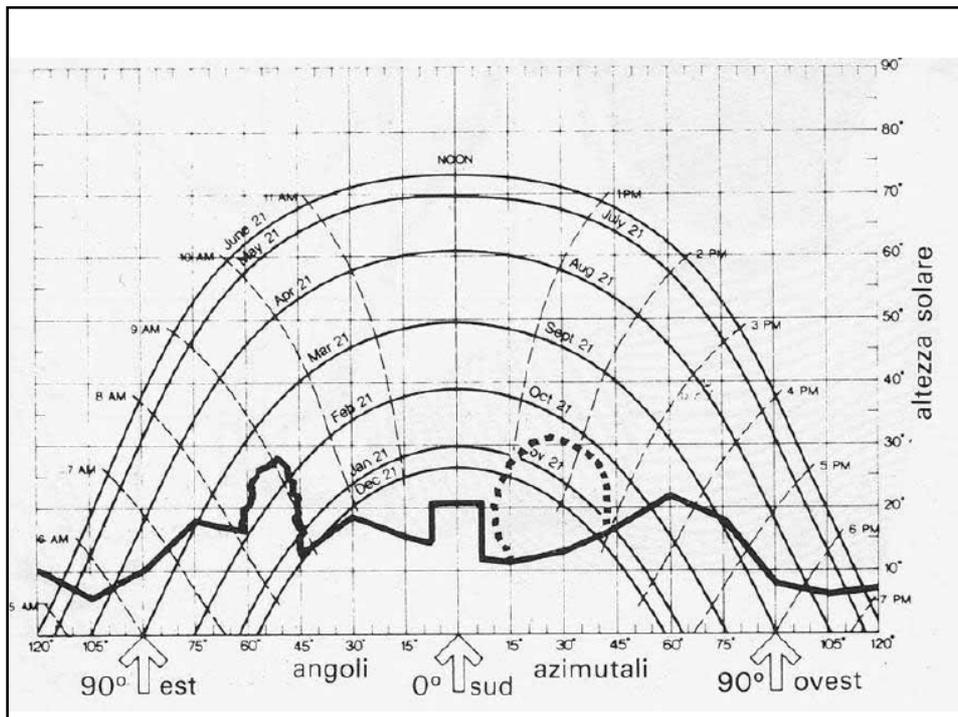
LINEE RADIALI = ANGOLI AZIMUTALI

ARCHI = PERCORSO SOLARE MENSILE



Per determinare in maniera corretta le ore del giorno in cui un ostacolo impedisce che la radiazione solare diretta raggiunga un preciso punto del sito è necessario innanzitutto rilevare il cosiddetto **profilo dell'orizzonte**.





### LE MASCHERE DI OMBREGGIAMENTO

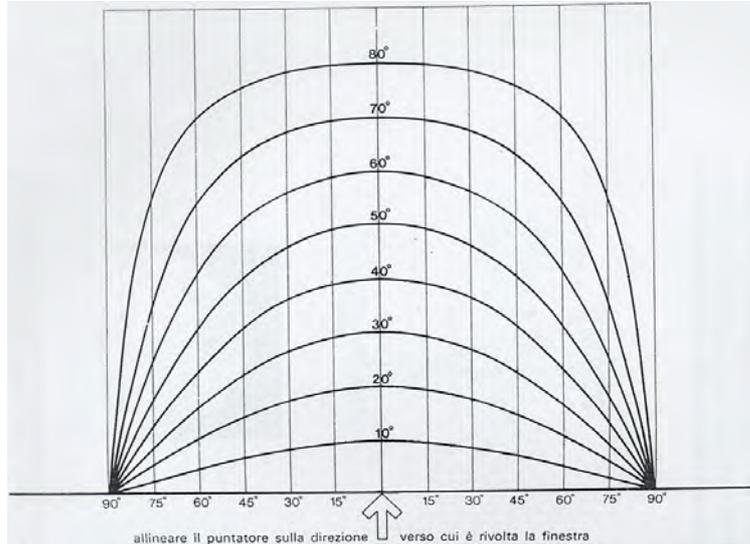
PER QUALSIASI SUPERFICIE SI PUO' ELABORARE UN DISEGNO DELLE SCHERMATURE E OSTRUZIONI COSTRUIENDO LA MASCHERA DI OMBREGGIAMENTO

LA MASCHERA DI OMBREGGIAMENTO SOVRAPPONESTA AL DIAGRAMMA SOLARE ALLA LATITUDINE A CUI SI TROVA L'EDIFICIO, CONSENTE DI DETERMINARE LE ORE IN CUI LA RADIAZIONE SOLARE DIRETTA NON RAGGIUNGE QUELLA SUPERFICIE, CHE RIMANE QUINDI IN OMBRA

LA MASCHERA DI OMBREGGIAMENTO SONO RAPPRESENTAZIONI GEOMETRICHE DELLE CARATTERISTICHE DI OMBREGGIAMENTO DI UNA PARTICOLARE SCHERMATURA OD OSTACOLO (BARRIERE VERDI, ECC.) E, CONGIUNTAMENTE AI DIAGRAMMI SOLARI, VENGONO IMPIEGATE PER LA PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI OMBREGGIAMENTO A RIDOSSO O A DISTANZA DELL'EDIFICIO

LA RAPPRESENTAZIONE NON DIPENDE DA LATITUDINE, ORIENTAZIONE, ORA, MA SOLAMENTE DALLE CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL SISTEMA (ANGOLO)

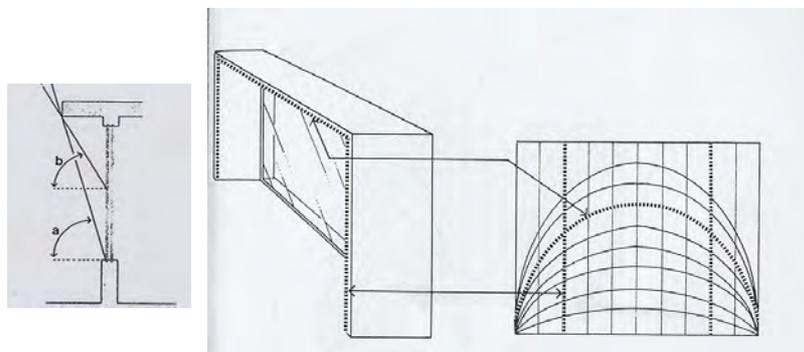
**CALCOLATORE DELLE OMBRE (goniometro di ombreggiamento cilindrico)**



CON GLI ANGOLI OTTENUTI DAL DISEGNO ENTRO NEL GONIOMETRO DI OMBREGGIAMENTO CILINDRICO (o calcolatore delle ombre) MEDIANTE IL QUALE RICAVO LA MASCHERA DI OMBREGGIAMENTO

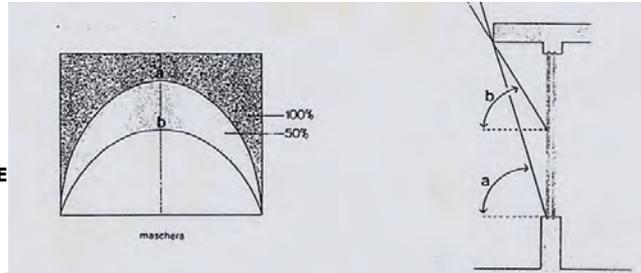
LE **LINEE CURVE** SERVONO A DISEGNARE LE LINEE DI OMBREGGIAMENTO ORIZZONTALI PARALLELE ALL'APERTURA

LE **LINEE VERTICALI** SERVONO A DISEGNARE LE LINEE DI OMBREGGIAMENTO VERTICALI PARALLELE ALL'APERTURA

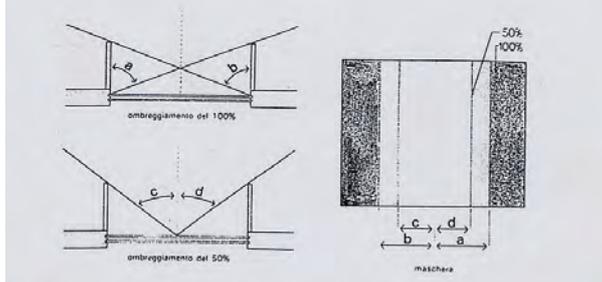


COSTRUZIONE DELLA MASCHERA DI OMBREGGIAMENTO TOTALE (100%) E PARZIALE (50%)

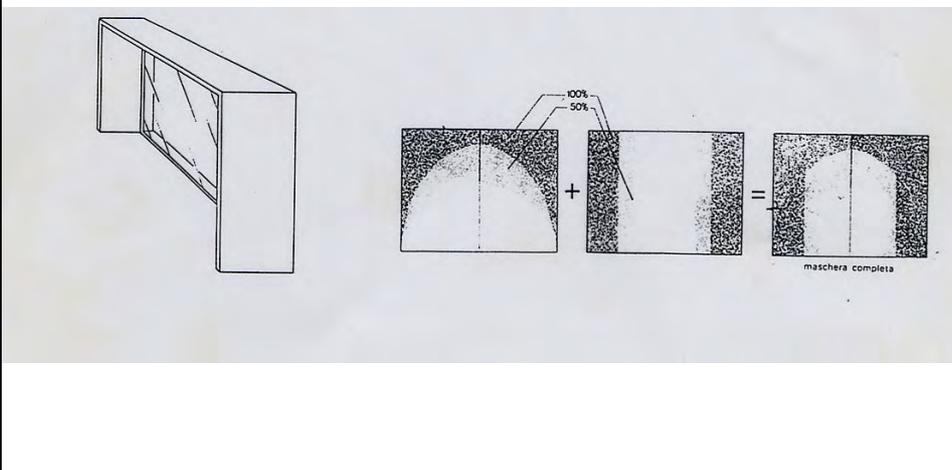
- DI SPORTO ORIZZONTALE



- DI SPORTO VERTICALE



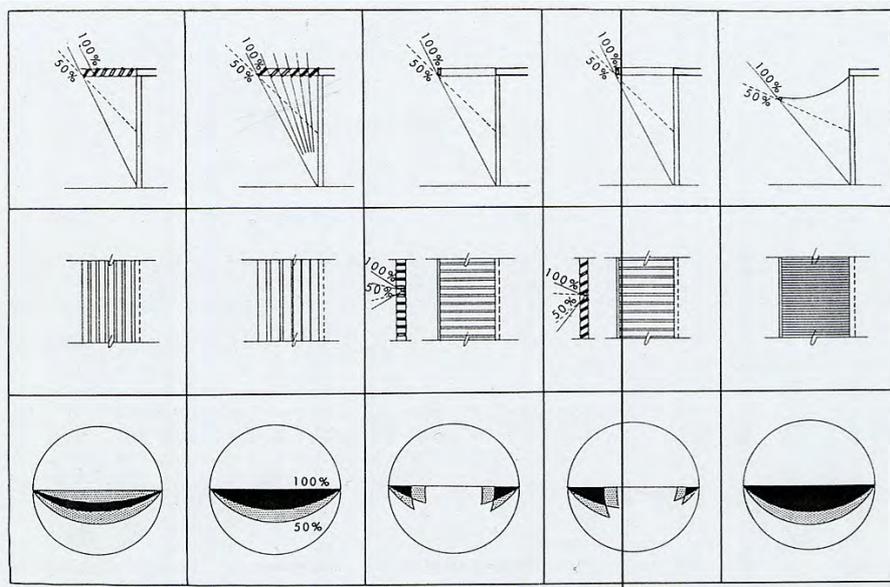
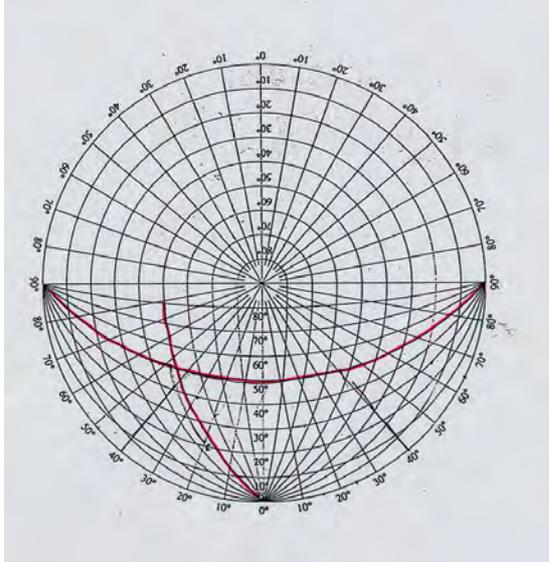
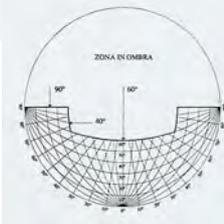
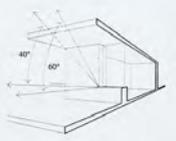
- DI SPORTO ORIZZONTALE E VERTICALE

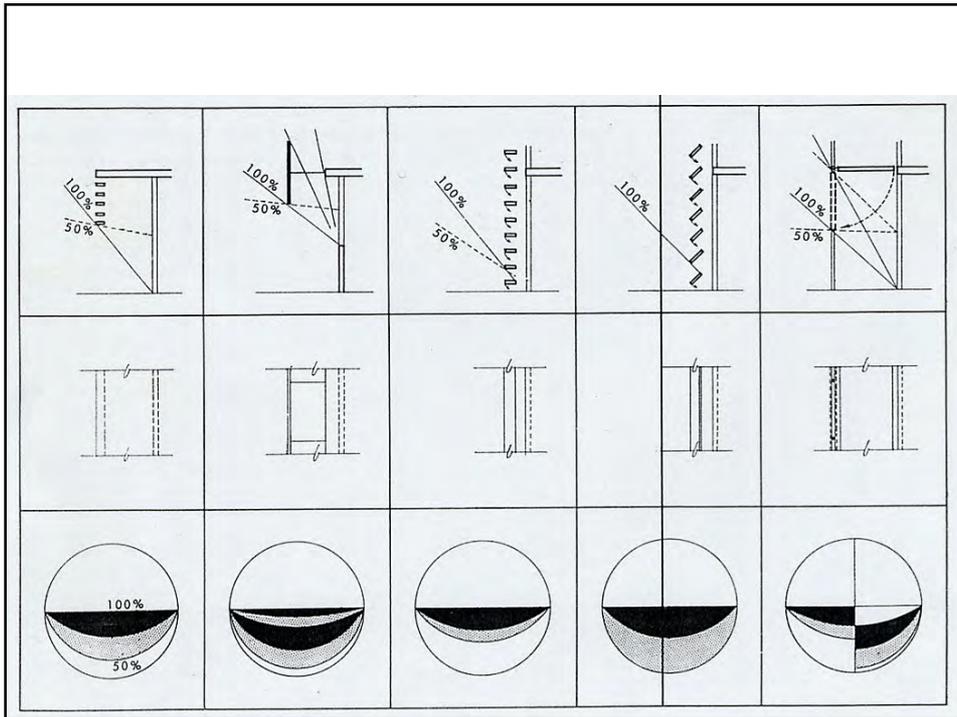


**IL CALCOLATORE DELLE OMBRE POLARE FUNZIONA ANALOGAMENTE A QUELLO CILINDRICO**

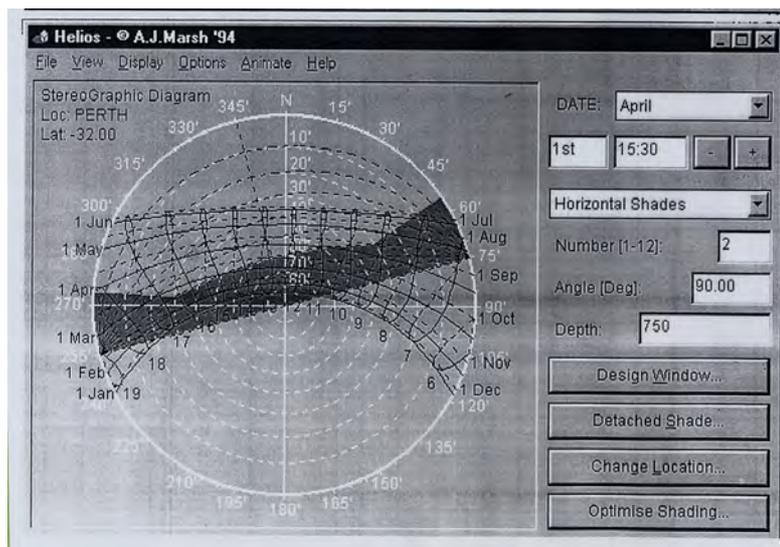
LE **LINEE CURVE** SERVONO PER DISEGNARE L'OMBREGGIAMENTO DATO DA SPORGENZE ORIZZONTALI

LE **LINEE RADIALI** SERVONO PER DISEGNARE L'OMBREGGIAMENTO DATO DA SPORGENZE VERTICALI



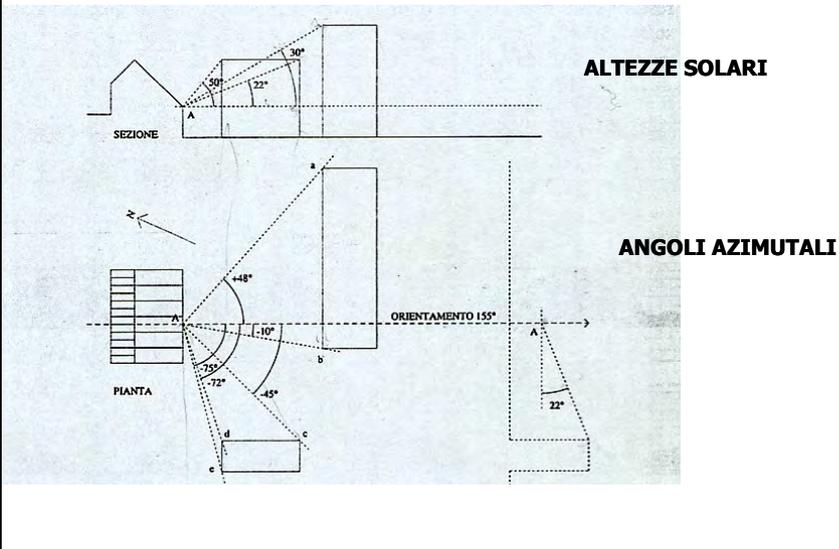


## SOFTWARE HELIOS



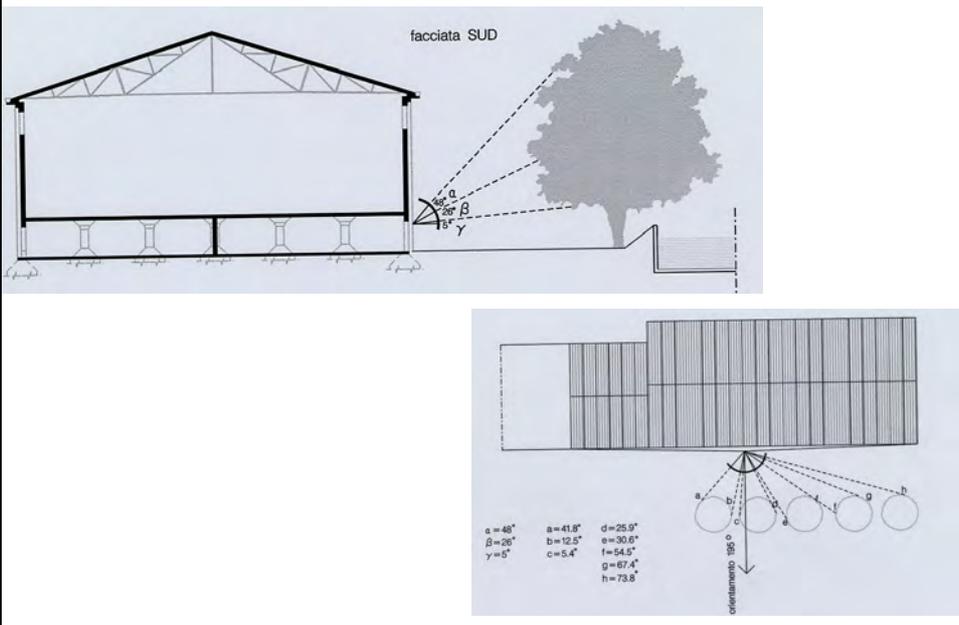
### PROFILI A MEDIA DISTANZA

PER DETERMINARE LE ORE DEL GIORNO IN CUI UN OSTACOLO IMPEDISCE ALLA RADIAZIONE SOLARE DI RAGGIUNGERE UN PUNTO E NECESSARIO DISEGNARE GLI OSTACOLI COSI' COME SONO VISTI DA QUEL PUNTO



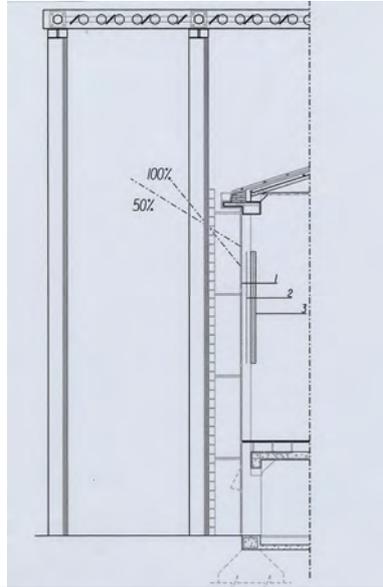
### ESEMPIO: CONTROLLO DELL'INCIDENZA DI VEGETAZIONE A FOGLIA CADUCA

(da: Tesi di Laurea Silvia Brunoro - Daniele Cavallini "Strategie sostenibili di intervento per la riqualificazione dell'ex Zuccherificio Eridania a Codigoro)





ESEMPIO: PROGETTAZIONE DI CORTINA CONTINUA FRANGISOLE A LAMELLE DI LEGNO  
 (da: Tesi di Laurea Silvia Brunoro - Daniele Cavallini "Strategie sostenibili di intervento per la riqualificazione dell'ex Zuccherificio Eridania a Codigoro)



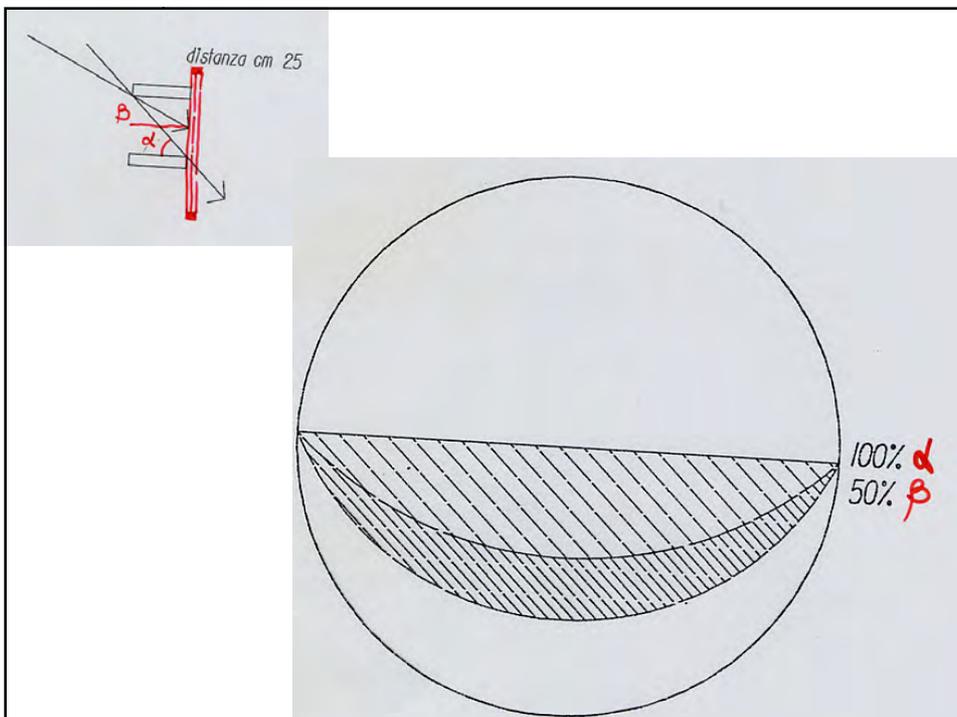
**FACCIATA SUD**

Cortina interna :

- strato 1 - inneso con telaio e vetro camera
  - strato 2 - elemento di accumulo: lastra metallica
  - strato 3 - elemento di accumulo: pannello in calcestruzzo con isolante interposto
- fenomeni: effetto serra, accumulo termico invernale

Cortina esterna:

- sistema di schermatura a lamelle orizzontali in legno
- fenomeni: esclusione della radiazione solare nella stagione calda



# http://www.solaritaly.enea.it/StrDiagrammiSolari/X12M esi2.php

**ENEA**  
Fonti Rinnovabili

Atlante italiano della radiazione solare

Home > Strumenti > Diagrammi e tabelle solari

**Diagrammi e tabelle della posizione del Sole per una determinata località**

Dati di input:  
 - Latitudine: 42°00'  
 - longitudine: 12°00'

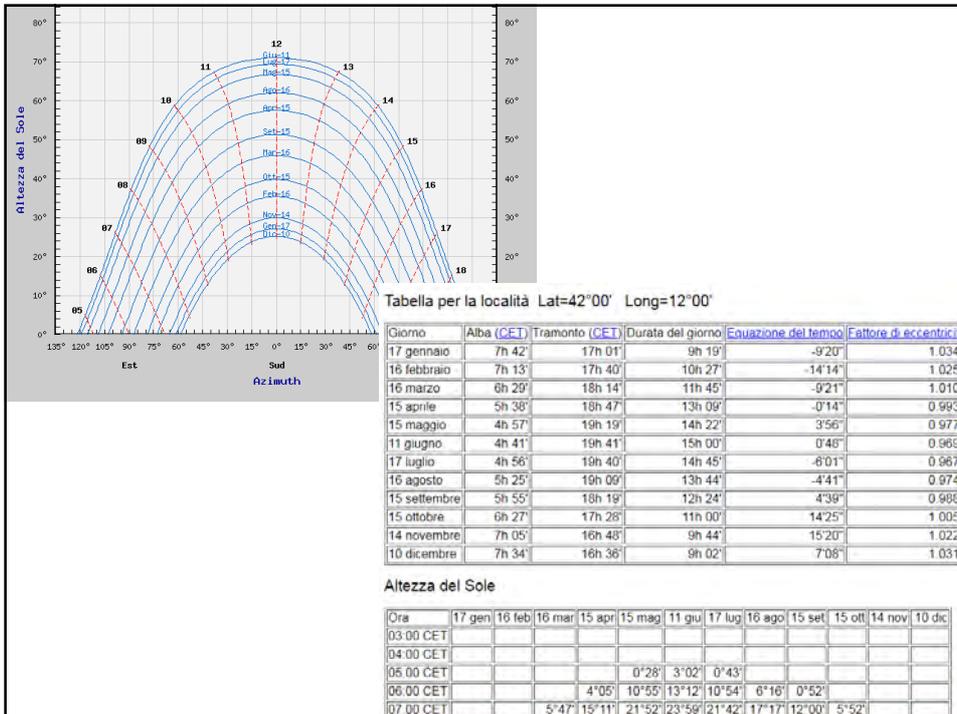
**Diagrammi**

I diagrammi riportano le traiettorie del Sole (in termini di **altezza** e **azimut** solari) nell'arco di una giornata, per più giorni dell'anno. I giorni – uno per mese – sono scelti in modo che la declinazione solare del giorno coincida con quella media del mese. Nel riferimento **polare**, i raggi uniscono punti di uguale azimut, mentre le circonferenze concentriche uniscono punti di uguale altezza. Qui le circonferenze sono disegnate con passo di 10° a partire dalla circonferenza più esterna (altezza = 0°) fino al punto centrale (altezza = 90°). Invece nel riferimento **cartesiano**, gli angoli azimutale e dell'altezza solari sono riportati rispettivamente sugli assi delle ascisse e delle ordinate. In entrambi i diagrammi, a tratteggio sono riportate le linee relative all'ora: si tratta dell'**ora solare vera**, che differisce dal tempo medio scandito dagli usuali orologi.

Per il significato delle grandezze coinvolte, consultare la pagina delle **definizioni**.

**Diagramma polare**

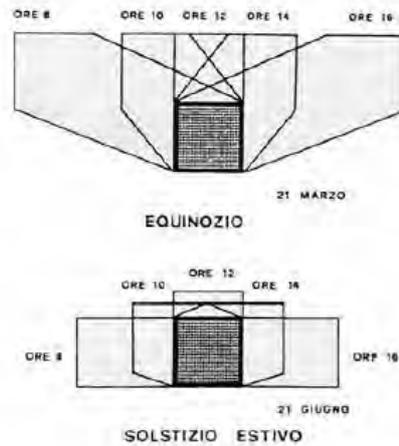
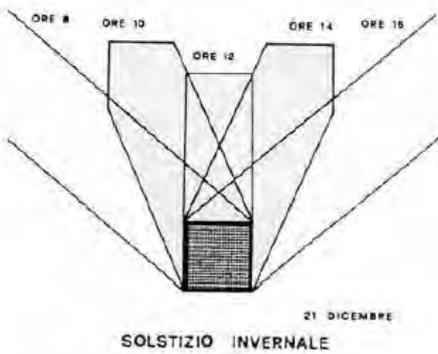
Diagramma Solare Latitudine: 42°00'

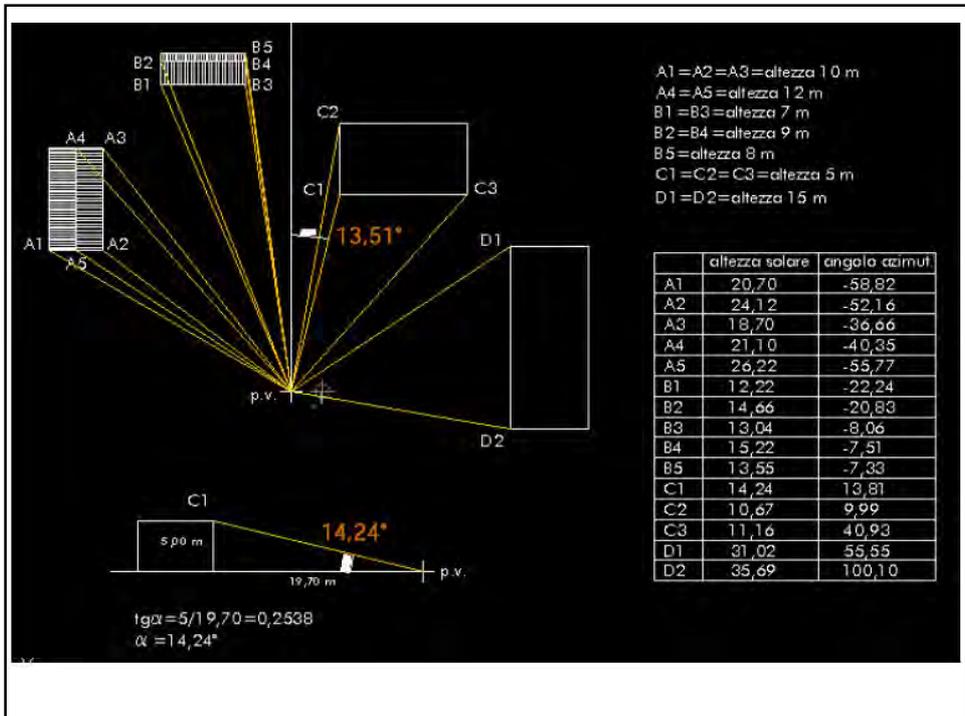
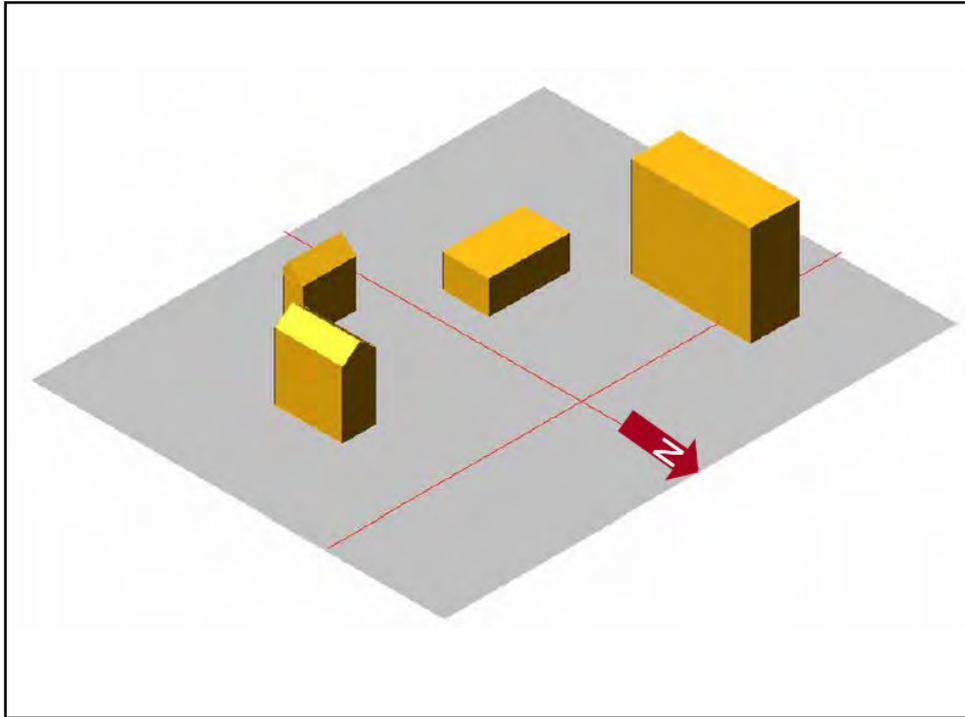


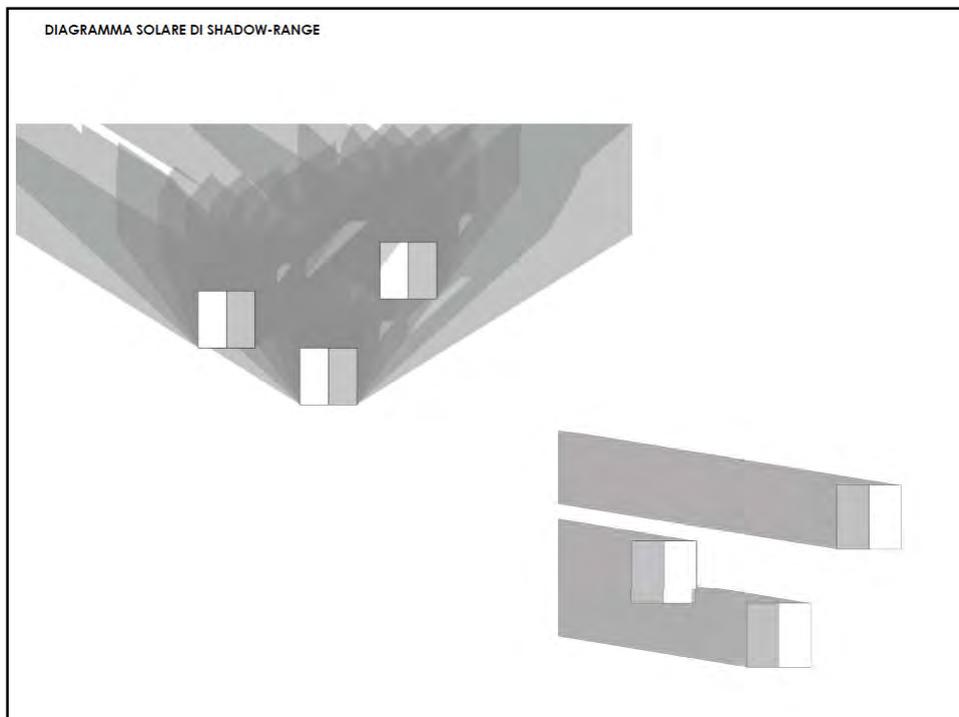
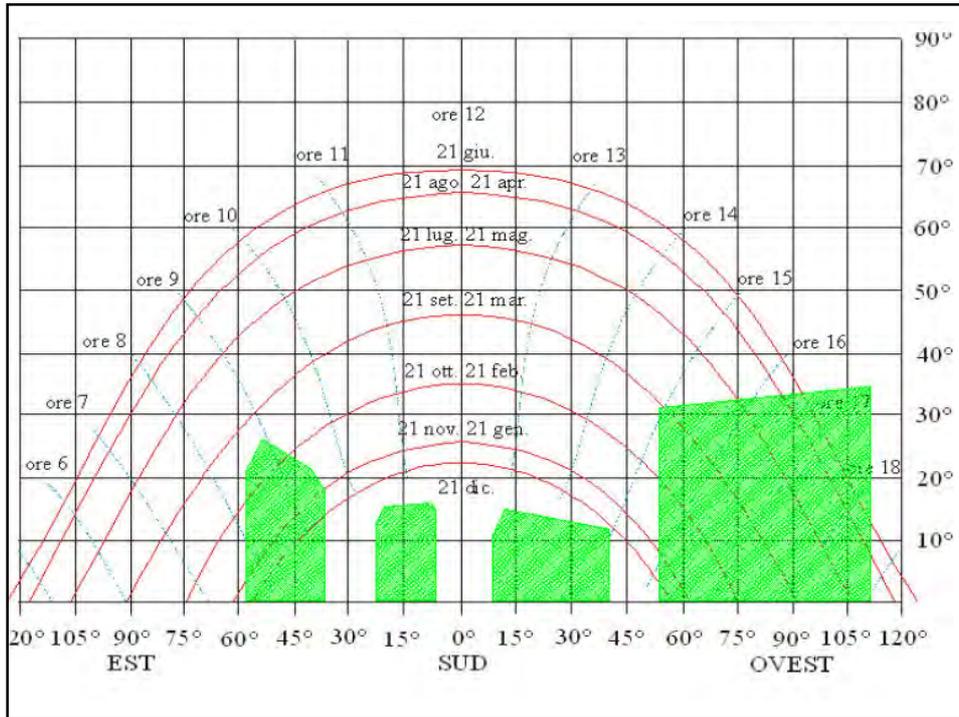
## Irraggiamento solare

The screenshot shows a web browser window displaying the website 'Atlante italiano della radiazione solare'. The browser's address bar shows 'www.enel.it'. The website has a navigation menu with links: Home, Chi siamo, Archivio, Calcoli, Previsioni, Prodotti, and Contatto. On the left, there is a sidebar with links: Home, Chi siamo, Cosa c'è nel sito, Archivio on line, Calcoli, Previsioni, Prodotti, Documentazione, Strumenti, Collegamenti utili, Informazioni sul sito, and Contatto. The main content area features a 'Contenuto' section with a list of services: 'Pubblicazione di dati di radiazione solare al suolo globale e diretta in forma di mappe del territorio italiano e di misure per singole località', 'Servizio di previsione della radiazione incidente al suolo (per alcuni siti)', 'Programmi di calcolo (diagrammi solari, stima della radiazione etc.)', 'Documentazione', and 'Prodotti e servizi concernenti la radiazione solare e relativi all'installazione di impianti fotovoltaici'. To the right of the text are two images: one showing a solar panel array and another showing a solar collector. A 'Site dell'At' link is visible on the right side of the page.

Ai fini di una buona localizzazione è bene non trascurare il calcolo delle ombre portate da ostacoli naturali ed artificiali







Ai fini di un buon soleggiamento è importante calcolare il rapporto tra la larghezza della rete viaria e l'altezza degli edifici.



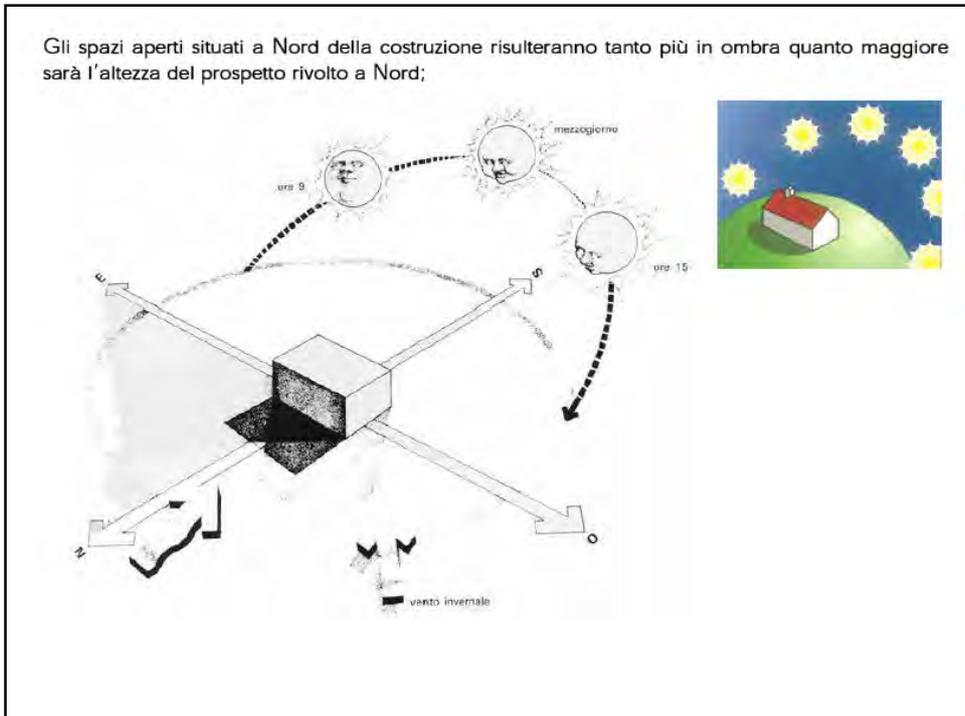
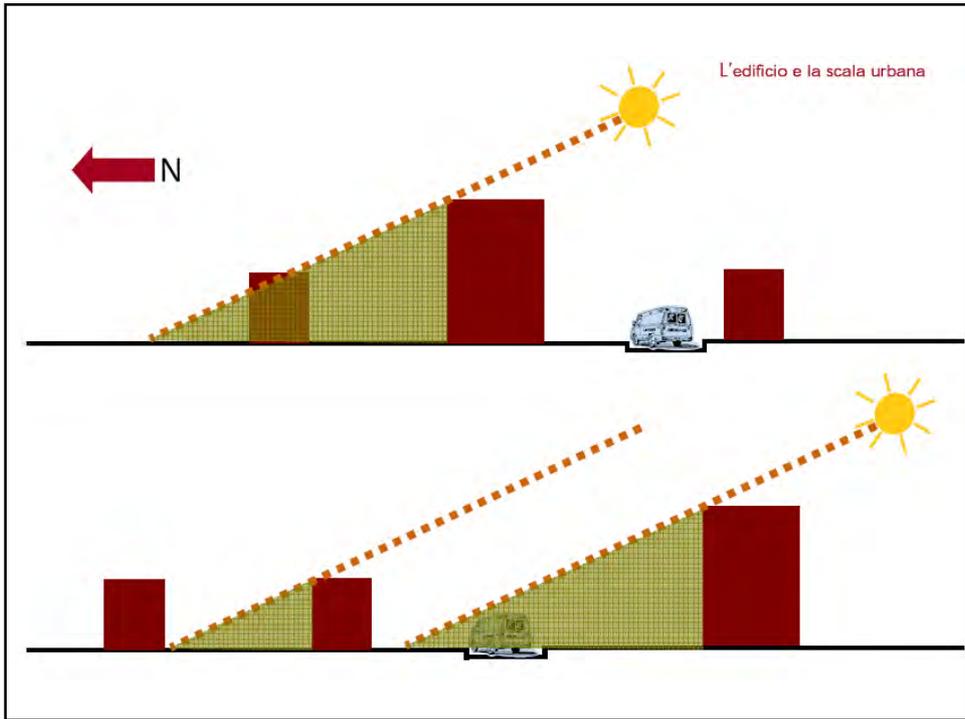
Una corretta distanza reciproca fra gli edifici consente il reale sfruttamento del soleggiamento invernale garantendo il diritto al sole di ogni immobile

**captazione = esposizione sud. In inverno quando il sole è basso sull'orizzonte e l'apporto energetico favorevole (a 44° di Latitudine Nord il 21 dicembre, solstizio d'inverno, il sole ha un'altezza di circa 23° sull'orizzonte) tale lato riceve il massimo illuminamento**

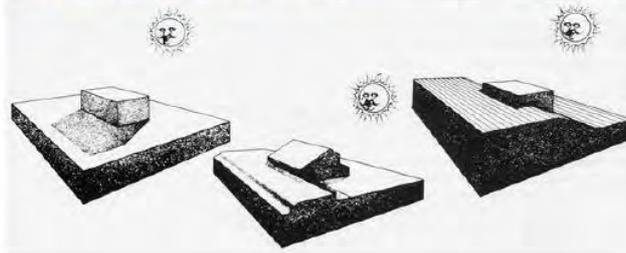
**In estate, quando l'apporto energetico è sfavorevole -tende a provocare surriscaldamento- il sole alto (21 giugno, solstizio d'estate, circa 70° sull'orizzonte) incide con forte inclinazione sulle superfici verticali che risultano quindi maggiormente protette dall'esposizione diretta**



**Le esperienze condotte hanno dimostrato come la percentuale di superficie trasparente negli edifici passivi non debba superare il 40 % di quella complessiva del lato meridionale per non causare perdite eccessive per trasmissione o surriscaldamenti**



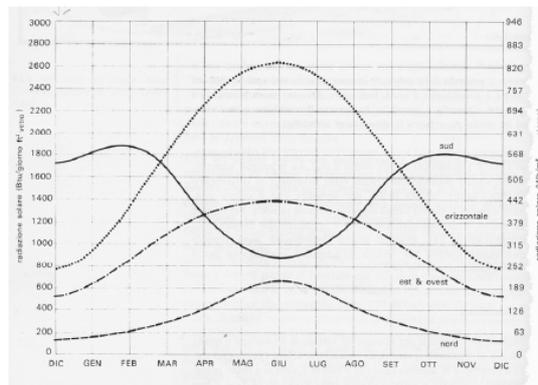
Si può intervenire studiando un'altezza minore delle fronti Nord o prevedendo di addossare la parete Nord su di un rialzo di terreno.



Una volta localizzato il punto più opportuno all'interno del sito si cercherà di orientare l'edificio in modo da mitigare gli effetti delle variazioni climatiche.

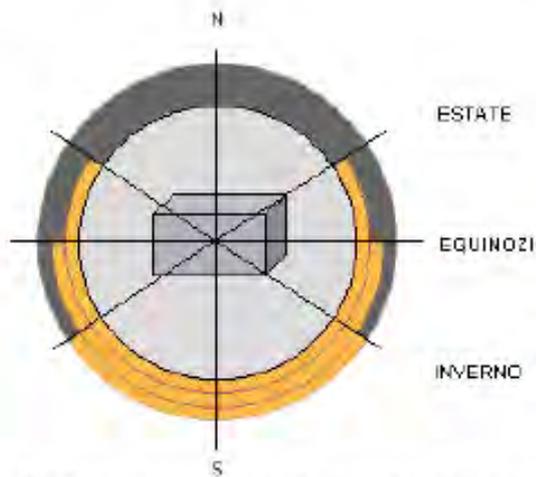
I fattori principali che determinano la scelta di un orientamento sono la radiazione solare, la temperatura dell'aria e l'andamento dei venti dominanti

Per questo è importante analizzare l'andamento del sole e calcolare le variazioni di quantità di energia solare incidente su una determinata superficie.





## Orientamento adeguato



Soleggiamento durante le stagioni

### ORIENTAMENTO DELL'EDIFICIO

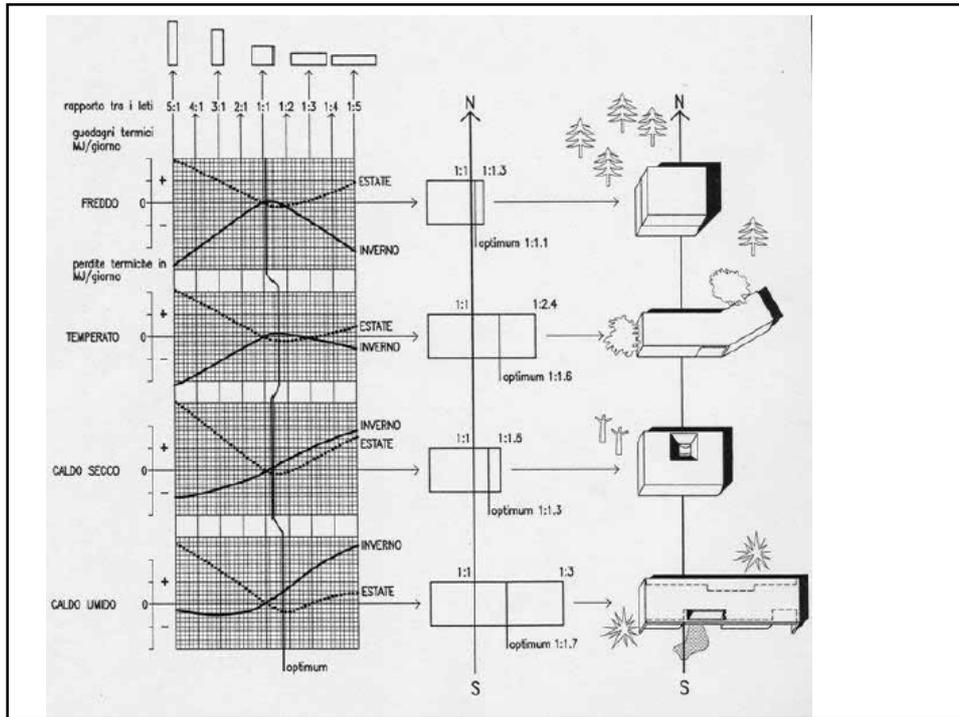
Le **superfici esposte a Sud e Sud-Est** hanno migliore guadagno termico invernale, ma richiedono il controllo del surriscaldamento estivo.

Le **superfici orientate a Est** hanno guadagno termico invernale e non richiedono protezione estiva per evitare il surriscaldamento.

Le **superfici orientate a Ovest** richiedono protezione estiva nelle ore pomeridiane per evitare i fenomeni di surriscaldamento.

Per le **superfici orientate a Nord** è opportuno limitare le superfici vetrate per diminuire la dispersione termica, mantenendo una porzione di apertura tale da favorire la luminosità naturale.

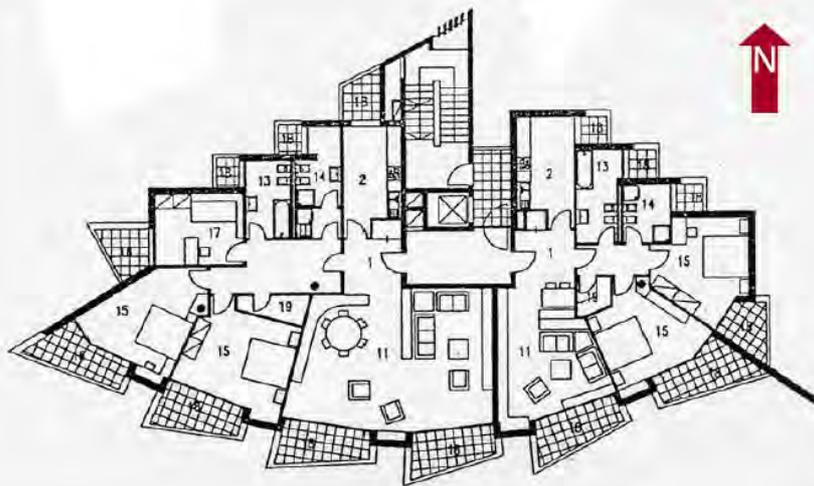
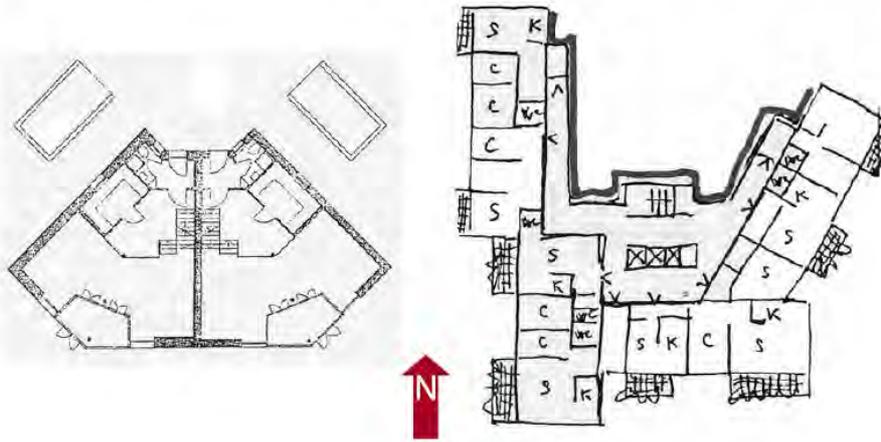




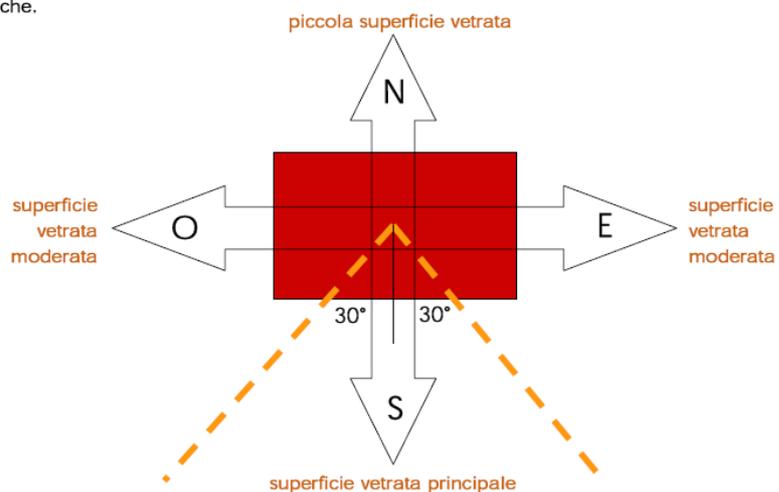
Fondamentale importanza ha l'organizzazione e la distribuzione degli spazi e delle funzioni interne



Inoltre attraverso con un'attenta organizzazione degli spazi interni si può ottenere una conformazione dell'organismo tale da rendere più compatto il fronte orientato verso le esposizioni maggiormente disperdenti producendo notevoli vantaggi energetici.

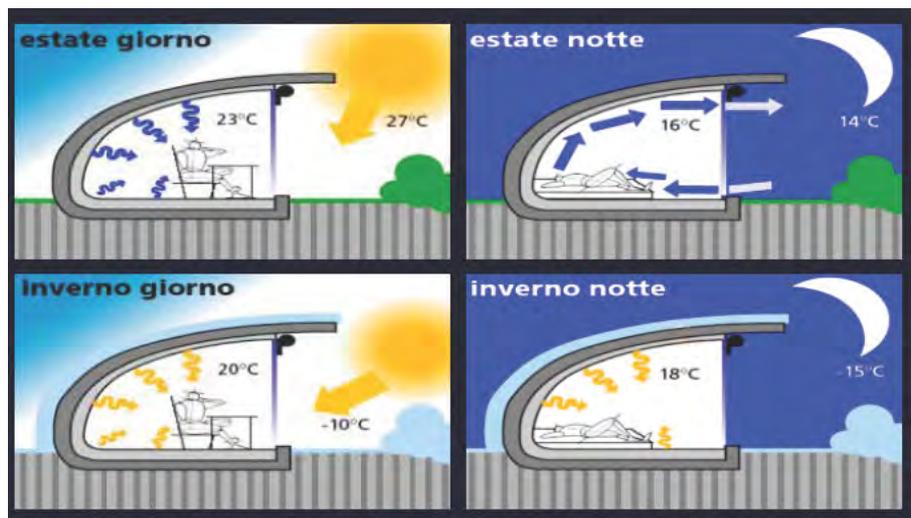


Le superfici vetrate vanno preferibilmente disposte sui lati sud-est, sud e sud-ovest a seconda delle esigenze interne di ciascuno spazio. Sui lati est ovest e soprattutto nord le finestre devono essere piccole e a doppi vetri. La realizzazione di finestre rientranti contribuisce a ridurre le dispersioni termiche.



**UTILIZZO DELL'ENERGIA SOLARE = PRIVILEGIARE APERTURE VERSO SUD CON PROTEZIONE SOLARE**

**FINESTRE EST/OVEST CONTRIBUISCONO POCO AL RISCALDAMENTO INVERNALE, MA CAUSANO SURRISCALDAMENTO ESTIVO (SCHERMATURE)**



#### UTILIZZO DELL'ENERGIA SOLARE PASSIVA



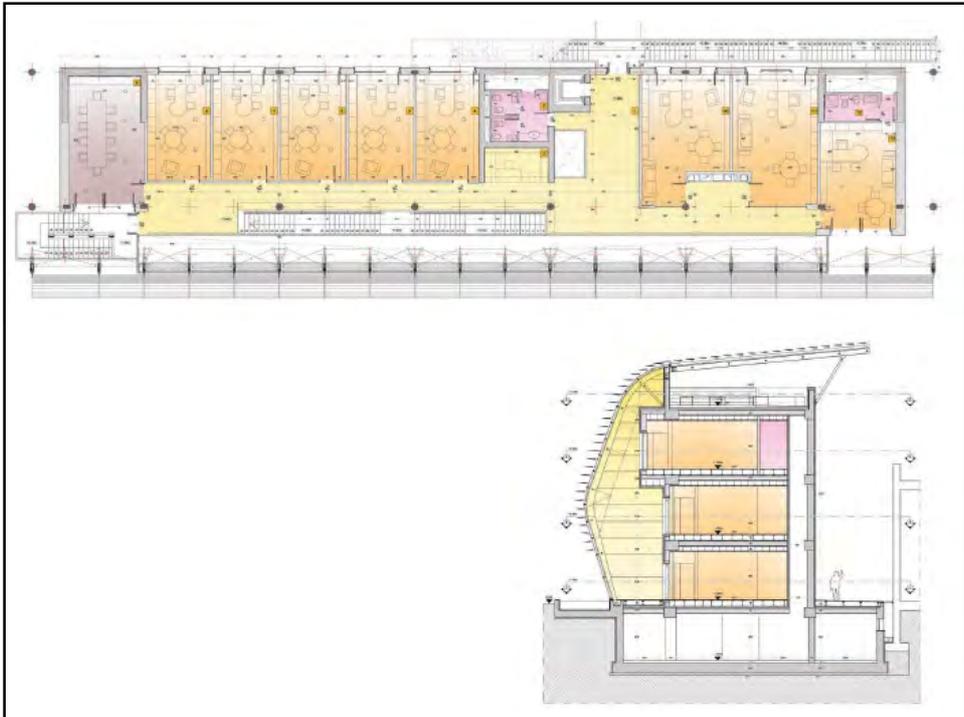
Le parti trasparenti devono essere adeguatamente isolanti: in climi freddi sono utilizzati serramenti con telaio isolato termicamente e vetrate a doppia intercapedine (triplo vetro) con gas inerti costituite da vetri speciali a bassa emissività molto trasparenti, (che lascino passare più del 50-60% della luce incidente),  $U < 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

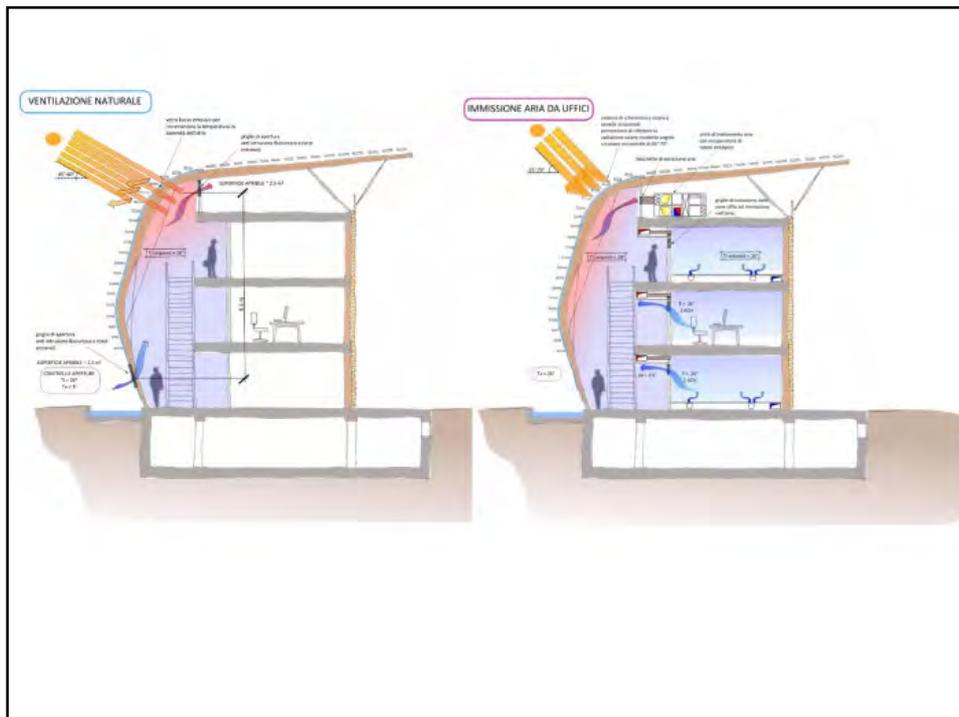
Nella situazione mediterranea però il clima più mite può consentire l'uso di serramenti dalle prestazioni intermedie e meno costosi, con una trasmittanza di  $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  e una estensione del 30% della facciata

#### New HQ ARCHIMEDE Solar Energy

Il progetto NEW HQ ARCHIMEDE SOLAR ENERGY di Paolo Verducci punta ad abbattere il fabbisogno di energia termica (rispetto ad un edificio standard) e di ottenere un edificio tendente a emissioni zero. Questo avviene tramite una scelta consapevole che parte dalla progettazione **tipologico-distributiva** (orientamento, forma architettonica, posizionamento corpi scala e ballatoi interni), alla quale si aggiunge un mix integrato di **strategie passive** (ventilazione naturale e ibrida ed illuminazione naturale), una selezione di **materiali a basso impatto ambientale** ed in ultimo vi è la dotazione impiantistica.







## STRATEGIE DI CONTENIMENTO DEI CONSUMI INVERNALI

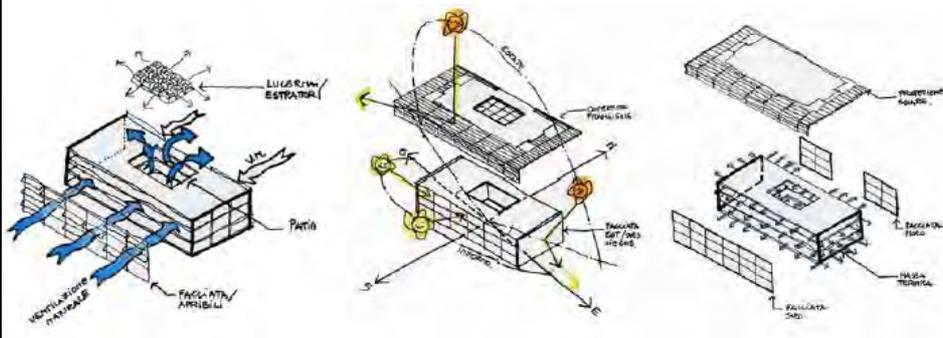
Al fine di favorire gli apporti termici dovuti all'irraggiamento solare durante il regime invernale

Contribuire al mantenimento della temperatura interna degli ambienti limitando i fabbisogni energetici per il riscaldamento degli edifici

Favorire l'apporto di calore per irraggiamento solare attraverso le superfici vetrate

Isolamento per attenuazione del flusso termico in uscita

## SISTEMI SOLARI PASSIVI



Per sistema solare passivo si intende una configurazione che consente di captare una parte dell'energia radiante solare che raggiunge l'involucro dell'edificio e di convertirla in calore, immagazzinarla e distribuirla all'interno degli ambienti. Tale processo avviene senza il ricorso a sistemi meccanici che prevedono lo sfruttamento di altra forma di energia ausiliaria ma sfruttando unicamente i fenomeni naturali di **CONVEZIONE, CONDUZIONE ED IRRAGGIAMENTO**

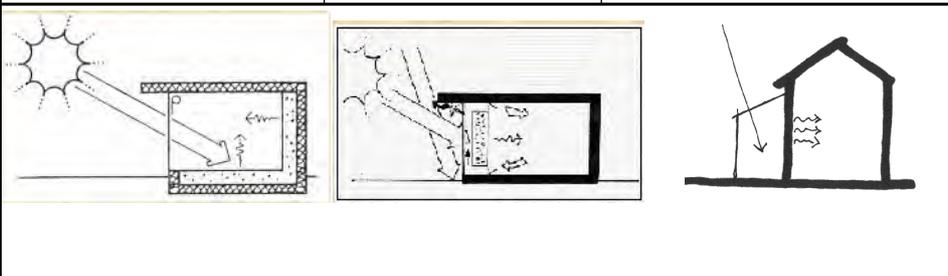
| SISTEMI ATTIVI  | SISTEMI PASSIVI   |
|---|---|
| <p>Impianti che si basano sulla radiazione solare come fonte energetica ma necessitano di dispositivi meccanici per l'utilizzo e la distribuzione</p> <p>Captazione, accumulo e trasporto dell'energia solare, tramite:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* collettori</li> <li>* accumulatori</li> <li>* sistemi di distribuzione e/o utilizzatori</li> </ul> | <p>Non hanno elementi meccanici per la raccolta del calore: i flussi termici avvengono naturalmente grazie alla captazione, accumulo e trasporto dell'energia solare, tramite:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>conduzione</b></li> <li>* <b>convezione</b></li> <li>* <b>irraggiamento</b></li> </ul> |

## SISTEMI ATTIVI

| SISTEMA               | UTILIZZO                                       | FINALITA'  |
|-----------------------|--|--|
| Collettori solari     | singoli edifici o alloggi<br>complessi edilizi | Produzione di acqua calda per uso<br>sanitario o riscaldamento |
| Pannelli fotovoltaici | singoli edifici o alloggi<br>complessi edilizi | Produzione di corrente elettrica                               |
| Centrali solari       | per numerosi utenti                            | Produzione di corrente elettrica                               |

## SISTEMI PASSIVI

| A GUADAGNO DIRETTO   | A GUADAGNO INDIRETTO  | MISTI   |
|--|---|---|
| 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>  |
| Serre a guadagno diretto   | Parete di Trombe<br>Roof pond   | Serre con muro di accumulo  |

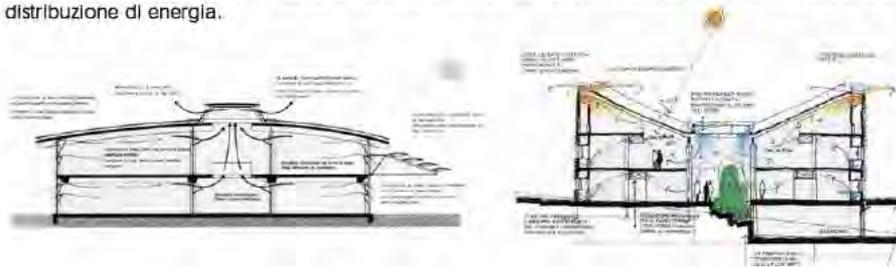


### Sistemi solari passivi

Utilizzando sistemi solari passivi la captazione, l'espulsione, l'accumulo e la distribuzione dell'energia vengono effettuate da elementi o conformazioni dell'organismo architettonico, anche attraverso una combinazione opportuna di quattro componenti fondamentali:

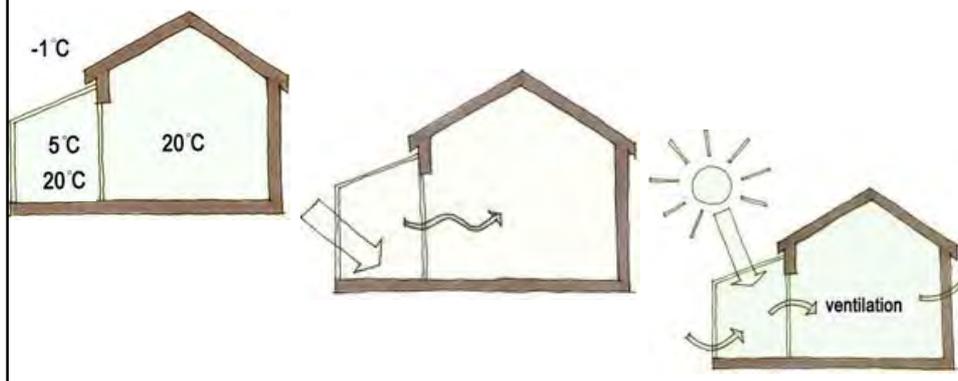
- le superfici trasparenti
- le capacità termiche (di muri, solai, pavimenti)
- la colbertazione
- i sistemi di schermatura (fissi o mobili)

I sistemi solari passivi sono semplici nella concezione e nell'uso in quanto composti da poche parti mobili o meccaniche (costituite da finestre apribili e sistemi di oscuramento) tali quindi da richiedere nessuna o poca manutenzione; Inoltre sfruttando risorse energetiche naturali (pulite) ed illimitate (inesauribili) non producono inquinamento e non richiedono nessun costo di trasporto o distribuzione di energia.



**Inverno:** permette di trasformare le radiazioni, catturate attraverso le sue superfici vetrate, in calore che viene convogliato nelle stanze adiacenti e svolge anche una funzione di spazio-filtro riducendo le dispersioni di calore verso l'esterno.

**Estate:** previene fenomeni di surriscaldamento degli ambienti esposti a Sud grazie al sistema di ventilazione naturale attivato dall'apertura degli infissi e dalla presenza di elementi che ombreggiano la serra stessa (tende e piante).



## EFFETTO SERRA

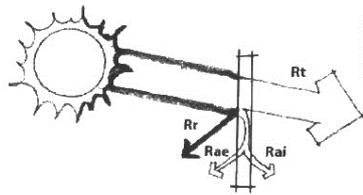
Una parte dell'energia radiante viene intrappolata all'interno di uno spazio confinato parzialmente o totalmente da superfici trasparenti

### 1. Quando la radiazione solare colpisce la superficie trasparente:

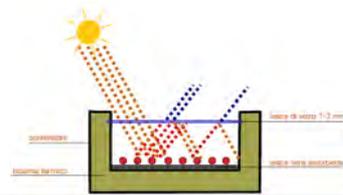
Una parte viene riflessa ( $R_r$ ) - dipende dal materiale e dall'angolo di incidenza dei raggi

Una parte assorbita e ri-emessa verso l'esterno ( $R_{ae}$ ) e in parte verso l'interno ( $R_{ai}$ )

Una parte viene trasmessa all'interno ( $R_t$ ) – sono avvantaggiati materiali molto trasparenti con superficie esterna non riflettente (elevato fattore solare)



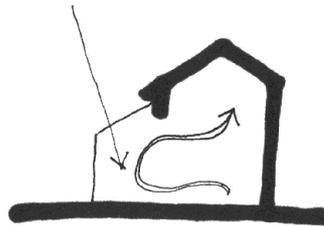
$R_r$  radiazione riflessa  
 $R_{ae}$  radiazione assorbita e ri-emessa all'esterno  
 $R_{ai}$  radiazione assorbita e ri-emessa all'interno  
 $R_t$  radiazione trasmessa all'interno



## TIPOLOGIE DI FUNZIONAMENTO

### SISTEMI SOLARI PASSIVI A GUADAGNO DIRETTO

La serra è direttamente collegata al locale retrostante e ne diviene estensione: il guadagno solare avviene direttamente all'interno dello spazio abitato

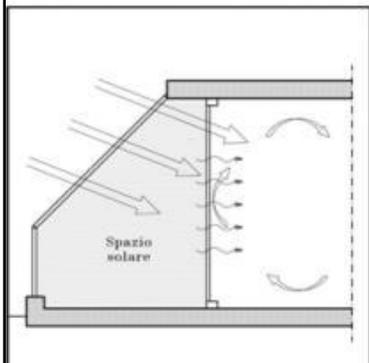


REQUISITI FONDAMENTALI:

VETRI AD ELEVATE PRESTAZIONI (MINIMIZZARE LE DISPERSIONI – mai vetri singoli)

OMBREGGIAMENTO DELLA PARTE VETRATA NEL PERIODO ESTIVO

### Sistemi con parete divisoria trasparente (guadagno diretto)



La mancanza della massa termica rende utilizzabile per destinazioni funzionali degli ambienti che richiedono una immediata utilizzazione dell'energia solare disponibile. No accumulo termico.

Caratteristiche di funzionamento:

- L'energia prodotta si trasmette, attraverso la trasmittanza del diaframma di separazione spazio solare – spazio abitato, in maniera rapida verso gli ambienti interni, senza alcun ritardo o sfasamento dell'onda termica.

- Al cessare del contributo solare, durante il periodo serale e notturno, il sistema fornisce energia solo in minima parte (accumulo a pavimento). Tali caratteristiche di funzionamento rendono adatta questa configurazione, ad edifici che necessitano di una utilizzazione del calore durante il periodo giornaliero di funzionamento, piuttosto che per edifici residenziali, in cui il rilascio termico serale e notturno è una fase di funzionamento desiderata.

### SISTEMI SOLARI PASSIVI A GUADAGNO INDIRETTO O ISOLATO

Il calore viene generato in un ambiente confinante a quello abitato ovvero la serra solare, non riscaldata, è separata dall'ambiente abitato tramite un muro massivo termoaccumulatore. Lo scambio di calore può avvenire secondo due principi applicabili separatamente o congiuntamente

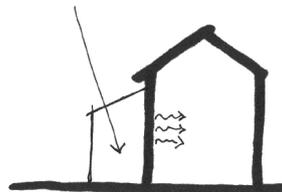
#### SCAMBIO CONVETTIVO

Lo scambio avviene per convezione, sfruttando le differenze di temperatura e di pressione generate dal surriscaldamento dell'ambiente, attraverso serramenti interni o griglie regolabili



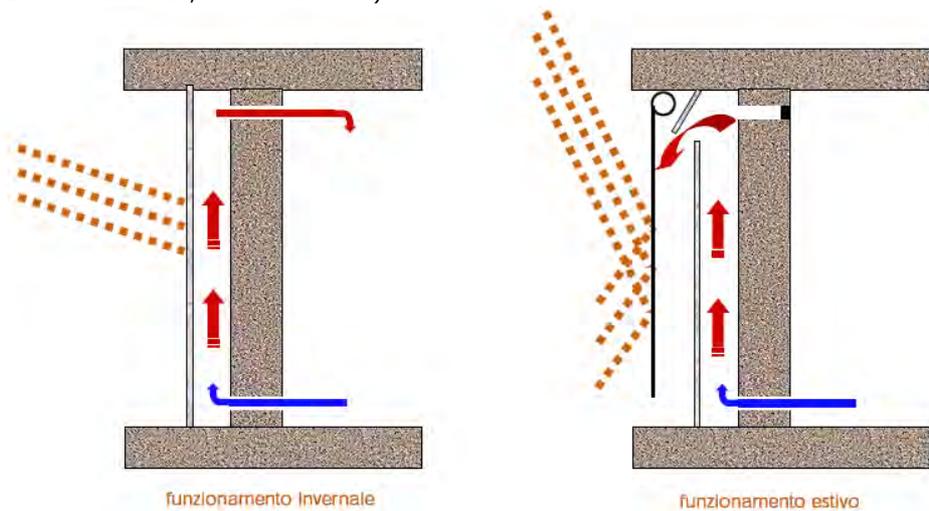
#### SCAMBIO RADIANTE

Scambio per radiazione attraverso la superficie di divisione, costituita da una parete di accumulo non isolata



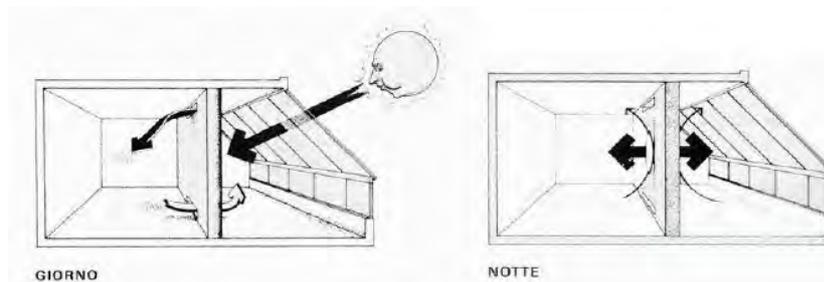
### GUADAGNO INDIRETTO

La radiazione solare incide su una massa di accumulo termico posta tra il sole e l'ambiente  
Es . Muro di trombe, facciata ventilata..)

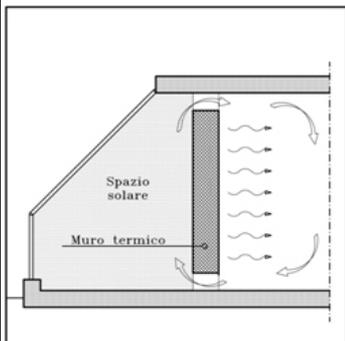


### GUADAGNO ISOLATO

La massa captante e la massa termica sono isolate dagli spazi abitati  
Es . Serre solari



### Serre con accumulo in muro termico a guadagno isolato



La specifica configurazione prevede una parete termica che divide lo spazio solare dagli ambienti interni dell'edificio

In questo caso la quantità di calore trasmessa agli ambienti interni è condizionata in larga parte dalle caratteristiche fisico-tecniche della parete termica (materiale costitutivo, caratteristiche dimensionali, ecc.).

Caratteristiche di funzionamento:

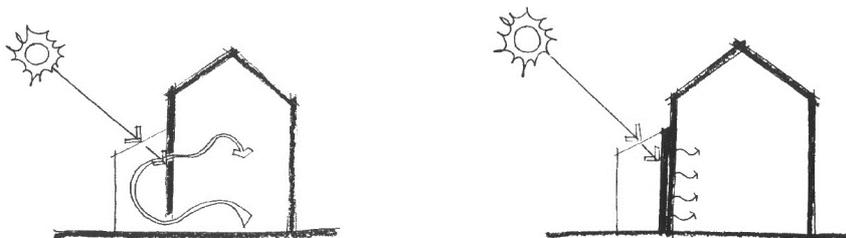
- Il calore si trasmette all'interno in funzione della trasmittanza del muro, assicurando il guadagno termico anche di notte tramite l'irraggiamento dell'energia termica accumulata.
- Attraverso specifiche aperture di comunicazione con lo spazio interno (localizzate nella parte bassa e nella parte alta del muro) si può incrementare il guadagno termico favorendo un funzionamento analogo a quello del muro trombe.

### INVERNO GIORNO

La configurazione prevede la totale chiusura dell'involucro trasparente, la captazione dell'energia radiante, la cessione all'ambiente per guadagno diretto, per scambio convettivo e/o radiativo.

Nel caso di scambio **convettivo**, le aperture presenti sulla parete, in configurazione aperta, lasciano entrare il calore proveniente dalla serra quando la temperatura dell'aria è uguale/superiore a quella degli ambienti. Il fenomeno può avvenire per convezione naturale o tramite ventole meccaniche elettrocomandate.

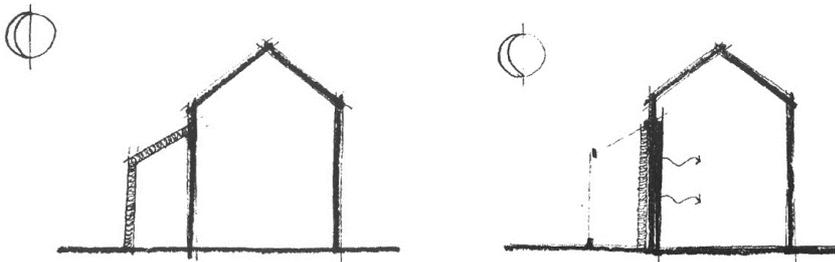
Nel caso di scambio **radiativo**, il muro massivo di separazione tra la serra e l'ambiente, che di giorno capta il massimo dell'energia termica, irradia verso l'ambiente retrostante più freddo l'energia termica accumulata.



## INVERNO NOTTE

La configurazione invernale notturna prevede che vengano minimizzate le dispersioni termiche verso l'esterno: a tal fine è di buon ausilio l'utilizzo di sistemi isolanti mobili (pannelli o tende).

Tali sistemi sono di maggior efficacia se applicati sul lato esterno dell'involucro trasparente in caso di serre a guadagno diretto mentre in caso di serre a guadagno isolato, tali sistemi andranno applicati sul muro stesso. In caso di scambio convettivo le aperture saranno chiuse, onde evitare passaggio di aria calda dagli ambienti abitati alla serra.



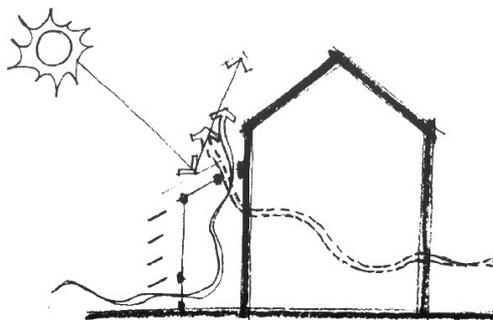
## ESTATE GIORNO

La principale problematica del sistema serra solare durante la stagione estiva è legata al surriscaldamento del volume.

A tale scopo è necessario escludere qualsiasi tipo di guadagno solare e sfruttare l'effetto "tampone" dell'involucro che può creare fenomeni di sfasamento e smorzamento dell'onda termica.

Escludere il contributo dell'aria calda proveniente dall'esterno, pertanto la configurazione corretta prevede che i serramenti dell'involucro vetrato siano chiusi così come le aperture di ventilazione, in caso di serra isolata, sul muro di separazione.

In caso di depressione favorevole si può sfruttare la serra come camino solare (moto d'aria ascendente in grado di creare raffrescamento)

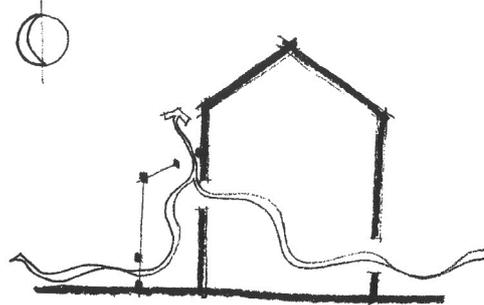


## ESTATE NOTTE

Durante le ore notturne estive la funzione della serra è quella di dissipare il calore sia sotto forma di radiazione che per convezione: a tale scopo è sempre consigliabile dotare l'involucro vetrato di parti apribili studiate in maniera opportuna per lo sfruttamento della ventilazione trasversale per il raffrescamento.

Nel caso di serra a scambio convettivo, le aperture nel muro saranno aperte per favorire il passaggio dell'aria fresca.

E'conveniente avere schermature mobili in modo che possano essere ritirate per favorire la ventilazione.

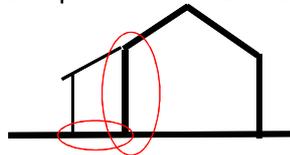


## POSIZIONE DELL MASSE TERMICHE DI ACCUMULO

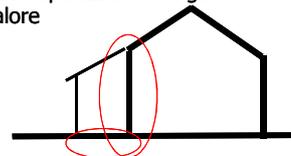
SERRA A GUADAGNO DIRETTO a pavimento (parete di separazione con bassa resistenza termica)



SERRA A SCAMBIO CONVETTIVO indifferentemente a parete o a pavimento. La massa termica a serve prevalentemente a scaldare l'aria nella serra



SERRA A SCAMBIO RADIANTE prevalentemente sulla parete di fondo di separazione con gli ambienti, priva di intercapedini e strati isolanti per poter trasferire il calore  
Una quota parte di massa può essere prevista a pavimento



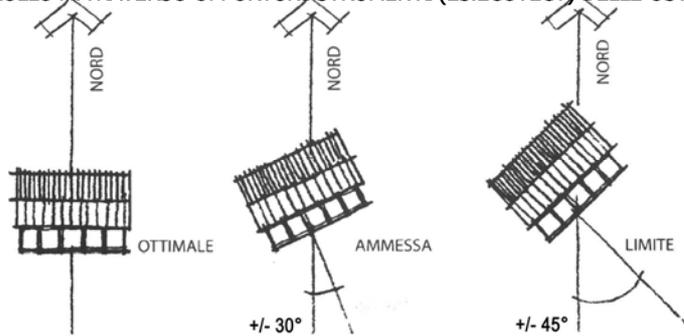
## ORIENTAMENTO

Orientamento ottimale a Sud, con una tolleranza di più o meno 30/40 gradi.

Attenzione agli orientamenti Est ed Ovest (minore incidenza invernale, maggiore surriscaldamento estivo)

Una esposizione a Nord non pone problemi di surriscaldamento, ma riceve nei mesi invernali radiazioni solari in quantità molto modesta

CONTROLLO ATTRAVERSO OPPORTUNI STRUMENTI (ES.ECOTECT) DELLE OSTRUZIONI

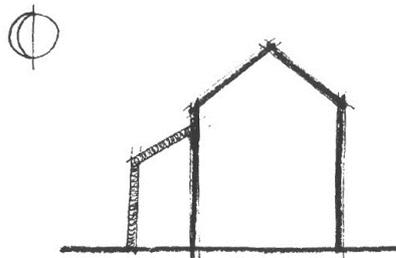


## COIBENTAZIONE

### SERRA A GUADAGNO DIRETTO

Massa termica a pavimento (parete di separazione con bassa resistenza termica)

- ISOLAMENTO SOLAIO A TERRA
- IMPERMEABILIZZAZIONE SOLAIO A TERRA
- ISOLAMENTO VETRATA ESTERNA (pannelli isolanti, scuri, tendaggi dall'esterno o dall'interno)



**COIBENTAZIONE**

**ISOLAMENTO DALL'ESTERNO**



**PANNELLI ISOLANTI A BILICO O A SOFFIETTO**

Riducono la convezione dell'aria fredda sulla superficie esterna del vetro (se crea camera d'aria con il vetro non superiore ai 2 mm)

Efficienza migliorata se la superficie interna è riflettente all'infrarosso (metallizzata)

Degrado

**COIBENTAZIONE**

**ISOLAMENTO DALL'INTERNO**



Rendimento inferiore  
Installazioni meno costose

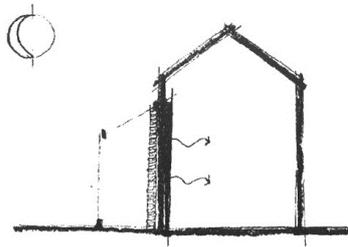
| TIPO DI ISOLAMENTO    | TRASMITTANZA SUPERFICI TRASPARENTI |                         |                              |                         |
|-----------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
|                       | SERRAMENTO CON DOPPIO VETRO        |                         | SERRAMENTO CON VETRO SINGOLO |                         |
|                       | TRASMITTANZA W/m2K                 | RIDUZIONE DISPERSIONI % | TRASMITTANZA W/m2K           | RIDUZIONE DISPERSIONI % |
| NESSUN ISOLAMENTO     | 2.8                                | -                       | 5.6                          | -                       |
| TENDA ESTERNA         | 2.3                                | 9                       | 3.8                          | 16                      |
| <b>ANTONI ESTERNI</b> | <b>1.7</b>                         | <b>19</b>               | <b>2.3</b>                   | <b>29</b>               |
| TENDA INTERNA         | 2.5                                | 5                       | 4.1                          | 13                      |

## COIBENTAZIONE

### SERRA A GUADAGNO ISOLATO

Massa termica a pavimento/parete (parete di separazione con alta resistenza termica)

- ISOLAMENTO SOLAIO A TERRA
- IMPERMEABILIZZAZIONE SOLAIO A TERRA
- ISOLAMENTO MOBILE SUL LATO VERSO LA SERRA DELLA PARETE DI ACCUMULO (scambio radiante)
- IN CASO DI SOLO SCAMBIO CONVETTIVO POSSO ISOLARE STABILMENTE LA PARETE DI SEPARAZIONE (devo tener conto che si esclude però la componente radiante)

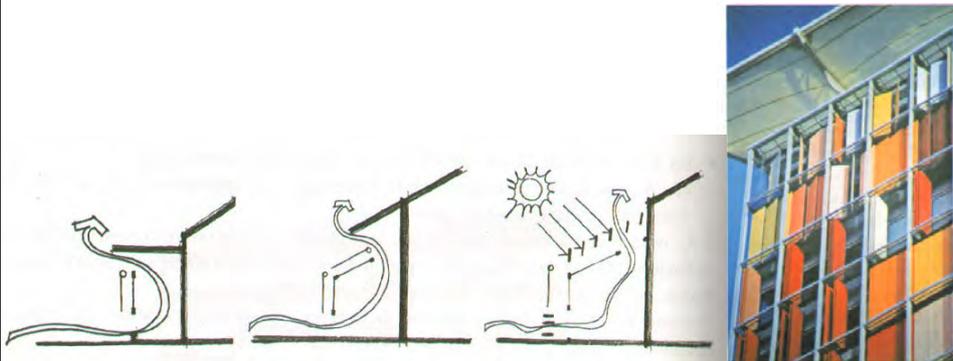


## SCHEMATURE

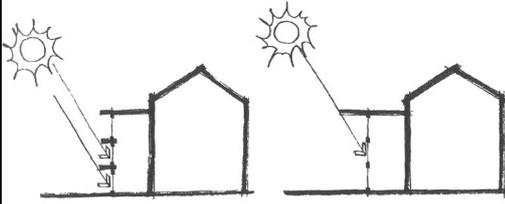
La serra deve essere munita di schermature per la protezione delle superfici trasparenti dai raggi solari nei periodi caldi.

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.



### **SCHERMATURE FISSE**



Elementi rigidi in alluminio – legno di profondità  
variabile 20-40 cm  
Schermature verdi

Necessita di una progettazione "ad hoc" attraverso diagrammi solari e maschere di ombreggiamento

### **SCHERMATURE MOBILI**



Teli di tessuto bianco avvolgibili a rullo  
Teli colorati in materiale plastico (pvc o altri)

PER SFRUTTARE IL RE- IRRAGGIAMENTO INTERNO E RIDURRE LE DISPERSIONI DURANTE LA NOTTE SI POSSONO UTILIZZARE TENDE DOTATE DI SUPERFICI INTERNE RIFLETTENTI

## Parco della scienza a Gelsenkirchen

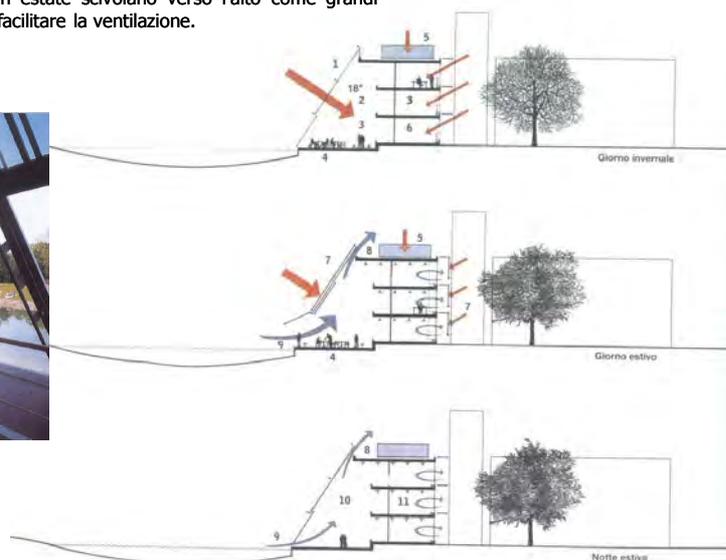
Germania

Kiessler + Partner, 1995



cuscinetto termico nei confronti dell'edificio retrostante.

La facciata è vetrata con vetro termoisolante "Thermoplus" e può adattarsi ai cambiamenti stagionali. D'inverno i pannelli inferiori vengono chiusi, mentre in estate scivolano verso l'alto come grandi finestre a ghigliottina per facilitare la ventilazione.



- Hans Scharoun/Bernhard Hermke
- Facoltà di Architettura, Berlino



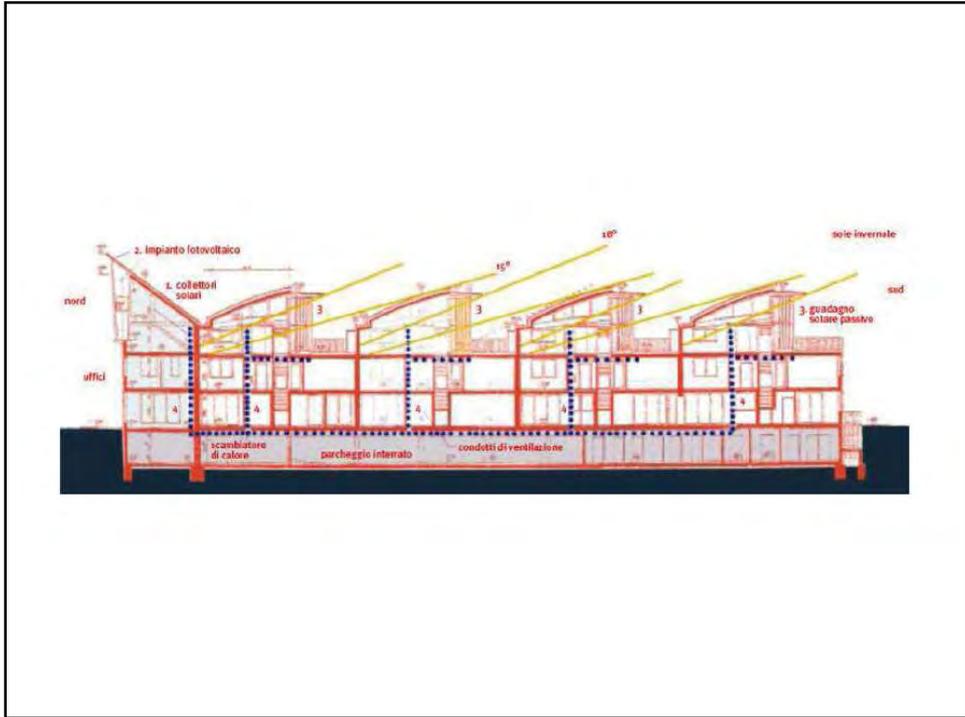
Georg W. Reinberg  
Complesso residenziale, Vienna



Veduta assonometrica.

Legenda:

1. collettori solari
2. pannelli fotovoltaici
3. guadagno termico mediante serra



## STRATEGIE DI CONTENIMENTO DEI CONSUMI ESTIVI

### DUE APPROCCI FONDAMENTALI

Massima riduzione dell'accumulo di calore

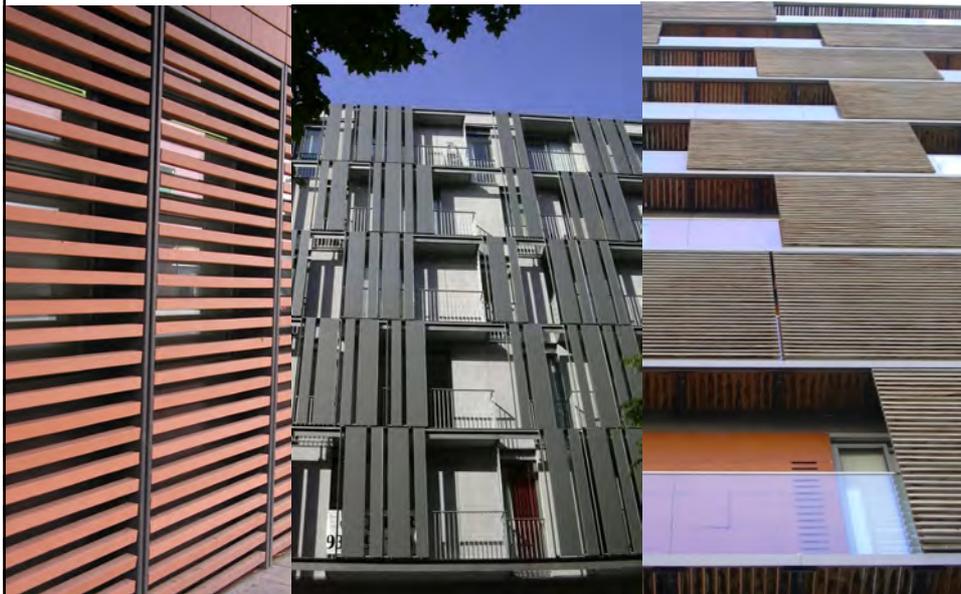
Riduzione degli apporti per trasmissione dell'involucro ( $Q_t$ )  
(protezione dell'involucro dall'irraggiamento + inerzia termica)

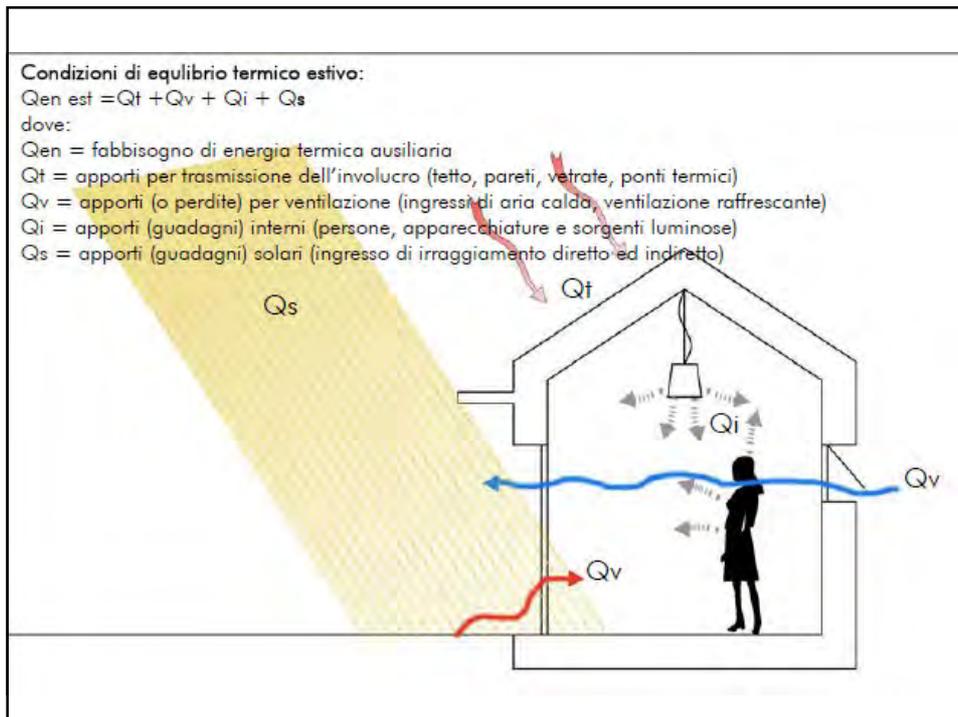
Eliminazione degli apporti solari dovuti all'irraggiamento diretto ( $Q_s$ )  
(sistemi di schermatura)

Massimo incremento della ventilazione naturale

Incremento della dissipazione del calore tramite ventilazione naturale  
(ventilazione trasversale, schemi tipologici, soluzioni tecniche)

## STRATEGIE DI RIDUZIONE DEI CARICHI TERMICI ESTIVI SISTEMI DI PROTEZIONE SOLARE





#### **RIDUZIONE DEI CARICHI ESTIVI**

Si dovranno adottare soluzioni che garantiscano la schermatura delle aperture e/o dei serramenti verticali rivolti verso sud e verso ovest, così come dei serramenti orizzontali o inclinati (se delimitanti una zona termica) mediante sistemi schermanti fissi (aggetti, brise soleil, balconi, porticati, frangisole fissi, etc) o la installazione di schermi flessibili (ante mobili oscuranti, frangisole mobili, chiusure avvolgibili, tende esterne, etc) dei quali sia assicurata la presenza e manutenzione, tenendo anche conto delle eventuali ombre portate da altri edifici o parti dell'organismo edilizio o da elementi vegetali, piante etc. presenti nell'edificio o nell'area interessata facenti parte integrante del progetto elaborato.

Il requisito è espresso come percentuale della superficie schermata rispetto alla superficie di ciascuna apertura e/o serramento rivolto verso sud e verso ovest. Tale percentuale deve essere superiore al 50%.

La verifica del requisito deve essere effettuata con riferimento alla posizione del sole e alla radiazione solare incidente anche a est, alle ore 10, alle ore 13 e alle ore 16 del 25 giugno e del 25 luglio.

#### **RIDUZIONE DEI CARICHI ESTIVI**

A tal fine, il progettista dovrà valutare puntualmente e documentare l'efficacia dei sistemi filtranti delle superfici vetrate, tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare. Nel caso di edifici con un rapporto tra superficie delle chiusure opache verticali e delle chiusure trasparenti inferiori al 50% è obbligatorio garantire la riduzione dell'apporto di calore per irraggiamento solare attraverso le superfici vetrate mediante il controllo del fattore solare (g) delle vetrate non protette da sistemi di ombreggiamento, (vedi A.1), così come in tutti i casi di superfici vetrate orizzontali o inclinate.

| <b>Tipo di chiusura</b> | <b>Fattore di trasmissione g</b> |
|-------------------------|----------------------------------|
| orizzontale superiore   | 0,65                             |
| Inclinata               | 0,75                             |
| verticale               | 0,70                             |

**Tabella B.1** Fattore solare (g) della componente vetrata degli infissi esterni.

All'Allegato A, Articolo 35, il D. Lgs 311/06 definisce la schermatura solare come un sistema non fisso ma **regolabile**, cioè utilizzabile dinamicamente al variare delle condizioni energetiche e luminose:

35. **schermature solari esterne** sistemi che, applicati all'esterno di una superficie vetrata trasparente permettono una modulazione variabile e controllata dei parametri energetici e ottico luminosi in risposta alle sollecitazioni solari.

Infine, in presenza di schermature solari esterne, si prescrive al professionista di allegare, insieme ai documenti che certificano la qualificazione energetica dell'edificio, la documentazione attestante il rispetto **dell'obbligo di marcatura CE**, come previsto dalle norme EN UNI 13561 e 13659.

#### **SCHERMATURE SOLARI ESTERNE**

UNI EN 13561 Tende esterne requisiti prestazionali compresa la sicurezza (in obbligatorietà della marcatura CE)

UNI EN 13659 Chiusure oscuranti requisiti prestazionali compresa la sicurezza (in obbligatorietà della marcatura CE)

UNI EN 14501 Benessere termico e visivo caratteristiche prestazioni e classificazione

UNI EN 13363.01 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate; calcolo della trasmittanza totale e luminosa, metodo di calcolo semplificato

UNI EN 13363.02 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate; calcolo della trasmittanza totale e luminosa, metodo di calcolo dettagliato

Massimizzare l'accesso della radiazione solare nel periodo invernale

Minimizzare l'accesso della radiazione solare nel periodo estivo

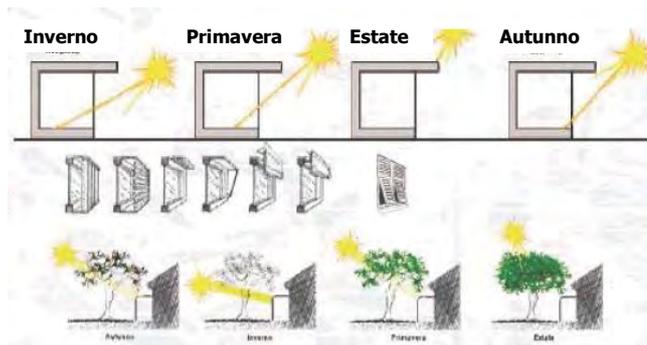
**SCHERMATURE ESTERNE**

**SCHERMATURE INTERNE**

**SCHERMI FISSI**

**SCHERMI MOBILI**

**VEGETAZIONE**

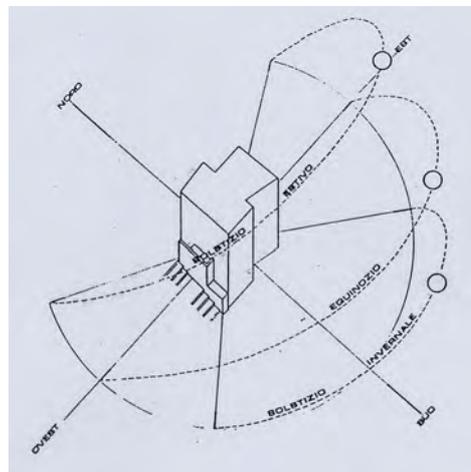


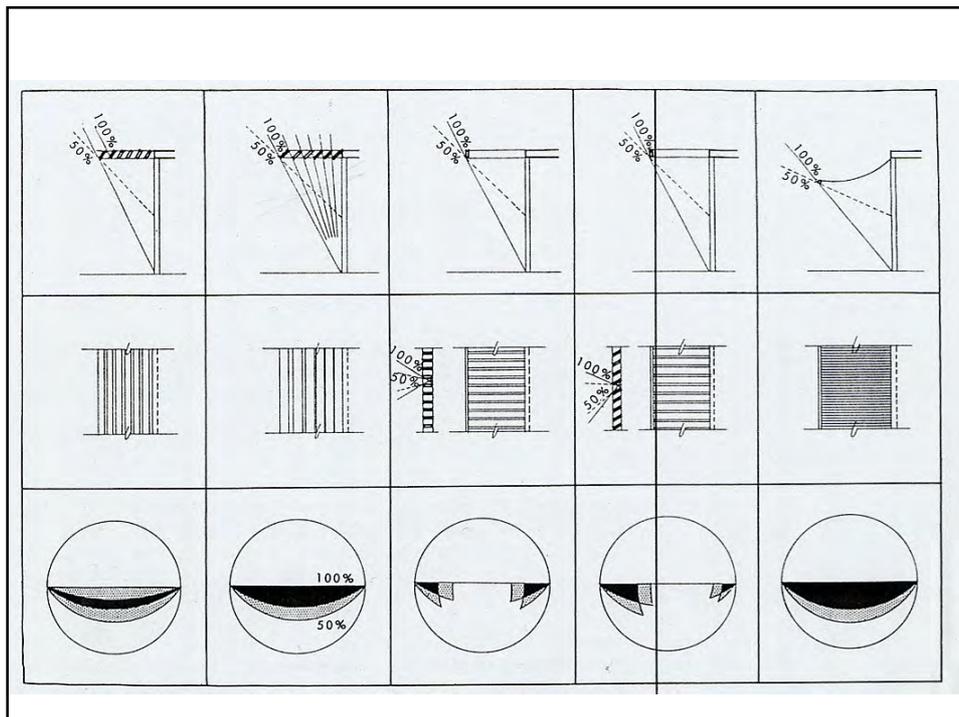
Fonte Kyoto Club.

L'OTTIMIZZAZIONE DELL'ORIENTAMENTO, DETERMINA UN GUADAGNO TERMICO INVERNALE SULLE PARETI VERTICALI

NEL NOSTRO EMISFERO L'ARCO APPARENTE PERCORSO DAL SOLE NELLA VOLTA CELESTE SI SVOLGE IN DIREZIONE SUD

MASSIMIZZARE IL MAX FLUSSO DI ENERGIA SOLARE NEI MESI AUTUNNALI ED INVERNALI E OTTENERE LA MINIMA ENTRATA DI CALORE NEI MESI ESTIVI





## PARAMETRI

**LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA**  
 Latitudine, altezza solare, valori di irraggiamento

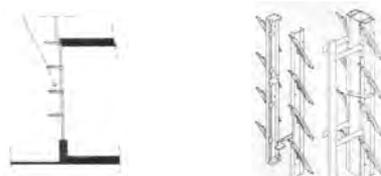
**RADIAZIONE SOLARE INCIDENTE**  
 E' la quantità di energia termica che giunge dal sole su una determinata area della superficie terrestre in un certo periodo di tempo. Può essere misurata in Kw/mq o in MJ/mq

**ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA**

**TIPO DI SUPERFICIE DA PROTEGGERE**  
 (es schermature mobili verranno in genere adottate per superfici vetrate mentre sistemi fissi a lamelle o pannelli per pareti opache)

**TIPOLOGIA EDILIZIA E COSTRUTTIVA** (tipo di vetro, ecc..)

**MISURE INTEGRATE PER IL RAFFRESCAMENTO, IL RISCALDAMENTO E L'ILLUMINAZIONE NATURALE**



## IRRAGGIAMENTO SOLARE GLOBALE = DIRETTO + DIFFUSO + RIFLESSO

La parte della radiazione solare che attraversa l'atmosfera e giunge al suolo può essere scomposta in 3 componenti:

### **DIRETTA**

radiazione che giunge al suolo direttamente dal disco solare. Nel centro Europa la radiazione diretta è equiparabile mediamente alla radiazione diffusa a causa della frequenza di nebbia e nuvole, ma a sud è la componente preponderante

### **DIFFUSA**

è la radiazione che giunge al suolo dopo essere stata riflessa e in parte assorbita dalle molecole sospese in atmosfera.

### **RIFLESSA= ALBEDO**

è la radiazione riflessa dal suolo (parte più difficile da calcolare e in genere presente solo in orari molto circoscritti), è la parte meno preponderante a meno di condizioni particolari come nel caso di una superficie ghiacciata o la presenza di un lago o del mare; spesso è possibile farne solo una stima. E' dato sia da una riflessione della luce diffusa sia da una riflessione della luce diretta.

**Norma UNI 10349** Tabelle di irraggiamento solare da Riscaldamento e raffrescamento degli edifici  
Contiene dati climatici di radiazione solare diffusa e diretta nelle province italiane, mese per mese e in kWh/m<sup>2</sup> giorno

<http://clisun.casaccia.enea.it/Pagine/Index.htm>

Comuni italiani  
Gradi-giorno per il riscaldamento invernale  
Profilo climatico dell'Italia  
Radiazione solare sull'Italia

L'unità di misura usata è il MJ/m<sup>2</sup>.  
Per ottenere il valore in kWh/m<sup>2</sup> occorre dividere per 3.6

Per esempio, per i valori giornalieri:

$$\bar{H}_{gm} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{giorno}} \right] = \frac{1}{3.6} \bar{H}_{gm} \left[ \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{giorno}} \right]$$

## SCHERMATURE ESTERNE

MAGGIORMENTE EFFICACI POICHE' IN GRADO DI RIDURRE L'APPORTO DI CALORE PER IRRAGGIAMENTO SOLARE ATTRAVERSO LE SUPERFICI DURANTE L'ESTATE PRIMA CHE ATTRAVERSI L'INVOLUCRO

Principali benefici:

- L'intercettazione dei raggi solari prima che questi raggiungano le superfici finestrate, riflettendone parte verso l'esterno ed una piccola quantità verso l'interno;
- Una parte della radiazione viene invece assorbita dalla schermatura stessa che, aumentando di temperatura, emette calore che viene per lo più disperso verso l'esterno grazie alla ventilazione naturale;
- L'intercettazione dei raggi solari prima che questi raggiungano le superfici opache, evitando il surriscaldamento della massa termica nei periodi estivi;
- La riflessione controllata di parte della radiazione solare, dipendentemente dalla natura del materiale impiegato, al fine di aumentare la diffusione dell'illuminamento interno;
- La diminuzione di dispersioni termiche, soprattutto nel caso di elementi mobili chiudibili durante il periodo notturno.



### FISSE

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
|  | <p>elemento aggettante orizzontale<br/>orientamento consigliato: Sud, Est, Ovest</p>                                       |  | <p>elemento aggettante orizzontale<br/>orientamento consigliato: Sud, Est, Ovest</p>                          |
|  | <p>elemento a lamelle orizzontali<br/>orientamento consigliato: Sud, Est, Ovest</p>  |  | <p>elemento a lamelle orizzontali con rotazione orizzontale<br/>orientamento consigliato: Sud, Est, Ovest</p> |
|  | <p>sistema combinato elemento aggettante orizzontale e lamelle verticali<br/>orientamento consigliato: Sud, Est, Ovest</p> |  | <p>sistema a lamelle verticali<br/>orientamento consigliato: Sud, Est, Ovest</p>                              |
|  | <p>griglia con elementi verticali ed orizzontali<br/>orientamento consigliato: Est, Ovest</p>                              |  | <p>rotolante esterno<br/>orientamento consigliato: Est, Ovest, Sud-Est, Sud-Ovest</p>                         |
|  | <p>elementi aggettanti verticali<br/>orientamento consigliato: Est, Ovest</p>  |  | <p>elementi aggettanti verticali<br/>orientamento consigliato: Est, Ovest</p>                                 |
|  | <p>sistema aggettante orizzontale e verticali<br/>orientamento consigliato: Nord, Est, Ovest</p>                           |  | <p>alberature a foglia caduca<br/>orientamento consigliato: Est, Ovest, Sud-Est, Sud-Ovest</p>                |
|  | <p>elementi aggettanti verticali inclinate<br/>orientamento consigliato: Est, Ovest</p>                                    |  | <p>griglia con elementi orizzontali mobili<br/>orientamento consigliato: Est, Ovest</p>                       |

### MOBILI

## SCHEMATURE FISSE ORIZZONTALI

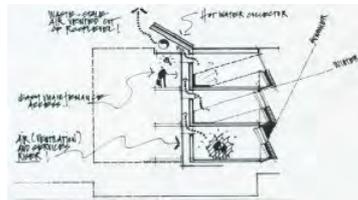
E' IL TIPO DI FRANGISOLE PIU' DIFFUSO PER IL CONTROLLO DELL'OMBREGGIAMENTO NELLE FACCIATE SUD

**STAGIONE ESTIVA:** PROTEGGERE IL SERRAMENTO DALL'IRRAGGIAMENTO SOLARE DIRETTO COMPROMETTENDO AL MINIMO LA VISIONE VERSO L'ESTERNO

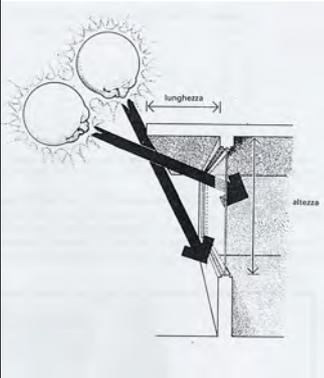
**STAGIONE INVERNALE:** PROTEZIONE DA AGENTI ATMOSFERICI

NELLE ZONE CALDO-UMIDE (ALTO TASSO DI RADIAZIONE DIFFUSA = 50%) SI POSSON GENERARE FENOMENI DI RIVERBERO SULLE SUPERFICI VETRATE

SISTEMI PIU' SEMPLICI:  
SPORTI DI COPERTURA  
AGGETTI, BALCONI  
BRISE SOLEIL FISSI



## DIMENSIONAMENTO DI SPORTE ORIZZONTALE



AGGETTO ORIZZONTALE LUNGO CIRCA UN QUARTO DELL'APERTURA NELLE LATITUDINI MERIDIONALI (36°N) E UNA META' DELL'ALTEZZA DELL'APERTURA NELLE LATITUDINI SETTENTRIONALI (48°N) POICHE' IL SOLE SEGUE UN PERCORSO PIU' ALTO ATTRAVERSO LA VOTA CELESTE ESTIVA

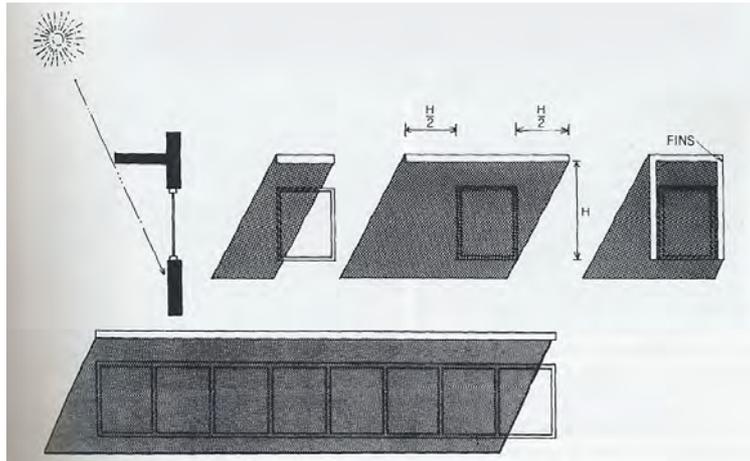
$$\text{LUNGHEZZA DELL'AGGETTO} = \frac{\text{ALTEZZA DELL'APERTURA}}{\text{FATTORE F}}$$

| 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   |

Valore piu' alto = schermatura del 100% a mezzogiorno del 21 giugno

Valore più basso = fino al 1 agosto

Nel caso di finestra a sud, se l'aggetto soprastante è della stessa larghezza della finestra non consente una totale ombreggiatura. Il sole infatti prima di mezzogiorno si trova a sud-est e dopo mezzogiorno a sud-ovest. Per essere efficace l'aggetto deve essere più largo del serramento.



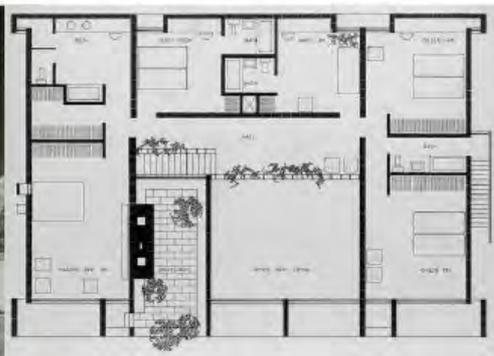
Nel caso di frangisole a lamelle fissi è molto importante progettare correttamente la sezione e la distanza tra gli elementi.

Viene meno la caratteristica di totale trasparenza/visibilità

ETH e-Science Lab, Zurigo Svizzera



Paul Rudolph  
Milam Residence, Florida



Fran Silvestre Arquitectos  
House on mountainside, Valencia Spagna

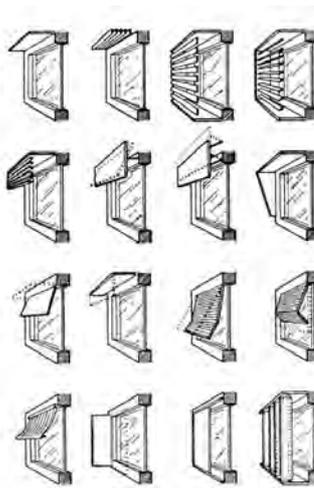


## SCHERMATURE MOBILI ORIZZONTALI

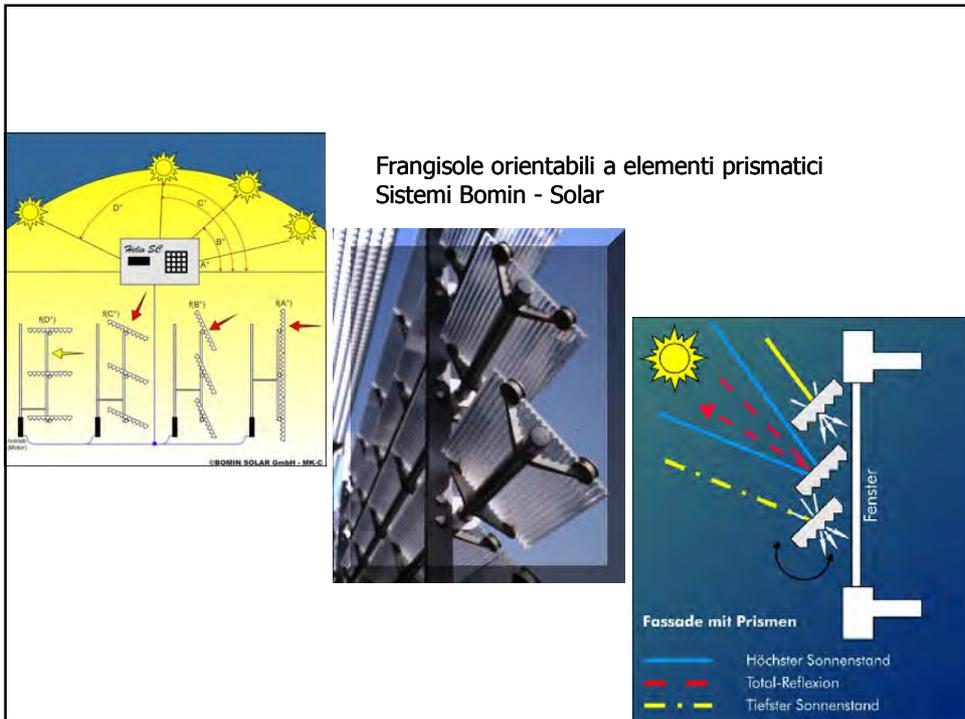
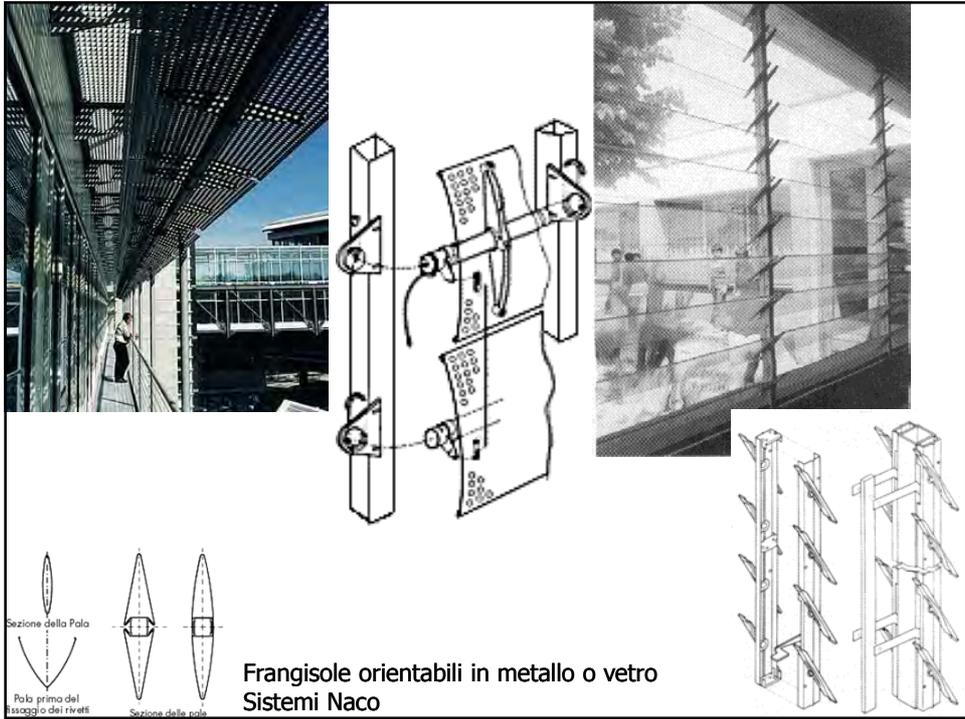
La mobilità delle schermature orizzontali permette di ovviare a problematiche quali:

- Il formarsi di sovraccarichi nella parte superiore (nel caso di sporti orizzontali)
- La presenza di zone sempre in ombra
- La riduzione della visibilità all'esterno

Inoltre l'adattabilità dell'elemento continuo alle diverse condizioni climatiche – stagionali massimizza il guadagno termico da parte delle superfici vetrate





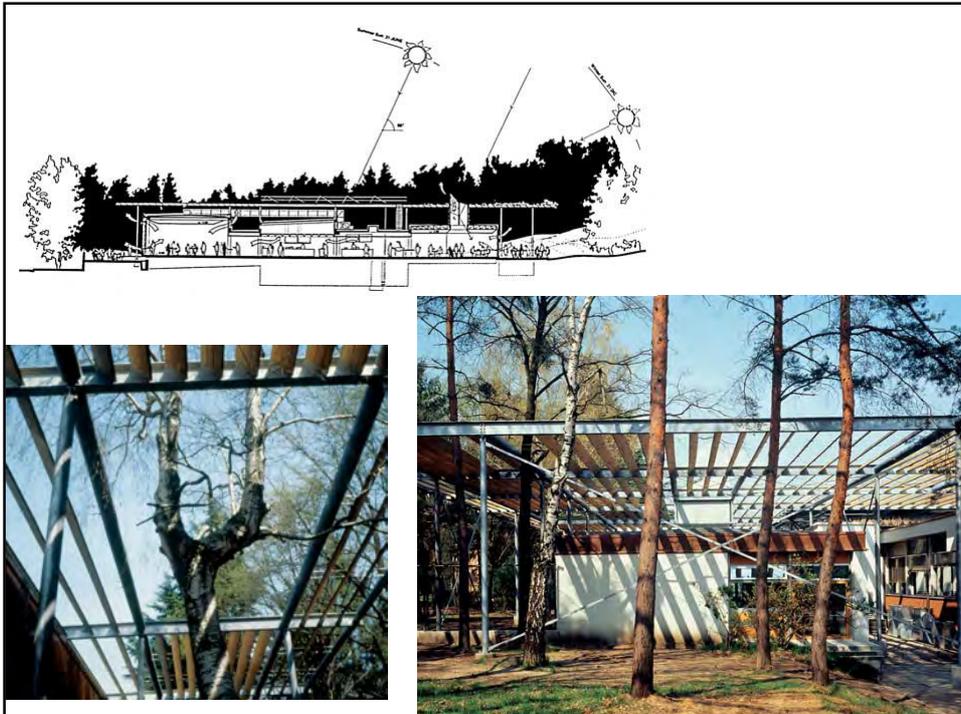


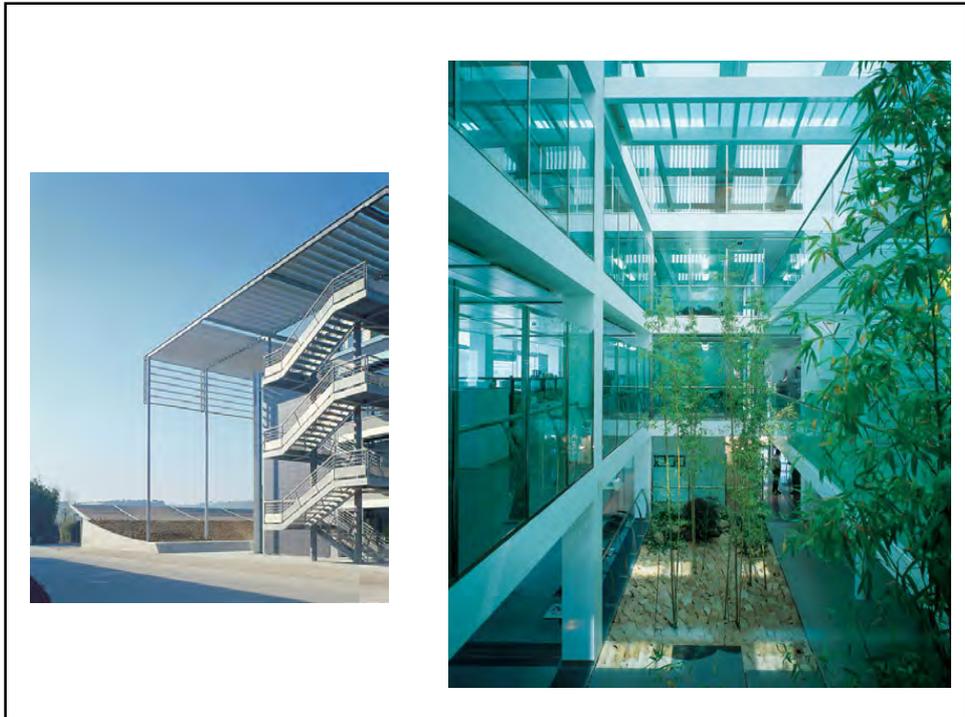
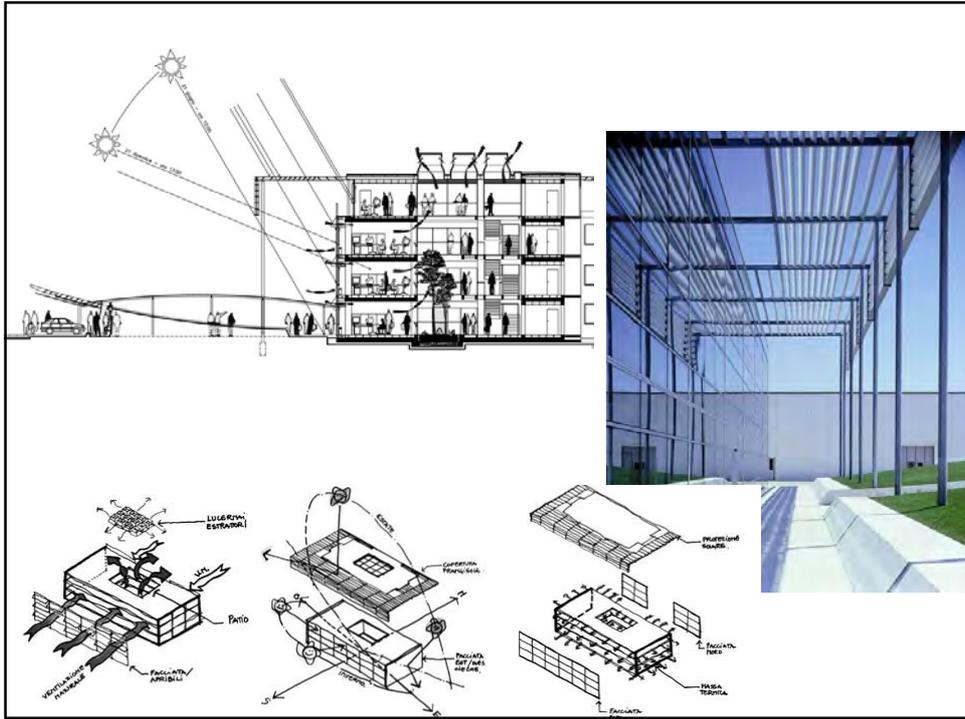
## SCHERMATURE ORIZZONTALI FISSE/MOBILI IN COPERTURA

I raggi solari perpendicolari (ZENITALI) ad una superficie vetrata creano un carico termico ed un conseguente fabbisogno per il raffrescamento dell'edificio molto alto

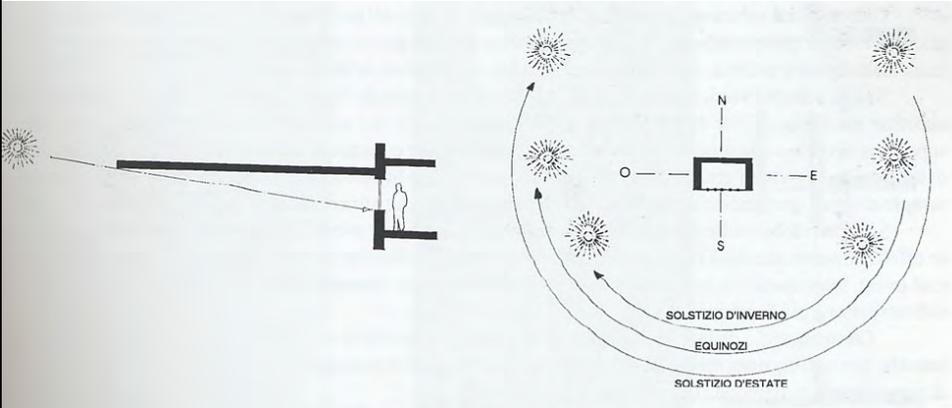
LA RADIAZIONE INCIDENTE SU UNA SUPERFICIE ORIZZONTALE HA UN'INTENSITA' TRE VOLTE SUPERIORE A QUELLA INCIDENTE SU UNA SUPERFICIE VERTICALE

Evitare fenomeni di abbagliamento e surriscaldamento





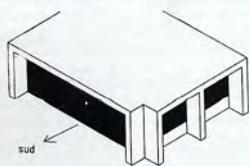
## SCHERMATURE FISSE VERTICALI



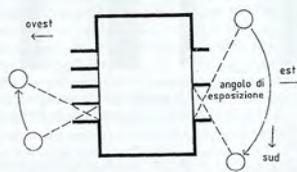
MAGGIORE EFFICIENZA NELLA DIREZIONE EST/OVEST POICHE' IN GRADO DI OSTACOLARE LE RADIAZIONI CON INCLINAZIONI LATERALI MEDIO-BASSE PRESENTI DI MATTINA O DI POMERIGGIO  
NON EFFICACI PER SCHERMARE RADIAZIONI SOLARI CON ANGOLO D' INCLINAZIONE ELEVATO

## SCHERMATURE FISSE VERTICALI

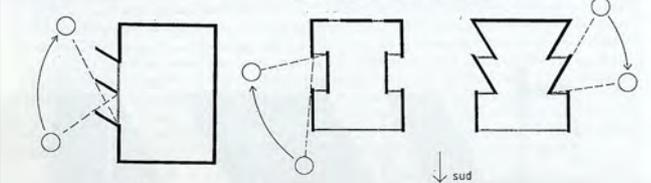
con oggetto in calcestruzzo continuo verticale.



2.17. Schema oggetto verticale inclinato.



2.18. Per ridurre la l'incidenza della radiazione solare, le finestre sulle facciate est ed ovest possono essere rivolte verso nord e sud.

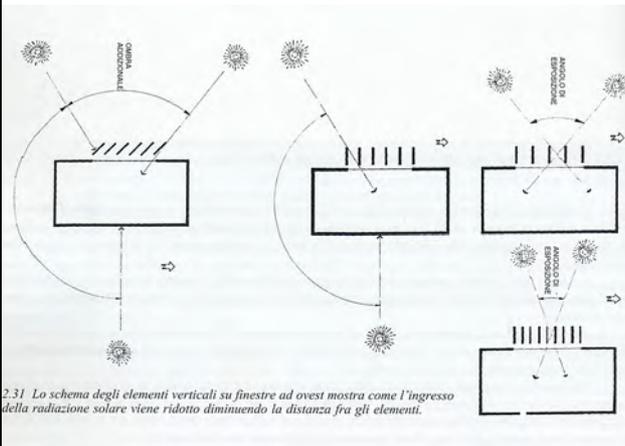


L'EFFICIACIA DELLE SCHERMATURE VERTICALI SI OTTIENE QUANDO LA RADIAZIONE SOLARE NON E' CONTENUTA IN UN PIANO PARALLELO A QUELLO DEL FRANGISOLE

LA PARETE FORMA COI RAGGI SOLARI UN ANGOLO SUFFICIENTEMENTE AMPIO DA IMPEDIRE LA PENETRAZIONE DEI RAGGI SOLARI

L'OMBRA PRODotta AUMENTA AL DIMINUIRE DELL'INTERSPAZIO TRA I CORPI VERTICALI

## SCHERMATURE FISSE VERTICALI



IL CORPO SCHERMANTE PUO' ESSERE INCLINATO O SAGOMATO

INCLINAZIONE RISPETTO ALL'ASSE MAGGIORE DELLA SEZIONE DI BASE VERSO NORD, OSTACOLANDO LE RADIAZIONI PIU' FORTI E MANTENENDO UN BUON LIVELLO DI ILLUMINAZIONE

## SCHERMATURE FISSE VERTICALI



LE LAMELLE O ELEMENTI TESSILI SONO GENERALMENTE SOSTENUTE DA UNA STRUTTURA METALLICA IN PROFILI DI ALLUMINIO O DI ACCIAIO. LA SEZIONE DELLE LAMELLE PUO' ESSERE LINEARE, ELISSOIDALE O CIRCOLARE, REALIZZATA CON NERVATURE CENTRALI PER TUTTA LA LUNGHEZZA DELL'ELEMENTO PER DARE RIGIDEZZA ALLA STRUTTURA

INTERCAPEDINE AERATA PER EVITARE IL SURRISCALDAMENTO DEGLI ELEMENTI FRANGISOLE



GLI ELEMENTI A SEZIONE ELISSOIDALE POSSONO RAGGIUNGERE ALTEZZE NOTEVOLI - FINO A 30-40 M - IN QUESTO CASO SI DEVE PRESTARE ATTENZIONE ALLE SOLLECITAZIONI PROVOCATE DAL VENTO

**SCHERMATURE FISSE VERTICALI**



**Sporthausbildungszentrum a Windisch Livio Vacchini – Eloisa Vacchini**



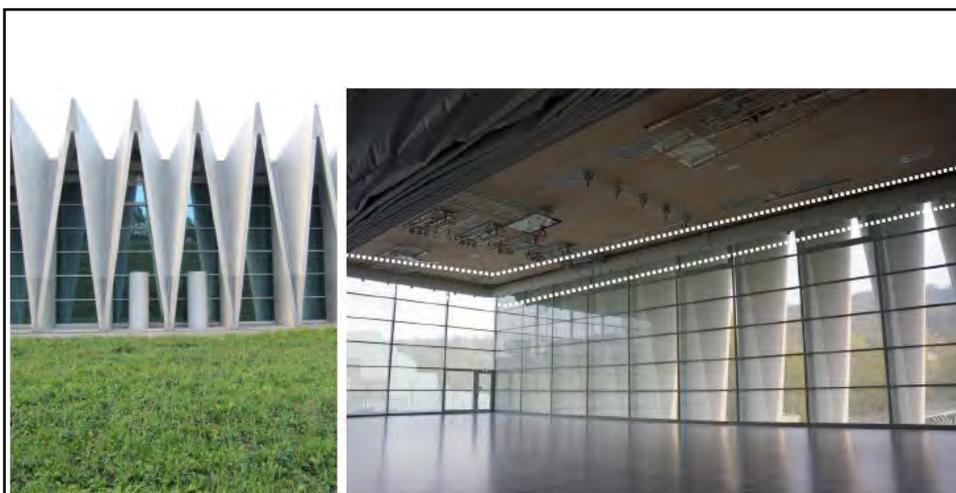
1 Foyer  
2 Konferenzraum  
3 Lehrerzimmer  
4 Umkleeraum  
5 Haustechnik  
6 Judo  
7 Tanz

**Concetto strutturale ed architettonico**

- Prefabbricazione per diminuzione dei costi di costruzione ed eventuali *empasse* in fase di cantiere;
- Raggruppamento delle due sale sportive previste dal bando di concorso in un'unica costruzione (migliorando così il rapporto S/V)

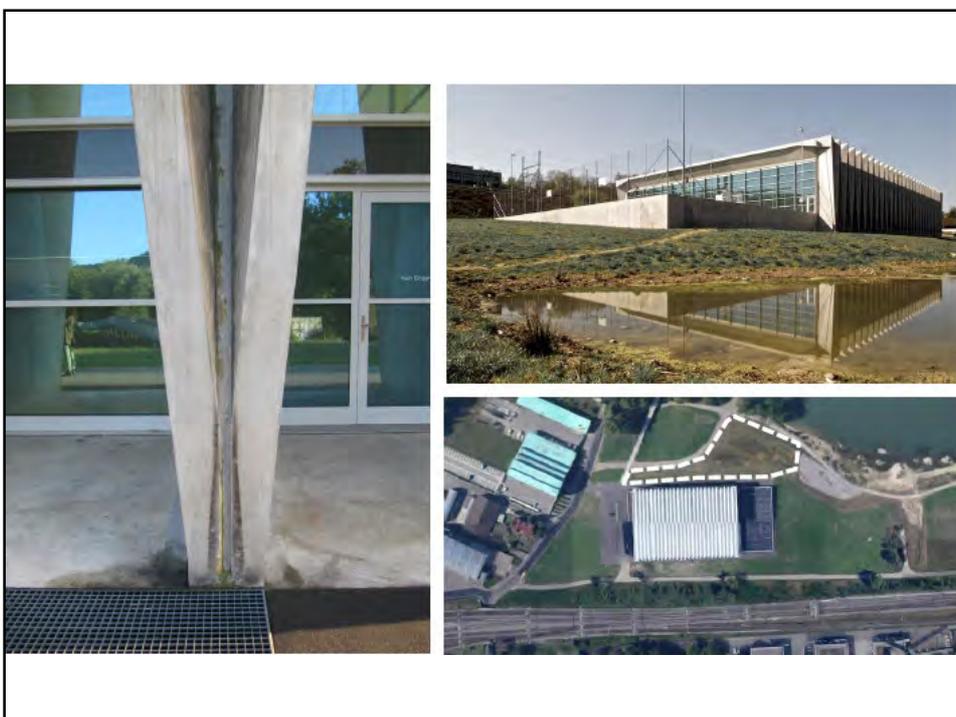
**Controllo dell'irraggiamento solare**

- La struttura portante funge essa stessa da brisèe-soleil permettendo di rinunciare a tendaggi  
Gli spazi hanno alti standard illuminanti e contemporaneamente una visione sul paesaggio fluviale circostante



**Controllo delle dispersioni termiche per trasmissione**

- Cappotto termico in intercapedine tra struttura portante e sottostruttura in acciaio
- Doppi vetri con vetrocamera basso-emissivi; fattore g basso;
- Ventilazione meccanica controllata





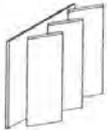

**Fabbisogno di energia termica**

- Il fabbisogno primario di energia termica e acqua calda sanitaria viene garantito da
  - a) Pompa di calore con sonda geotermica per 150 kW
  - b) Allaccio alla rete di teleriscaldamento di Müllimatt che garantisce 350+ 232 kW
  - c) Caldaia a gas naturale capace di coprire eventuali picchi di potenza (596 Kw)
- **Standard base Minergie raggiunto (Fabbisogno di energia coperto >60% da fonti rinnovabili)**

## SCHERMATURE MOBILI VERTICALI



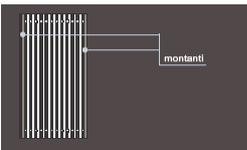
LE LAMELLE HANNO RIDOTTA DIMENSIONE E PERMETTONO UNA ROTAZIONE SULL'ASSE VERTICALE



ALTRI SISTEMI PIU' COMPLESSI PERMETTONO LO SCORRIMENTO TRASVERSALE



IN INVERNO E DURANTE LA NOTTE SI OTTENE LA TOTALE SCOMPARSA DEGLI ELEMENTI NELLE BUCATURE ED UNA TOTALE CHIUSURA RIDUCENDO LA DISPERSIONE DI CALORE DALL'INTERNO VERSO L'ESTERNO




**Sede centrale AVAX S.A.  
Grecia Atene 1998**

Usò primario: Uffici  
Giorni/Ore d'impiego: 10 ore/giorno

Progettisti  
A.N. Tombazis and Associates Ingegneri  
Università di Atene, Dipartimento d Fisica Applicata, Prof. M. Santamouris Appaltatori

Tecnologie per il risparmio energetico

- \* Alette solari (pannelli verticali in vetro stampato da schermature in seta)
- \* Griglie metalliche orizzontali fisse
- \* Persiane esterne

- \* Progettato per sfruttare il potenziale di luce naturale della zona
- \* Tecniche di raffreddamento passive/miste
- \* Ventilazione notturna
- \* Ventilatori a soffitto
- \* Sistema di immagazzinamento freddo



La facciata è tramata con colonne in cemento armato che sostiene un sistema di doppio rivestimento che funziona come un diaframma.

Pannelli verticali in vetro serigrafato, ruotano come alettoni per ombreggiare la facciata e permettere di regolare la radiazione solare e la luce naturale ottimizzata dall'esiguità dell'edificio.

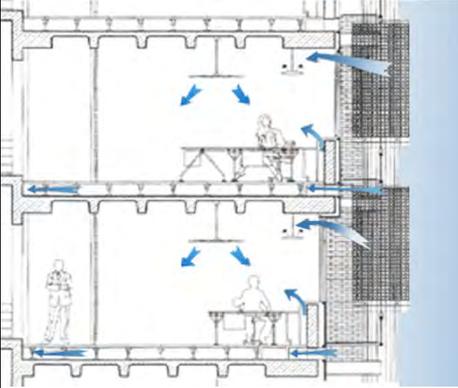
Forniscono un coefficiente di schermatura pari a 70% e ruotano automaticamente a seconda della temperatura e della radiazione solare.

|                               | Envelope U-Values (W/m <sup>2</sup> K) |      |         |
|-------------------------------|--|------|---------|
|                               | Ground floor                           | Roof | Facades |
| Avax Building, Athens, Greece | 0.2                                    | 1.2  | 0.8     |



L'ombreggiamento è completato da una serie di griglie parasole orizzontali

Le strategie di economia dell'energia includono una ventilazione meccanica notturna, un sistema di raffreddamento centrale (pompe di calore aria/acqua), apparecchi di riscaldamento ad alto rendimento e detettori di presenza che comandano l'illuminazione artificiale.



## ORIENTAMENTO E SCHERMATURA SOLARE

### FRONTE SUD

I sistemi di schermatura orizzontale posti sulla facciata sud sono ottimi in estate quando il sole è alto

### FRONTE NORD

Non sono necessarie schermature

### FRONTE EST/OVEST

Difficilmente schermabili a causa dei raggi di incidenza del sole bassi al mattino ed al pomeriggio; la soluzione è data da sistemi a lamelle, meglio se verticali e regolabili

Tale sistema per essere altamente efficiente deve presentare una distanza tra le lamelle molto ridotta, con il rischio però di ridurre la visuale dall'interno

## SCHEMATURE INTERNE

I SISTEMI FRANGISOLE INTERNI SONO IN GRADO DI INTERCETTARE L'ENERGIA SOLARE SOLO DOPO CHE HA ATTRAVERSATO LA SUPERFICIE VETRATA

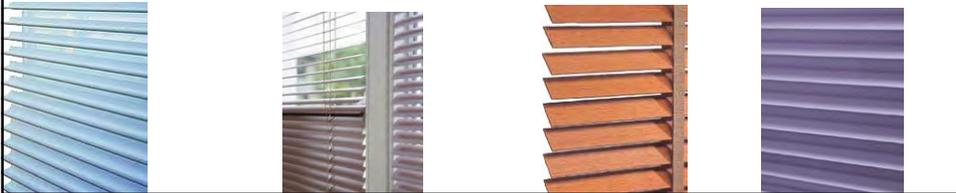
POSSONO ELIMINARE SOLTANTO QUELLA PARTE DI ENERGIA RADIANTE CHE PUO' ESSERE NUOVAMENTE RIFLESSA VERSO IL VETRO

ASSORBONO UNA PARTE DI ENERGIA INCIDENTE E TRASMETTONO LA RESTANTE PARTE ALL'INTERNO DELL'AMBIENTE PER CONVEZIONE E IRRAGGIAMENTO

MENO EFFICACI DI CIRCA IL 35% RISPETTO A QUELLI ESTERNI

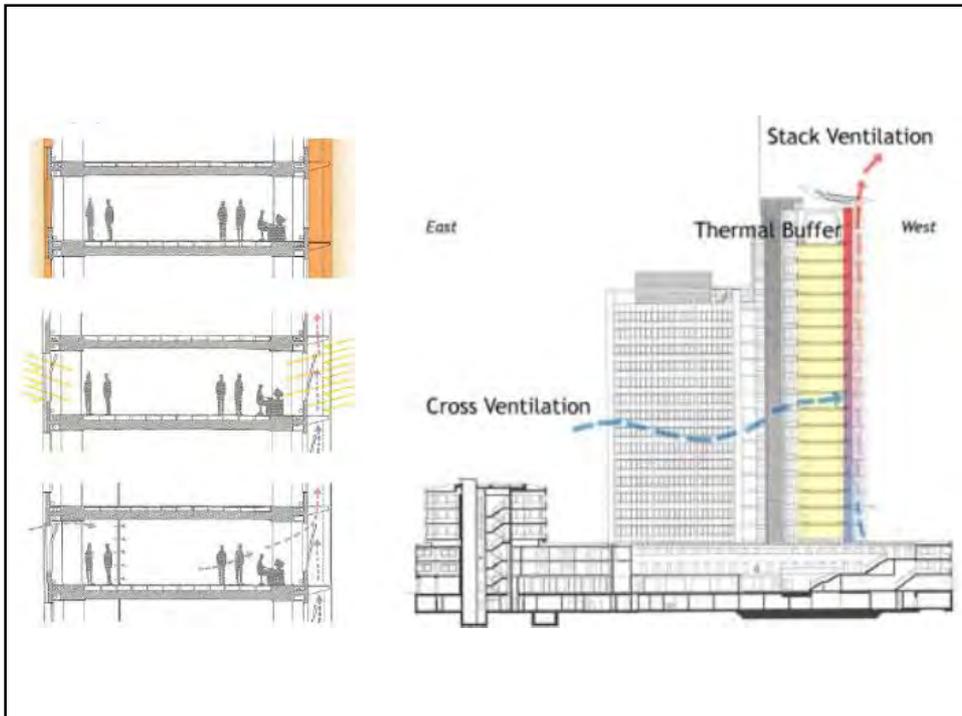
INDISPENSABILI IN CASO DI SCHEMATURE VERTICALI NON IN GRADO DI SCHERMARE LA LUCE ZENITALE

COMBINATI A SPORTI ORIZZONTALI PER ELIMINARE IL RIVERBERO



TENDE VENEZIANE O  
AVVOLGIBILI IN DIVERSI MATERIALI

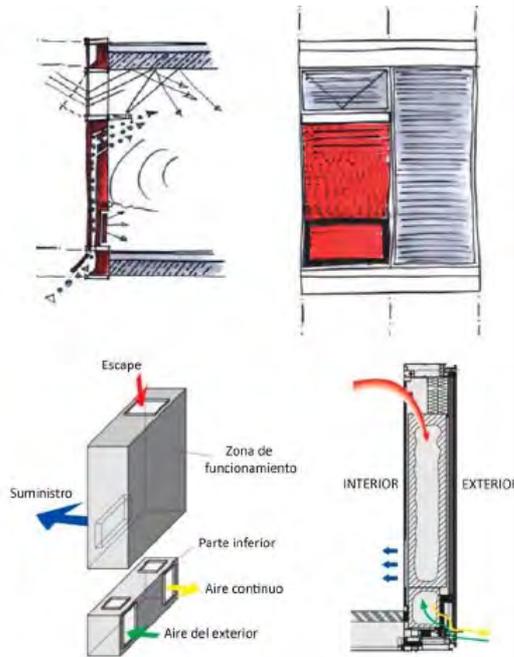
GSW Headquarters, Berlin - Sauerbruch Hutton



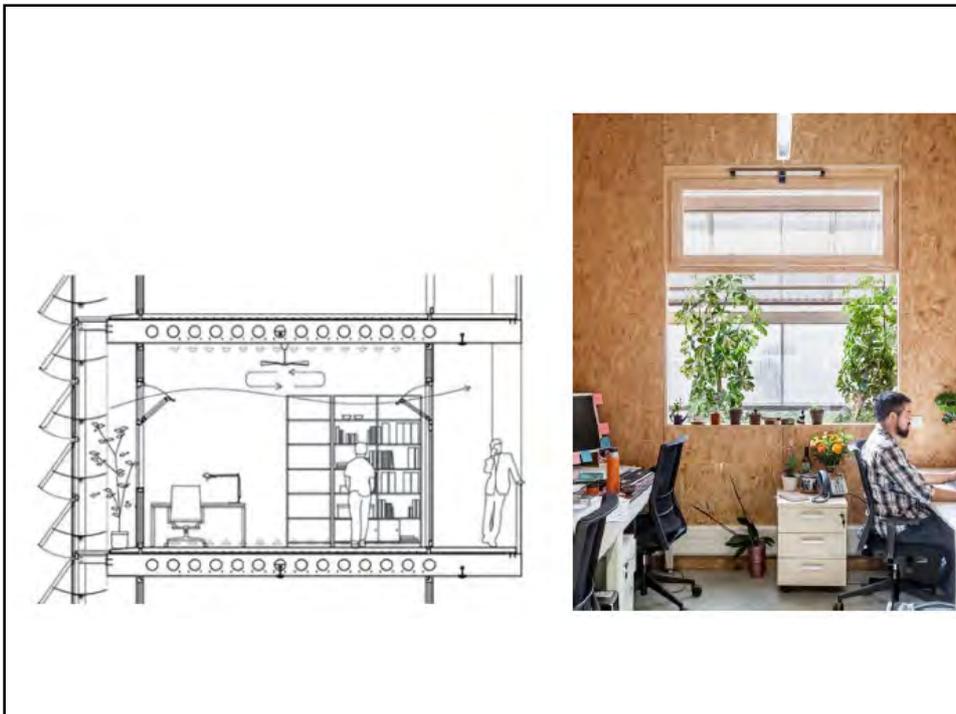
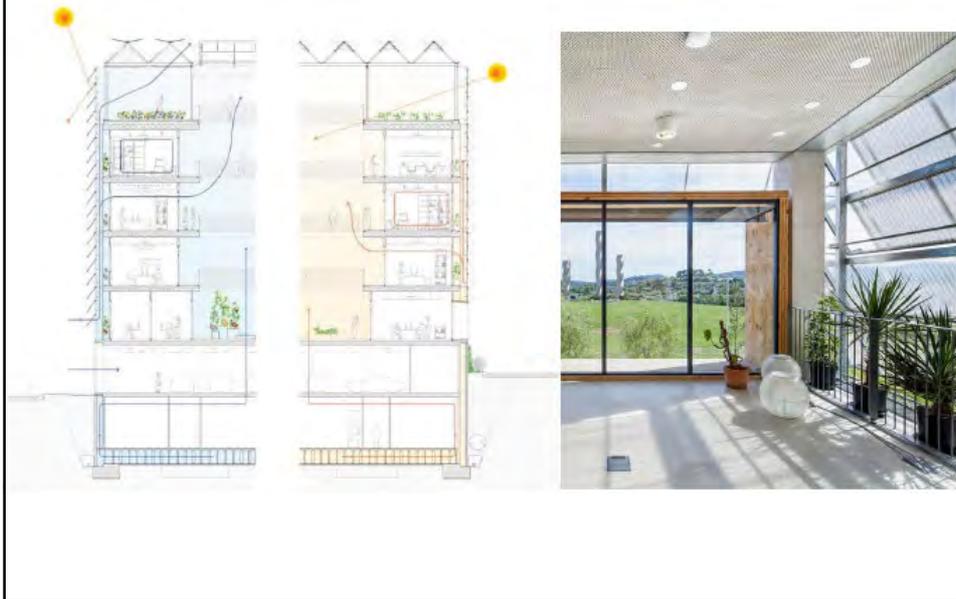
Capricornhaus, Düsseldorf - Gatermann + Schossig



2.008 Capricornhaus, Düsseldorf



## Centre de recerca UAB - Harquitectes



## EDIFICIO LATEL, AMESFOORT, OLANDA, BEN VAN BERKEL



Rivestimento con lastre di isolante ad alta densità (polistirene) per aumentare l'inerzia termica della muratura.

Il passaggio di aria per effetto camino all'interno dell'intercapedine formatasi tra i due involucri (sebbene di pochi centimetri) consente di ottenere soprattutto in estate il raffreddamento della massa retrostante.

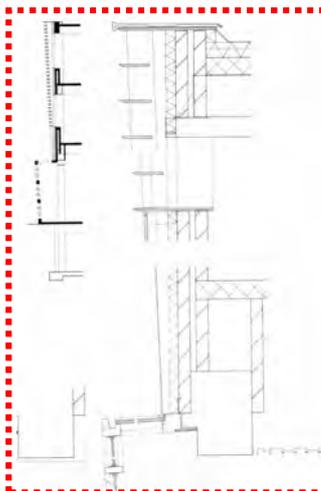
Lamelle in legno **iroko scuro**, sono posizionate in corrispondenza delle bucatore esistenti. La facciata funziona come elemento - tampone allo scopo di limitare le perdite di calore per trasmissione in inverno.

Le facciate originarie sono state rivestite con un involucro a pannelli di vetro rinforzato e traslucido con una leggera inclinazione rispetto al piano di facciata esistente. Ciò sia per permettere un migliore smaltimento dell'acqua piovana ed evitare fenomeni di infiltrazione, sia per il miglior funzionamento del sistema di schermatura a lamelle.



Il sistema di connessione tra i pannelli vetrati è realizzato mediante piatti in acciaio che lasciano la lastra completamente esterna. Il giunto di tenuta è a silicone.

Tale sistema ha consentito la massima trasparenza. La sovrapposizione di un involucro vetrato traslucido è funzionale alla riduzione del carico termico dato dalla radiazione solare sulla facciata, ed alla creazione di un'intercapedine che costituisce un elemento di "sfasamento termico" e di protezione.



**L'apposizione del rivestimento vetrato, assieme ai pannelli isolanti ha consentito un abbattimento acustico di circa 3 db.**



**Monitoraggi specifici effettuati sull'edificio nel periodo annuale gennaio 1999-gennaio 2000 hanno indicato che il consumo energetico si è ridotto di circa il 15% per la stagione estiva e del 10% nella stagione invernale. Il consumo di energia elettrica ha subito una riduzione del 30%.**



## **HITACHI TRAINING CENTER, LECCE**

Edificio destinato ad uso uffici, laboratori e spazi per la didattica

Manutenzione della facciata rivestita in pietra locale

Aggiunta di un filtro tecnologico costituito da un sistema di pale frangisole in lamiera forata che, con la struttura d'acciaio di fissaggio, regolano l'afflusso di luce all'interno dell'edificio

L'obiettivo principale dell'intervento era quello di ridare nuova immagine all'edificio: dotare gli ambienti della massima luminosità eliminando le condizioni di surriscaldamento dovute alle condizioni climatiche tipiche della zona mediterranea.

Sistema di schermatura solare misto a lamelle e vetro opalino

**FACCIATA SUD**  
 rivestita con lamelle in alluminio microforate orientabili, fissate ad una struttura a montanti verticali in acciaio. La struttura è formata da travi IPE verticali alle quali sono fissati elementi tubolari in acciaio, che supportano molle fissate con brugole alle quali si agganciano le lamelle di facciata.

**FACCIATA NORD**  
 rivestimento in vetro opalino, elemento traslucido in grado di filtrare la luce solare attenuando il fenomeno di abbagliamento.

La sovrapposizione è funzionale alla riduzione del carico termico dato dalla radiazione solare sulla facciata, ed alla creazione di un'intercapedine ventilata che favorisca il fenomeno di raffrescamento

RIDUZIONE DELL'UTILIZZO DI CONDIZIONATORE: 20%

RIDUZIONE DEL FENOMENO DI ABBAGLIAMENTO

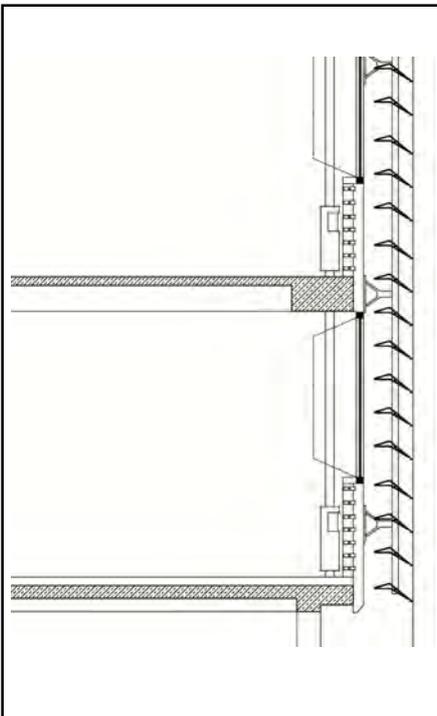
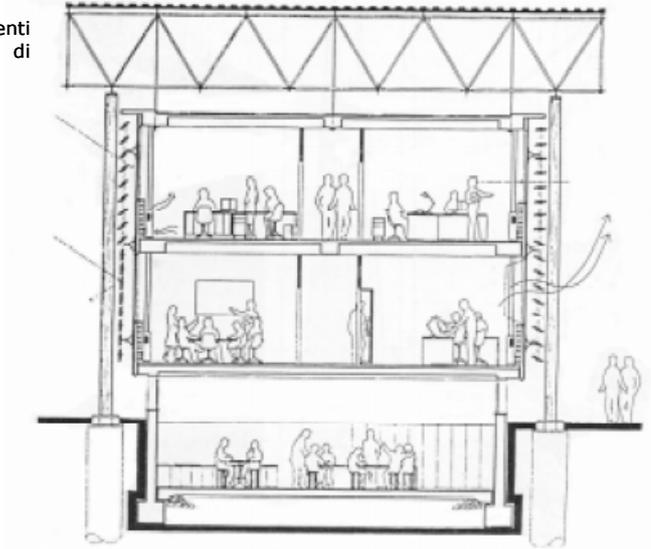
ABBATTIMENTO CONSUMI ENERGIA ELETTRICA: 25%

## EDIFICIO PER UFFICI TAD, MILANO

involucro di tamponamento in pannelli di calcestruzzo con infissi a nastro  
Surriscaldamento degli ambienti di lavoro eccessivo uso di impianti di condizionamento

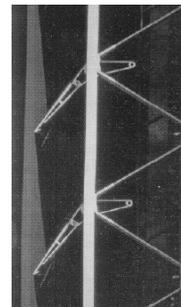
“gabbia” costituita da una struttura reticolare spaziale sorretta da 12 colonne in acciaio alte 12 m, su fondazioni indipendenti

Questa funge da supporto ad un rivestimento a lamelle di lamiera microforata, posizionata ad orientamento differenziato a seconda del fronte da proteggere



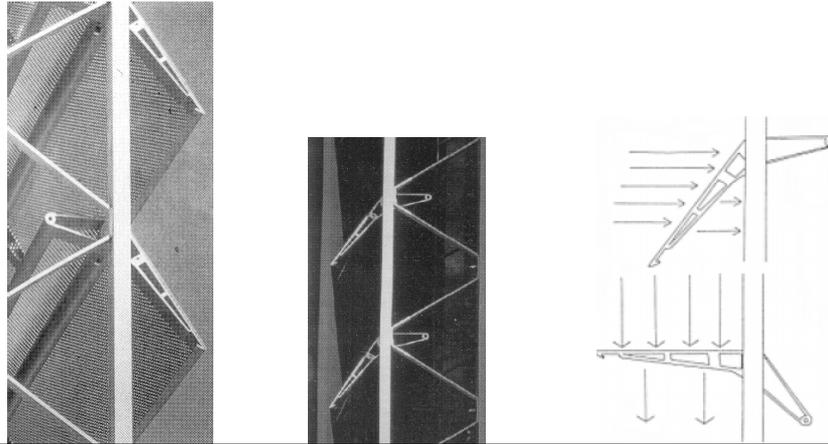
Le alette frangisole sono montate su una struttura esterna indipendente formata da un leggero traliccio reticolare piano fissato alla facciata, che alloggia i meccanismi di movimentazione.

I brise - soleil orientabili schermano ed allo stesso tempo filtrano la luce solare durante tutto il giorno, grazie al particolare tipo di lamiera forata utilizzata



A seconda dell'orientamento delle facciate, assumono diverse posizioni: a nord, dove i raggi del sole non sono mai diretti, le alette sono sempre aperte per permettere il maggior ingresso di luce

Sulla facciata sud, sono chiuse per schermare gli ambienti interni dalla luce del sole.  
Ad est e ad ovest sono mobili e variano inclinazione al variare dell'incidenza solare



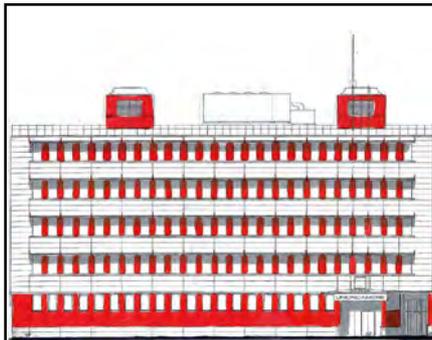
Ottimizzazione del livello di diffusione di illuminazione naturale all'interno dell'ambiente e riduzione del carico termico sulle pareti dell'edificio.

Tale provvedimento ha consentito una riduzione nel dimensionamento dell'impianto di climatizzazione di circa il 25% e del consumo di energia elettrica del 30%.

Principali risultati ottenuti:

- Riduzione del carico termico radiativo del 50%;
- Riduzione del fenomeno di abbagliamento negli ambienti interni;
- Diminuzione del degrado della facciata.





## SEDE DI UNIONCAMERE, MILANO

### EDIFICIO ANNI '70

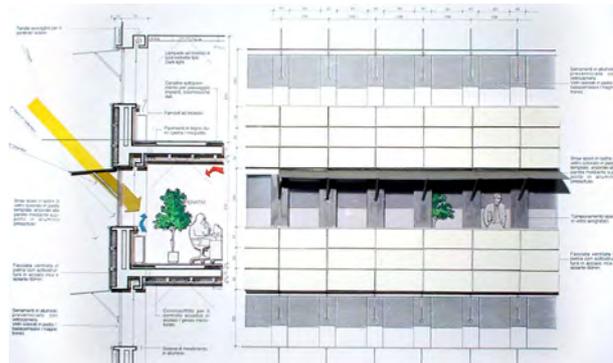
Elementi di chiusura esterni in muratura di forati a doppio strato con intercapedine e rivestiti da piastrelle di gres, presentavano parziali distaccamenti ed infiltrazioni.

I preesistenti serramenti in alluminio monovetro erano inadeguati. Inesistente la coibentazione dell'involucro.

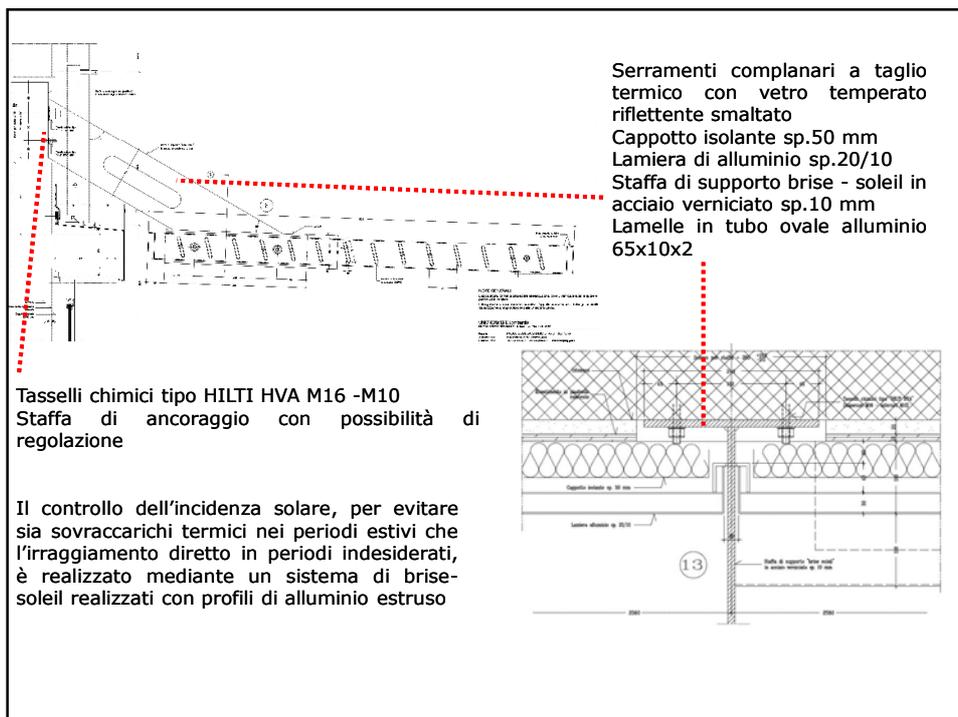
**OBIETTIVO:** adeguamento dello stabile ad una nuova efficienza congrua alle esigenze dell'ente ospitato (EFFICIENZA ENERGETICA + IMMAGINE)

La struttura esistente è stata avvolta da una nuova pelle tecnologica.

L'involucro è composto da due elementi: la "pelle" opaca, per il miglioramento degli aspetti architettonici e di coibenza e quella trasparente composta da nuovi serramenti e brise-soleil per il controllo solare.



**PELLE OPACA:** facciata ventilata in lastre di alluminio di spessore 20/10. Sottostruttura in acciaio inox. Intercapedine: pannelli isolanti in polistirene (50 mm).  
Le nuove superfici vetrate sono composte da **serramenti a taglio termico con vetrazioni magnetroniche selettive** per il controllo della luce solare all'interno degli ambienti. Vetrate di colore neutro ma con caratteristiche tecniche che garantiscono elevate prestazioni sia nel campo luminoso che energetico (vetri Stopray Glaverbel) che permettono il passaggio di una buona quantità di luce naturale, riducendo la quantità di calore che passa attraverso il vetro.



### SISTEMI DI SCHERMATURA CON PRODUZIONE DI ENERGIA

GLASS SHADOVOLTAIC – SISTEMI DI FRANGISOLE COSTITUITI DA ELEMENTI LAMELLARI TRASPARENTI CON CELLE FOTOVOLTAICHE INTEGRATE

LA SEMITRASPARENZA DEGLI ELEMENTI NON CREA I CLASSICI EFFETTI PRODOTTI DAI FRANGISOLE VETRATI

LAVORANO PER DIFFUSIONE LUMINOSA

CON ELEMENTI FISSI E' NECESSARIO INDIVIDUARE L'ANGOLO DI TILT

CON ELEMENTI MOBILI POSSIBILITA' DI MASSIMIZZARE LA CAPTAZIONE "INSEGUENDO" LA RADIAZIONE SOLARE (EFFICIENZA DEL 25 – 30 % IN PIU' RISPETTO AI SISTEMI FISSI)

©BOMIN SOLAR GmbH

**BAYERISCHE LANDESBANK, MONACO, GERMANIA**

**Principali problematiche**

Mancanza di comfort all'interno degli ambienti di lavoro soprattutto nella stagione estiva;  
Eccessivi apporti energetici legati all'uso di sistemi di condizionamento/riscaldamento;  
Scarsa tenuta all'aria e, di conseguenza, scarso isolamento termico;  
Elevate spese di gestione.

**Obiettivi di progetto**

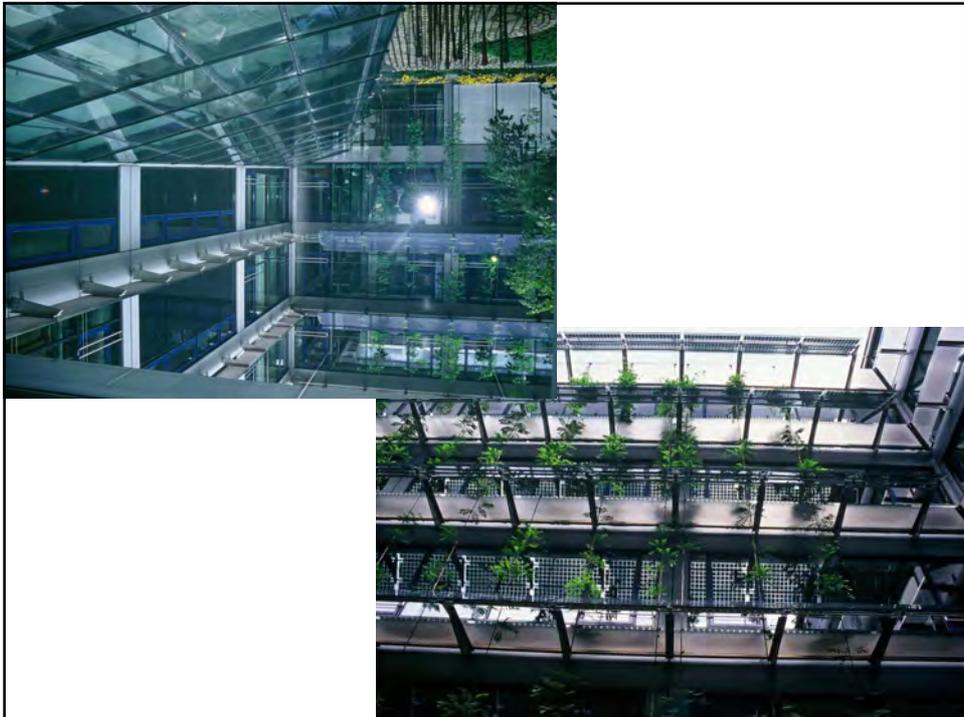
Miglioramento del comfort interno;  
Minimizzazione dei consumi energetici attraverso la captazione dell'energia solare.

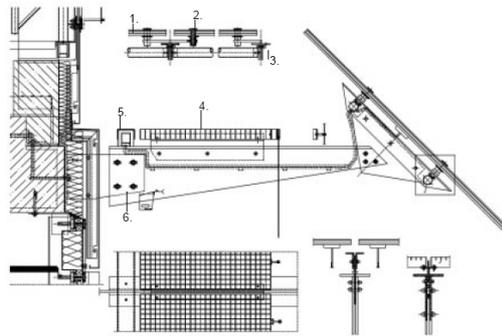
Involucro di tamponamento: Facciata continua a serramenti monovetro

**Tipo di intervento:** sostituzione

**Tipo di elemento:** moduli al silicio monocristallino

**Tipo di impianto:** grid - connected





1. Vetro fotovoltaico 10-1,5-10
2. Anta di vetro appeso
3. Lamiera microforata asse altezza 50 mm, maglia 25 x25 mm sp. 2 mm
4. Camminamento orizzontale in lamiera metallica
5. Copertina isolante per passaggio cavi
6. Piastra metallica di ancoraggio

La soluzione di facciata adottata, anche grazie al clima non particolarmente caldo, ha permesso di rinunciare alla realizzazione dell'impianto di aria condizionata e di ridurre notevolmente i consumi energetici dell'edificio. Tutti gli uffici sono muniti di finestre apribili che consentono una ventilazione naturale passante.

Grazie ai **538 mq di pannelli fotovoltaici** ogni anno vengono prodotti circa **45.000 kWh** di energia elettrica. Le celle al silicio sono state inserite in diversi punti della facciata: nelle vetrate, nelle tende fissate con sistema a punti, nelle tende avvolgibili e negli elementi frangisole.

Il risparmio energetico dell'edificio è valutabile nell'ordine del 30% per il consumo invernale e del 45% per quanto riguarda il funzionamento estivo.

Il costo di tale applicazione è di circa 800 euro al mq



## ECN - BUILDING 31 PETTEN, OLANDA, 2000 BEAR Architecten



L'edificio 31, costruito nel 1963, ospita il laboratorio di ricerche dell'area del Netherlands Energy Research Foundation (ECN).

### PROBLEMATICHE:

Numerosi problemi tecnici e termici, a livello di **isolamento e dispersioni**, di **surriscaldamento** dovuto alla radiazione solare incidente e relativamente ai sistemi di illuminazione e ventilazione dei laboratori, caratterizzati da basso comfort interno.

**Consumi eccessivi** e condizioni esterne della facciata e le prestazioni termiche associate risultavano sostanzialmente carenti.

### OBIETTIVI:

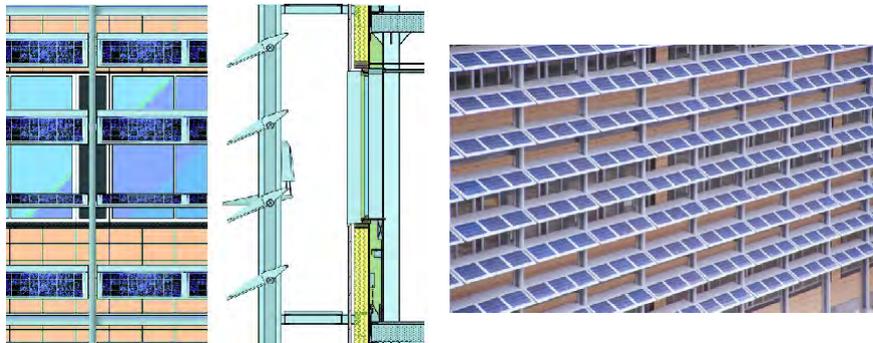
- migliorare il clima indoor e le condizioni di comfort;
- utilizzare la fonte solare per l'approvvigionamento energetico, con un conseguente risparmio di combustibili fossili.



Facciata fotovoltaica distante circa **80 cm** dalla struttura dell'edificio ma collegata a questa tramite **profili metallici tubolari**

i moduli sono installati **a gruppi di tre su lamelle ombreggianti**, la cui profondità è stata calcolata in relazione alle dimensioni degli spazi interni. La struttura progettata implica una particolare percezione dell'edificio dall'esterno e anche da parte dei fruitori degli ambienti interni, a cui è garantita la visibilità ma anche la schermatura dalla luce diurna diretta.

Sistema capace di **variare i valori di illuminazione e ombreggiamento** ottenibili in relazione alle specifiche esigenze dettate dalle attività dei laboratori; per questo motivo, durante la progettazione dell'intervento di retrofit energetico, sono state considerate differenti opzioni progettuali e sono state condotte varie simulazioni relative alla produttività e al guadagno termico per l'edificio.



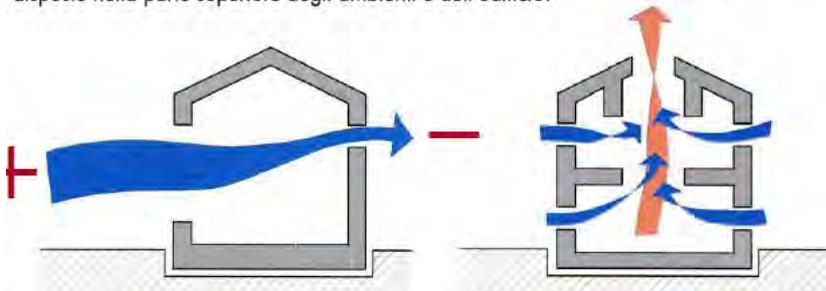
Il sistema copre circa il **30%** del fabbisogno elettrico tramite l'installazione di componenti atti alla conversione solare. Tali elementi sono conformati in modo da svolgere anche funzione ombreggiante e di regolazione dei flussi di luce per l'illuminazione degli spazi interni ed è stato previsto, inoltre, un sistema di ventilazione con recupero di calore ed un nuovo impianto di riscaldamento, l'installazione di sistemi di illuminazione artificiale e di apparecchiature elettriche a basso consumo.

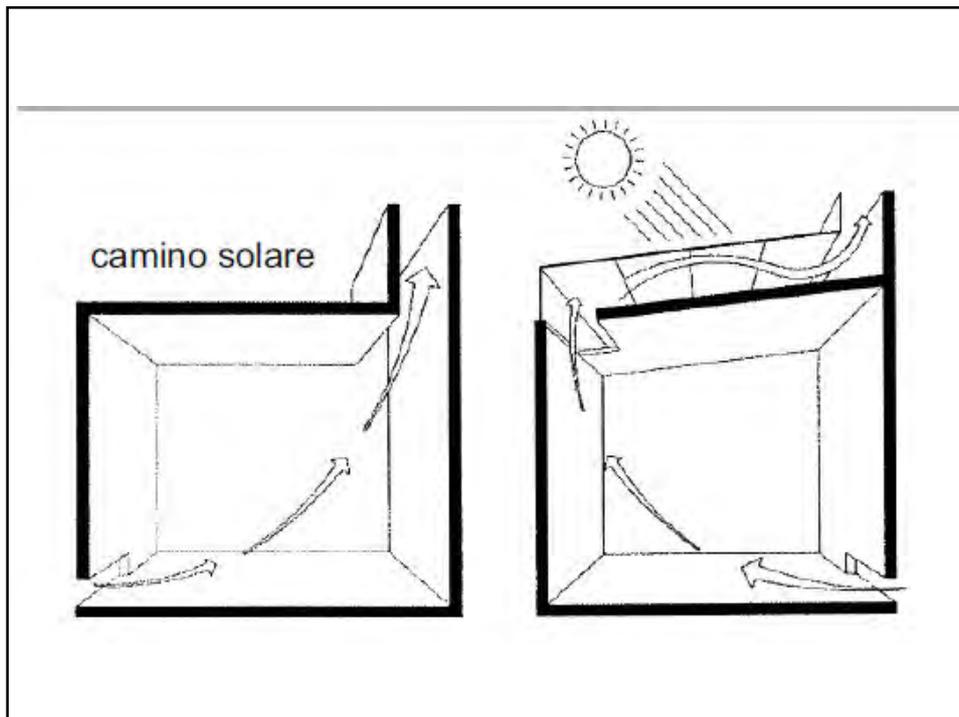
### STRATEGIA DI RAFFRESCAMENTO PASSIVO: VENTILAZIONE NATURALE

La ventilazione può essere incrementata sfruttando sia il principio per cui l'aria calda, più leggera, tende a sollevarsi richiamando aria più fredda al proprio posto, sia il principio per cui l'aria tende a spostarsi da una zona di alta pressione ad una zona di bassa pressione.

La tecnica della **ventilazione** aiuta ad allontanare parte del calore eccessivo ed **abbassa la temperatura interna**; inoltre anche il semplice movimento del flusso d'aria su di un oggetto od una persona crea un effetto di raffreddamento.

Per favorire l'**espulsione dell'aria calda** verso l'esterno, ed il richiamo al suo posto di aria più fresca, si deve creare un processo di tiraggio simile a quello di una canna fumaria (**effetto camino**), per esempio favorendo l'espulsione dell'aria attraverso apposite aperture disposte nella parte superiore degli ambienti e dell'edificio.



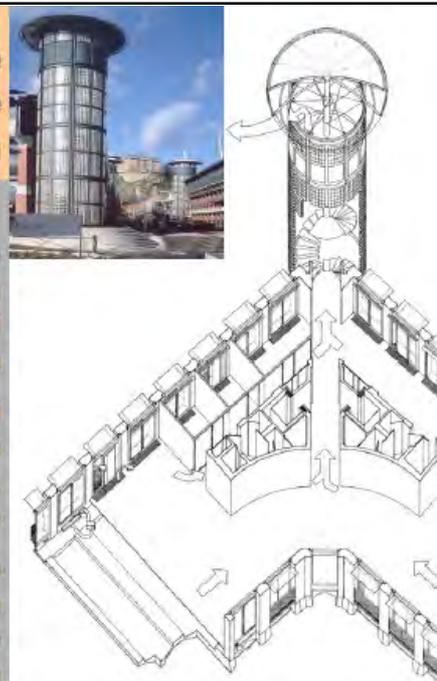


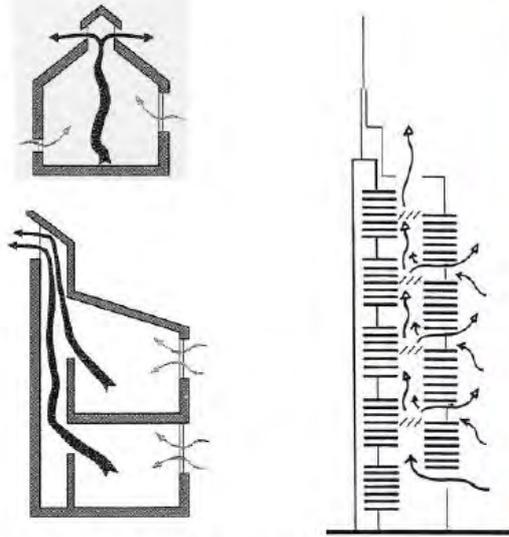
**Michael Hopkins e Partners, Inland Revenue building a Nottingham**

come camino solare verticale è usata una torretta costruita con blocchi di vetro e contenente i vani scala

in essa viene aspirata l'aria dagli uffici che vi si affacciano tramite porte che, all'occorrenza, saranno tenute aperte

sopra la torretta un meccanismo idraulico consente di muovere la sua copertura in basso e in alto regolando il flusso d'aria

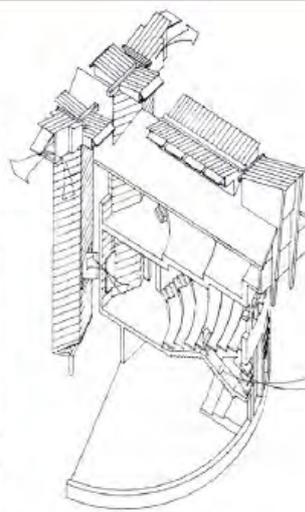


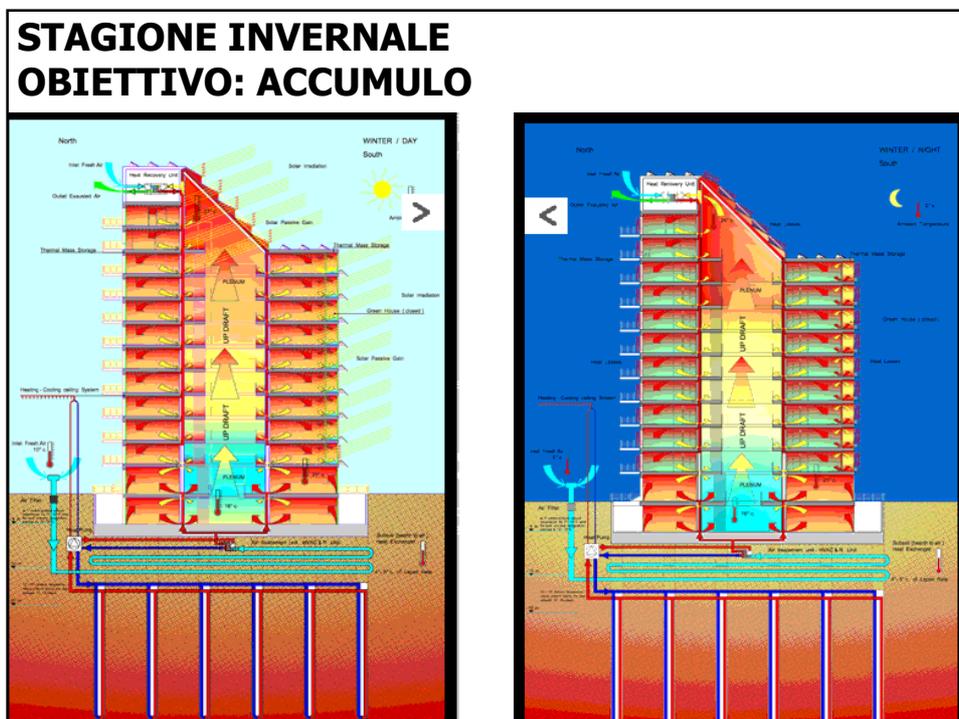
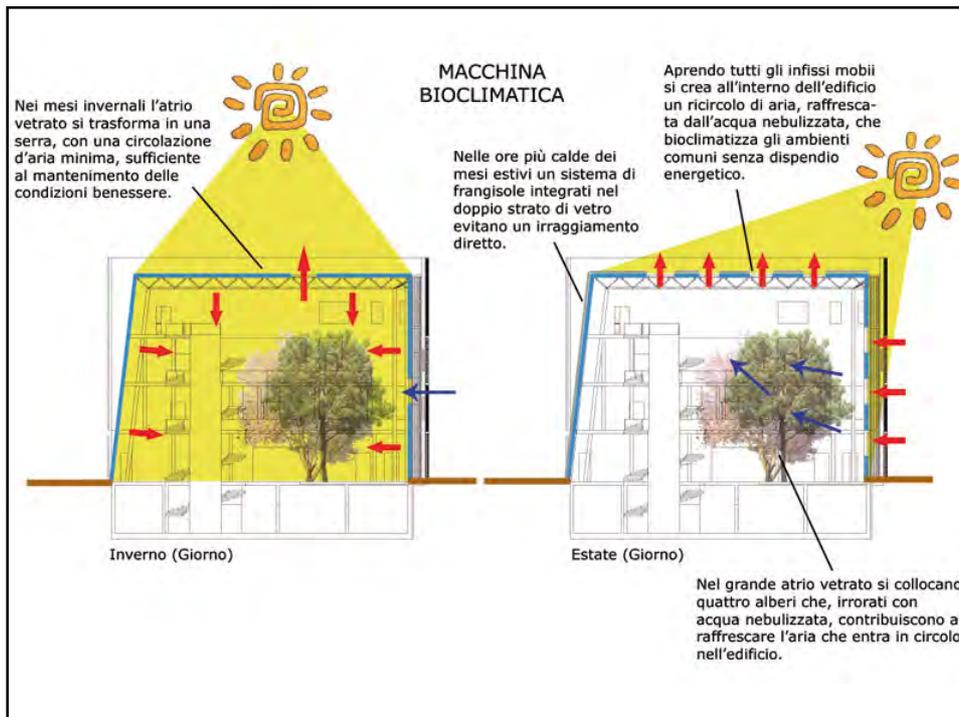


L'effetto camino può essere incrementato realizzando dei "camini solari" che sfruttano la radiazione solare per riscaldare l'aria e creare delle correnti ascensionali.

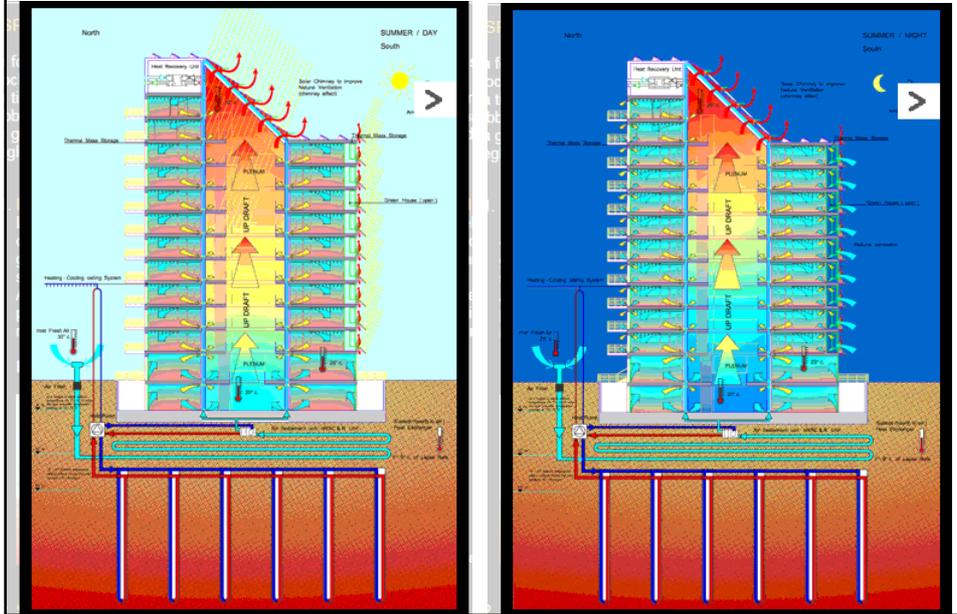
## Ford & Short. Facoltà di ingegneria a Leicester

con sistema di ventilazione naturale che utilizza torri-camino e lucernari

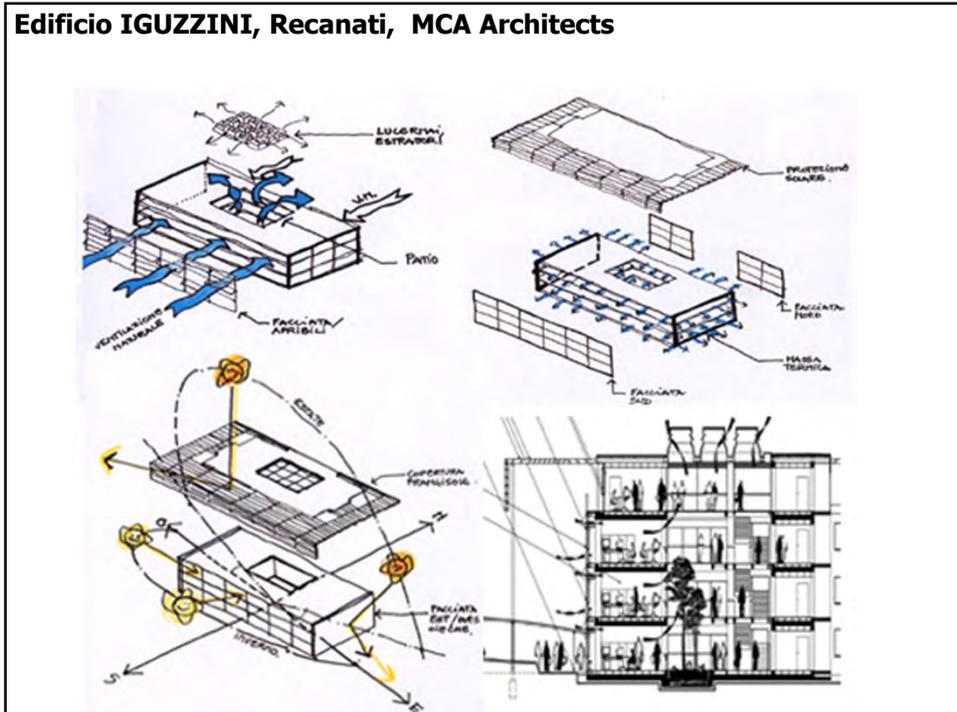


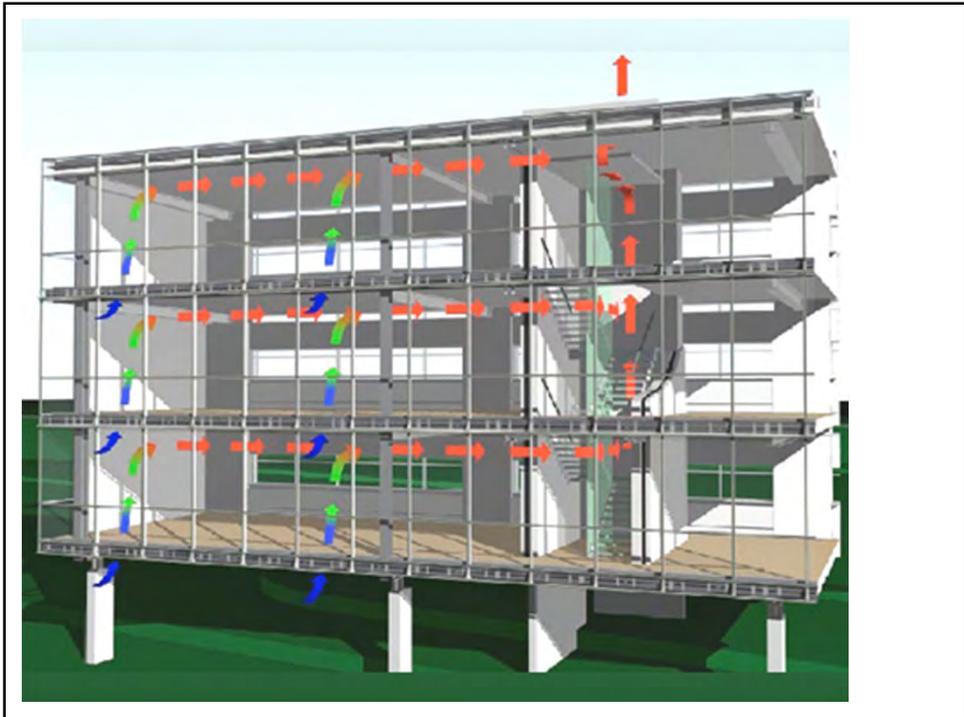
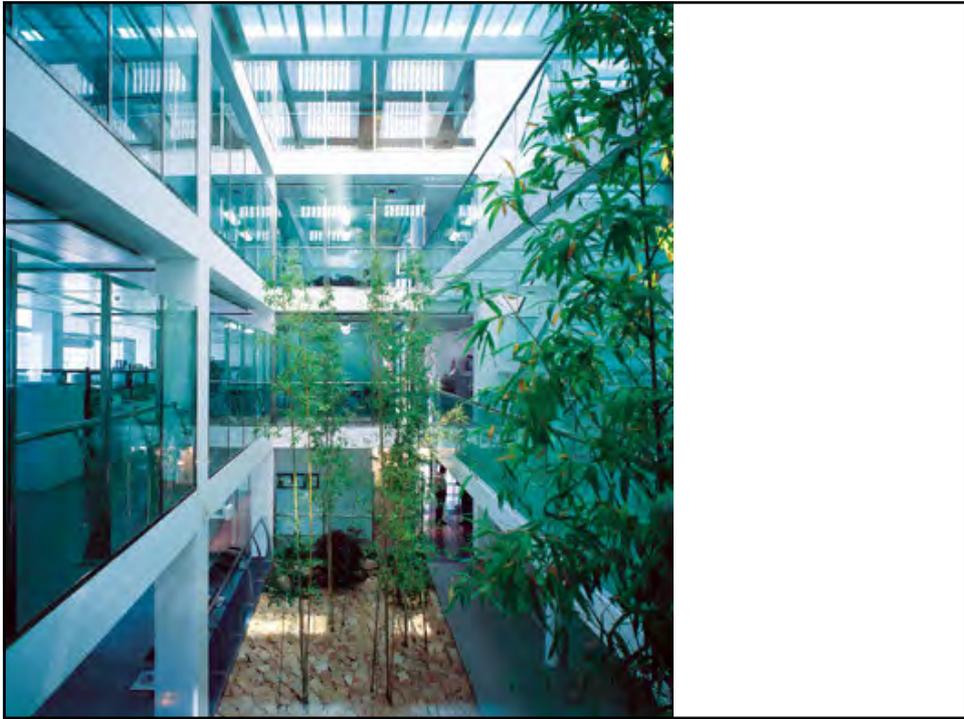


# STAGIONE ESTIVA OBIETTIVO: VENTILAZIONE, DISSIPAZIONE



## Edificio IGUZZINI, Recanati, MCA Architects





## Sede centrale Sanitas-BUPA MADRID



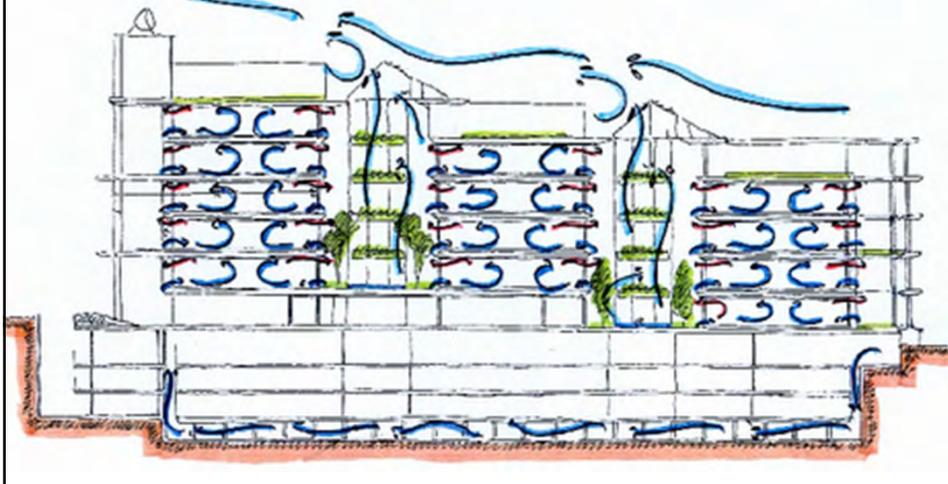
Grazie alla sua ubicazione geografica, è possibile sfruttare la strategia di ventilazione attraverso cortili interni come gli atri vegetati, dove si rafforza la ventilazione naturale. L'aria sale dai livelli più bassi fino in alto, dove viene estratta e portata verso l'esterno.

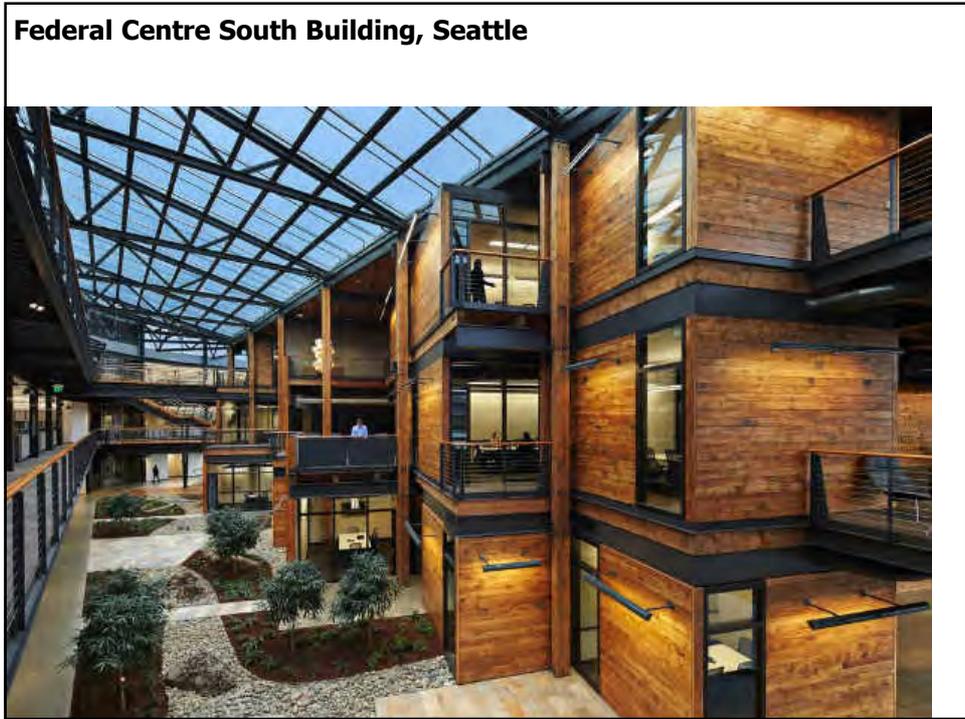
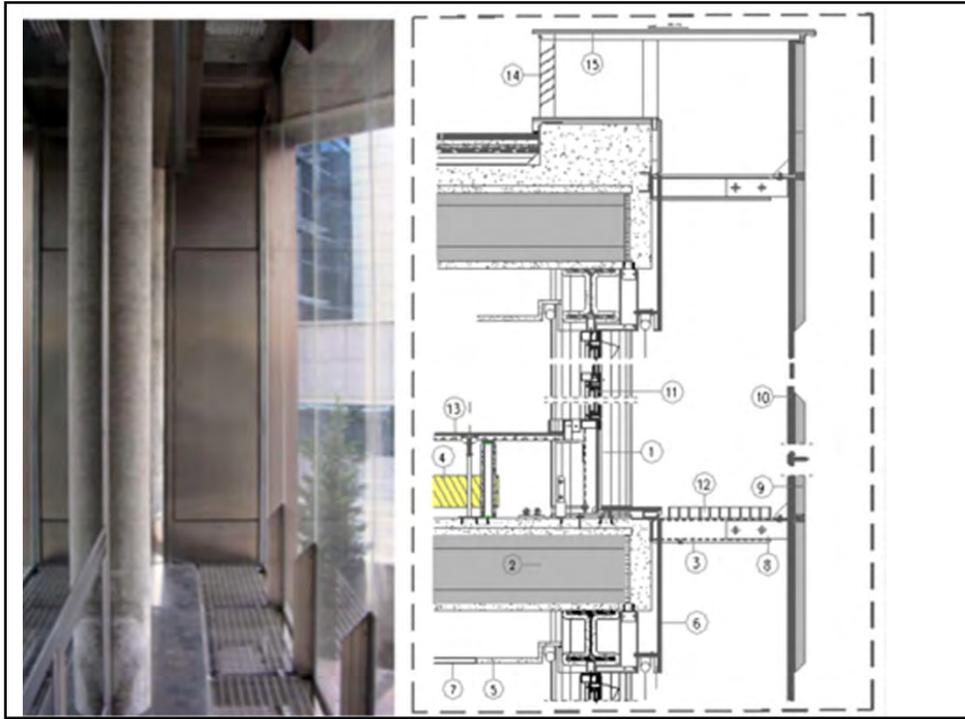
L'aerodinamica dell'edificio rispetta i venti prevalenti. Il tetto è a gradonate e allineato con i venti di sudovest. Grazie a questo, la pressione negativa sulla parte sottovento delle pensiline dell'atrio induce la ventilazione naturale attraverso gli atri.

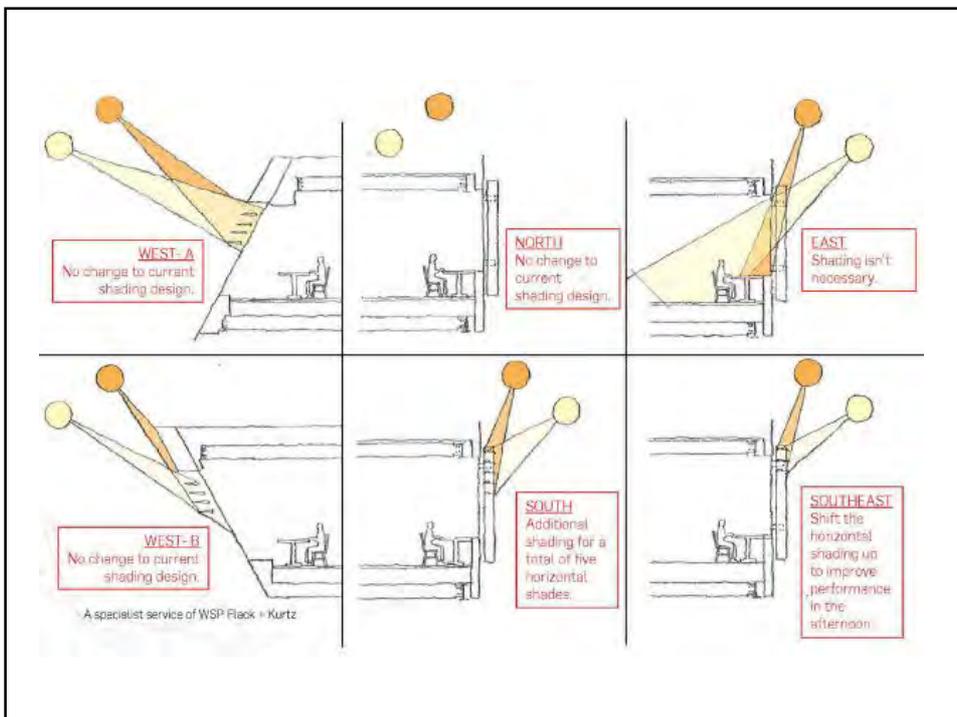
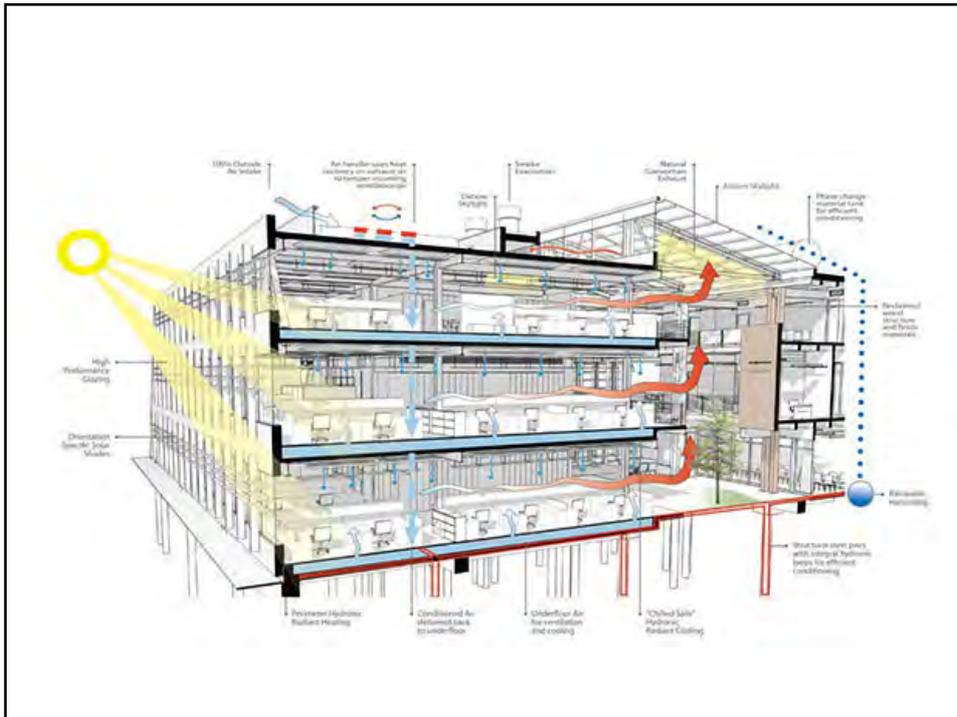
D'inverno entra in funzione il riscaldamento a pannelli radianti a pavimento che aiuta la qualità dell'aria e la ventilazione dei cortili; l'aria sale ed il movimento d'aria desiderato è di nuovo generato.

La ventilazione ad effetto camino negli atri assiste la ventilazione naturale in tutti gli uffici. In realtà, gli uffici hanno finestre ad apertura manuale sulle parti superiore ed inferiore della facciata. L'aria è ricambiata attraverso la convezione, dalle finestre inferiori a quelle superiori.

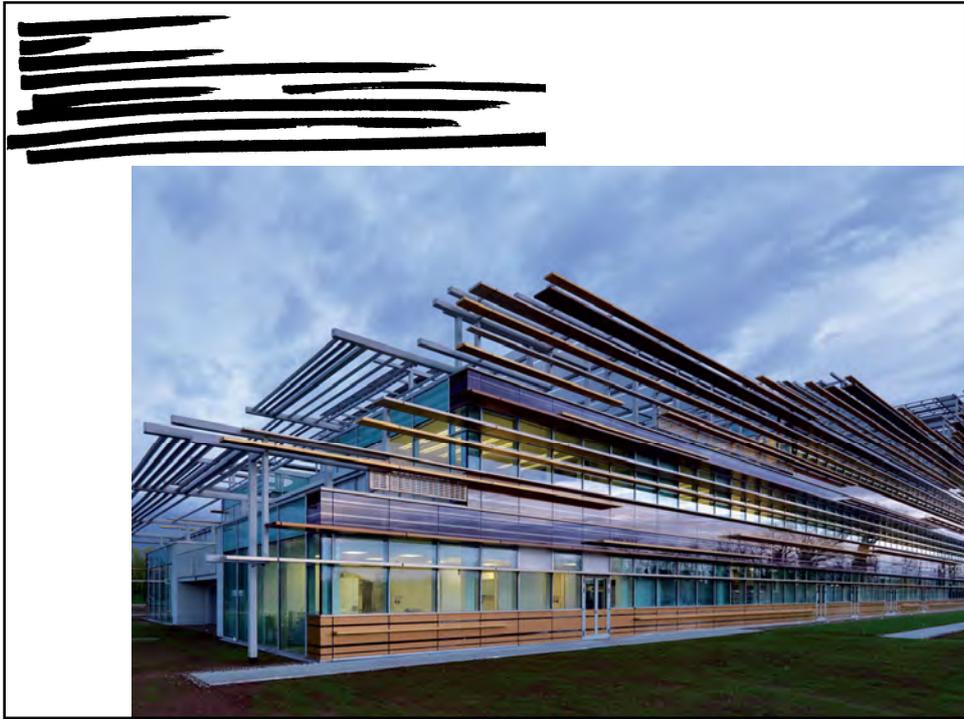
L'edificio ha anche facciate doppie ventilate sui lati nord e sud e l'alimentazione di aria esterna dipende dai livelli di occupazione.



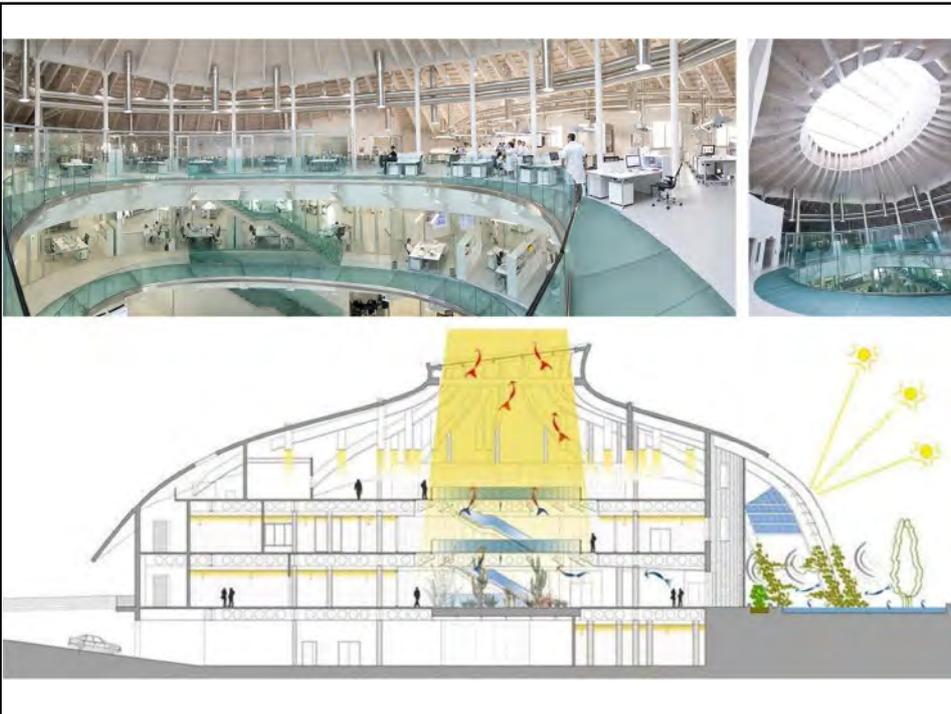


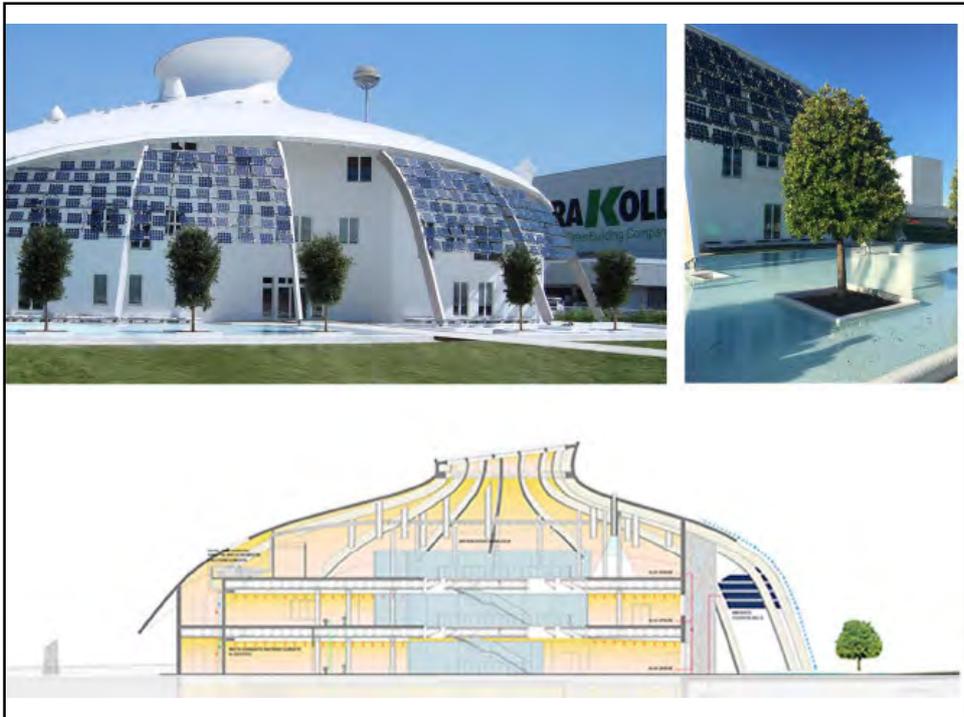






**Kerakoll Greenlab – Studiobiòs Associati**

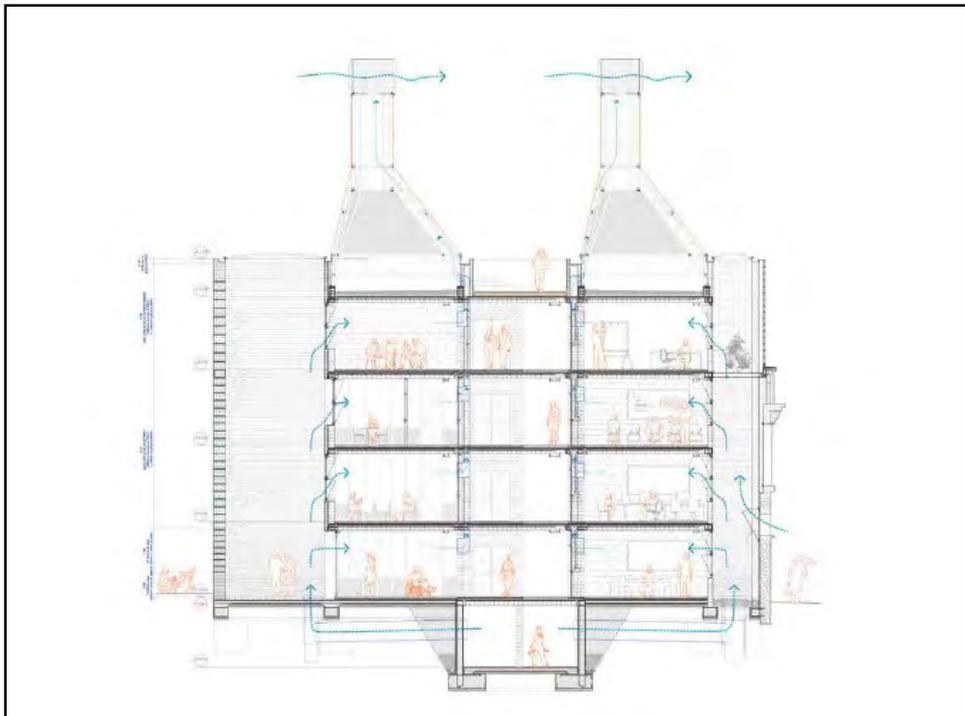
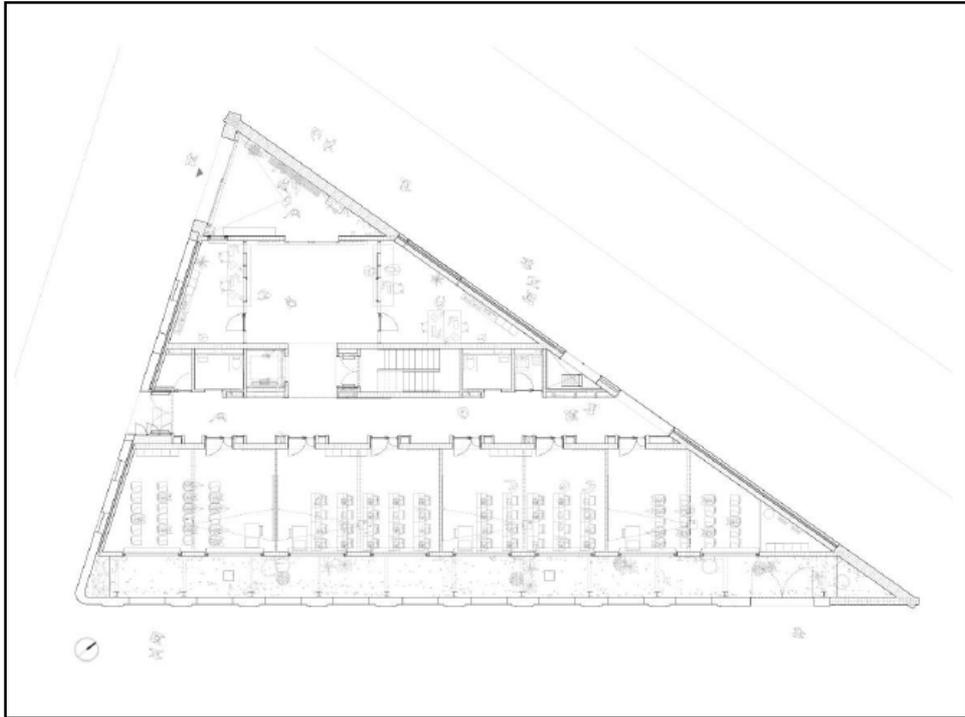


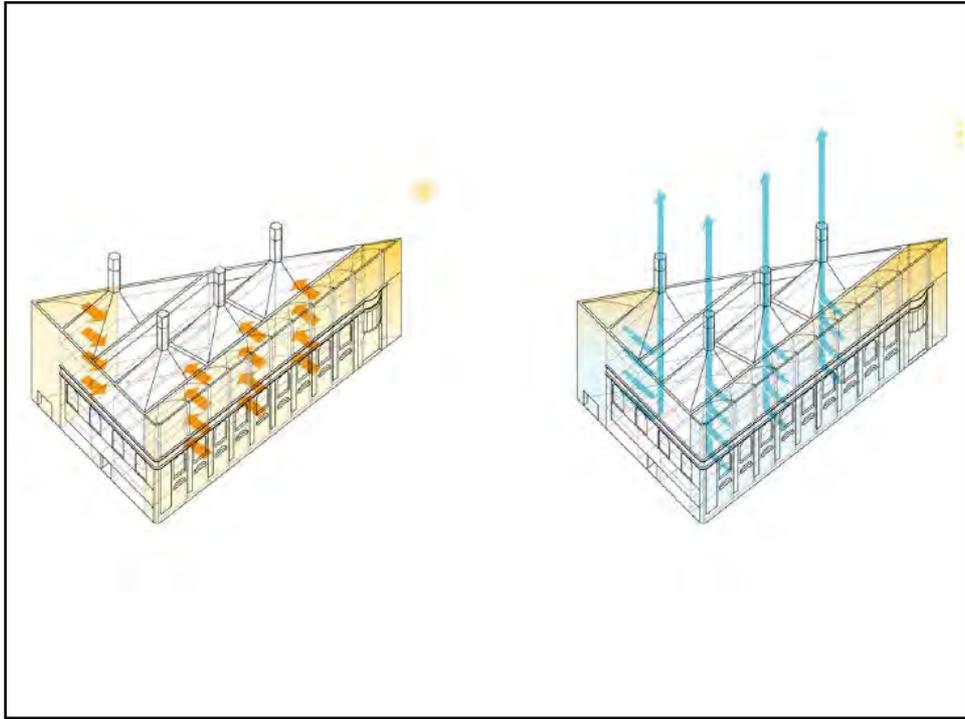




**Centro civico Cristalerias Planell a Barcellona**







### **Testi riguardanti l'approccio bioclimatico alla progettazione**

Olgay V., *Progettare con il clima, Un approccio bioclimatico al regionalismo architettonico*, Franco Muzzio, Padova 1980

Mazria E., *Sistemi solari passivi*, Franco Muzzio Editore, 1990

Toni M., *Qualità involucro, contributo attorno ai problemi del comfort abitativo*, Pitagora, Bologna, 1990

Benedetti C., *Manuale di architettura bioclimatica*, Maggioli, Rimini, 1994

Francesce D., *Architettura Bioclimatica*, UTET, 1996

Wienke U., *Manuale di bioedilizia*, Dei Tipografia del Genio Civile, Roma, 2007

Lantschner Norbert, *La mia Casa Clima.*, Ed. Raetia, 2009

Conato Fabio, Frighi Valentina, *Metodi della progettazione ambientale. Approccio integrato multiscale per la verifica prestazionale del progetto di architettura*, Franco Angeli, 2016

### **Testi riguardanti involucro e tecnologie costruttive specifiche**

Casini Marco, *Smart building. Involucro 2.0*, Dei, Roma, 2017

Nilesh Y. jadhav, *Green and smart buildings: advanced technology options*, Springer, 2016

Rava P., *Tecniche Costruttive per l'efficienza energetica e la sostenibilità*, Maggioli, Rimini, 2007

Sasso U., *Isolanti sì, isolanti no*, Alinea, Firenze 2003

Tucci F., *Involucro ben temperato. Efficienza energetica ed ecologica in architettura attraverso la pelle degli edifici*, Alinea, Firenze, 2006

Bazzocchi F. (a cura di), *Facciate ventilate. Architettura. prestazioni e tecnologia*, Alinea, Firenze, 2003

Compagno A., *Intelligent glass facades*, Birkhauser, Berlin, 1999

Coppa A., *Facciate a secco*, Motta Editore, Milano, 2006

Brunoro S., *Efficienza energetica delle facciate. Standard-requisiti-esempi per l'adeguamento e la riqualificazione architettonica*, Maggioli, Rimini, 2006

Akasamija A., *Sustainable Façades: Design Methods for High-Performance Building Envelopes*, Wiley, 2013

Conato Fabio, Cinti Simona, *Architettura e Involucro*, Be-Ma editrice, 2012

Cascella Pasquale, *Involucro bioclimatico e solare*, Hoepli, 2008

Fabrizio Tucci, *Involucro, clima, energia. Qualità bioclimatica ed efficienza energetica in architettura nel progetto tecnologico ambientale*, Ed. Altralinea, 2014

Oesterle, Lieb, Lutz, Heusler, *Double-Skin Facades: Integrated Planning. Building Physics, Construction, Aerophysics, Air-conditioning, Economic Viability*. Munich: Prestel, 2001

Agnoli Stefano, Zinzi Michele, *Involucro trasparente ed efficienza energetica : tecnologie, prestazioni e controllo ambientale*, Flaccovio Editore, 2013

D'Olimpio Domenico, *Il retrofitting energetico e bioclimatico nella riqualificazione edilizia. Tecnologie e soluzioni tecniche per il miglioramento della prestazione energetico-ambientale degli edifici*, Ed. legislazione Tecnica, 2017

### **Tecnologie solari attive e passive**

Mc Cullagh J.C. , *Il libro delle serre solari*, Franco Muzzio ed., Padova, 1979

Anderson B., *Energia solare: manuale di progettazione*, F. Muzzio, Padova, 1980

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

Mazria E., *Sistemi solari passivi*, Franco Muzzio ed., Padova, 1982

Aste N., *Il fotovoltaico in architettura – l'integrazione dei sistemi a energia solare negli edifici*, Esselibri, Napoli, 2002 (Edizione aggiornata 2005)

Zappone C., *La Serra Solare, Criteri di progettazione e risparmio energetico - Architettura, funzionamento, materiali*, Esselibri, Napoli, 2005

Groppi F., *Il fotovoltaico per tutti. Manuale pratico per esperti e meno esperti*, Ed. Delfino, 2006

Gross, o Mario *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli, Rimini, 1997

AA.VV., *Normativa sul fotovoltaico e sulle fonti energetiche rinnovabili*, Dei Tipografia del Genio Civile, Roma, 2006

Magrini A., Ena D., *Tecnologie solari attive e passive*, EPC libri, Roma, 2007

Cascella P., *Involucro bioclimatico e solare*, Chandra, 2010

### **Schermature solari**

Benedetti C., *Manuale di Architettura Bioclimatica*, Maggioli, Rimini, 1996

Sala M. (a cura di), *Schermature Solari*, Alinea, Firenze, 2000

Torricelli M.C., Sala M., Secchi S., *La luce del giorno*, Alinea, Firenze, 2002

Mottura G., Pennisi A., *Progettare sistemi di protezione solare degli edifici*, Maggioli, Rimini, 2006

Tucci, F., *Involucro ben temperato*, Alinea, Firenze, 2006

# BIBLIOGRAFIA