

PROGETTARE EDIFICI PER IL 2020

la Direttiva 2010/31 UE, la difesa termica estiva ed invernale
per la progettazione di edifici ad energia quasi zero

KlimArK consulenze&progetti
arch.Claudio PELLANDA – pellanda@klimark.it

Collegio dei Geometri e Geometri Laureati
Collegio Periti Industriali e Periti
Industriali Laureati
Provincia di Udine



Le “ novità “ delle prestazioni passive degli edifici

2/61



Collegio dei Geometri e Geometri
Laureati - Provincia di Udine



“... Egli (Socrate) era del parere che queste case fossero belle e utili, e a me sembrò che egli ci volesse insegnare come si deve costruirle. Il suo ragionamento era il seguente: se qualcuno volesse costruirsi una casa così come questa dovrebbe essere (secondo le regole), non dovrebbe egli attrezzarla in modo che vi si possa vivere comodamente e con funzionalità?”

*Dopo aver noi approvato quanto egli andava dicendo, continuava: **non è una comodità se la casa è fresca in estate e calda in inverno?** Dopo aver approvato anche questo, egli continuò: **non è forse vero che nelle case esposte a sud il sole penetra in inverno sotto il portico, mentre in estate passa sopra di noi e sopra i tetti in modo da procurarci ombra?** Se ci fa comodo che questo avvenga, **non dovrebbero le stanze esposte a sud essere più alte affinché il sole invernale non ne sia escluso, mentre quelle sul lato nord più basse affinché i venti freddi non possono nuocere?***

*Detto in breve: **questa dovrebbe essere veramente la dimora più bella e più confortevole, in cui sentirsi a proprio agio in tutte le stagioni e in cui vivere più al sicuro...** “*

da: Senofonte (430-355 a.C.), Memorabilia

LE DATE DA RISPETTARE PER NORMARE

Articolo 28

Recepimento

1. Gli Stati membri adottano e pubblicano, **entro e non oltre il 9 luglio 2012**, le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi agli articoli da 2 a 18 e agli articoli 20 e 27.

Essi applicano le disposizioni relative agli articoli 2, 3, 9, 11, 12, 13, 17, 18, 20 e 27 **al più tardi a decorrere dal 9 gennaio 2013**.

Articolo 2 - Definizioni

Articolo 3 - Adozione di una metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici

Articolo 9 - **Edifici a energia quasi zero**

Articolo 11 - Attestato di prestazione energetica

Articolo 12 - Rilascio dell'attestato di prestazione energetica

Articolo 13 - Affissione dell'attestato di prestazione energetica

Articolo 17 - Esperti indipendenti

Articolo 18 - Sistema di controllo indipendente

Articolo 20 - Informazione

Articolo 27 - Sanzioni

TORNARE ALLA PROGETTAZIONE DELL'EFFICIENZA DELL'EDIFICIO

(3) .../... rispettare sia l'impegno a lungo termine di mantenere l'aumento della temperatura globale al di sotto di 2°C, sia l'impegno di ridurre entro il 2020 le emissioni globali di gas a effetto serra di almeno il 20% al di sotto dei livelli del 1990 e del 30% qualora venga raggiunto un accordo internazionale.

(7) È necessario predisporre interventi più concreti al fine di realizzare il grande potenziale di risparmio energetico nell'edilizia, tuttora inattuato, e di ridurre l'ampio divario tra i risultati dei diversi Stati membri in questo settore.

(8) Le misure per l'ulteriore miglioramento della prestazione energetica degli edifici dovrebbero tenere conto delle condizioni climatiche e locali, nonché dell'ambiente termico interno e dell'efficacia sotto il profilo dei costi. Tali misure non dovrebbero influire su altre prescrizioni relative agli edifici quali l'accessibilità, la sicurezza e l'uso cui è destinato l'edificio.

(9) .../... fattori che svolgono un ruolo di crescente importanza, come il tipo di impianto di riscaldamento e condizionamento, l'impiego di energia da fonti rinnovabili, gli elementi passivi di riscaldamento e rinfrescamento, i sistemi di ombreggiamento, la qualità dell'aria interna, un'adeguata illuminazione naturale e le caratteristiche architettoniche dell'edificio. Tale metodologia di calcolo dovrebbe tener conto della prestazione energetica annuale di un edificio e non essere basata unicamente sul periodo in cui il riscaldamento è necessario .../...

IL CONTROLLO DEI COSTI

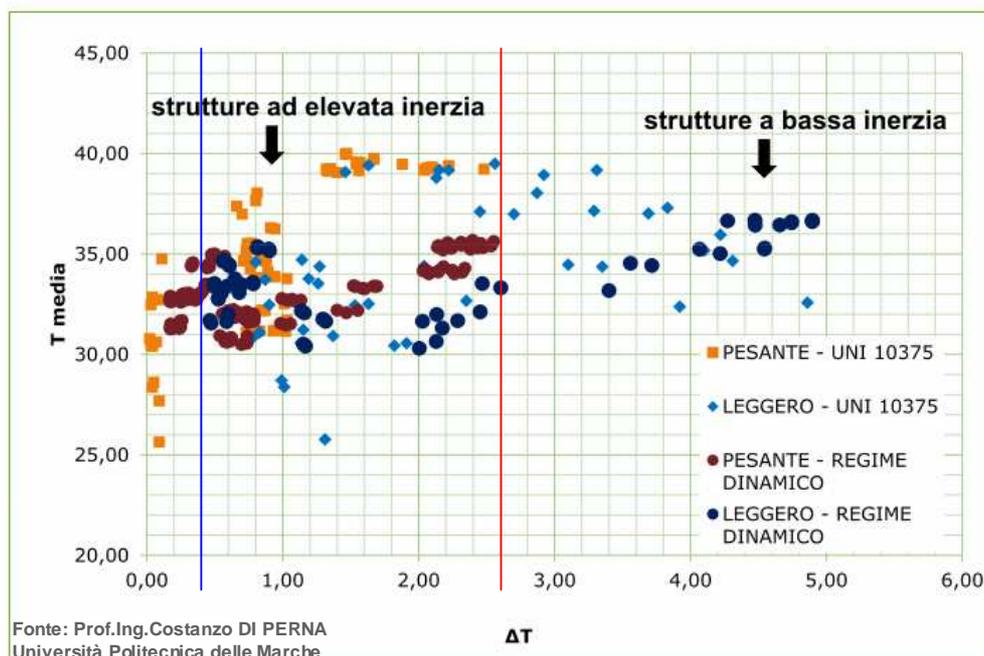
(10) Tali requisiti dovrebbero essere fissati in modo da **conseguire un equilibrio ottimale in funzione dei costi tra gli investimenti necessari e i risparmi energetici realizzati nel ciclo di vita di un edificio .../...**

(14) Gli Stati membri dovrebbero **determinare il ciclo di vita economico stimato di un edificio o di un elemento edilizio** tenendo conto delle pratiche attuali e dell'esperienza acquisita in materia di definizione di cicli di vita economici tipici.

(25) Negli ultimi anni si osserva una crescente **proliferazione degli impianti di condizionamento** dell'aria nei paesi europei. Ciò pone gravi problemi di carico massimo, che comportano un aumento del costo dell'energia elettrica e uno squilibrio del bilancio energetico. Dovrebbe essere accordata priorità alle strategie che contribuiscono a **migliorare la prestazione termica degli edifici durante il periodo estivo**. A tal fine, occorrerebbe concentrarsi sulle misure che evitano il surriscaldamento, come **l'ombreggiamento e una sufficiente capacità termica dell'opera edilizia**, nonché sull'ulteriore **sviluppo e applicazione delle tecniche di rinfrescamento passivo**, soprattutto quelle che contribuiscono a migliorare le condizioni climatiche interne e il microclima intorno agli edifici.

Confronto analisi della prestazione in regime dinamico

EDIFICI A DIVERSA INERZIA TERMICA



DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO E DEL CONSIGLIO EUROPEO del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione)

7/61

1. Net Zero Site Energy: a site NZEB produces at least as much RE as it uses in a year, when accounted for at the site.

2. Net Zero Source Energy: a source NZEB produce (or purchases) at least as much RE as it uses in a year, when accounted for at the source. Source energy refers the primary energy used to extract, process, generate, and deliver the energy to the site

3. Net Zero Energy Costs: in a cost NZEB, the amount of money the utility pays the building owner for the RE the building exports to the grid is at least equal to the amount the owner pays the utility for the energy services and energy used over the year.

4. Net Zero Energy Emission: a net-zero emission building produces (or purchases) enough emissions-free RE to offset emissions from all energy used in the building annually. Carbon, nitrogen oxides and sulfur oxides are common emissions that NZEBs offset

L'OBIETTIVO SUL MEDIO PERIODO

Articolo 9 - Edifici a energia quasi zero

1. Gli Stati membri provvedono affinché:

- a) entro il **31 dicembre 2020** tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero;
- e
- b) a partire dal **31 dicembre 2018** gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero. «edificio a energia quasi zero»: edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I.

Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere **coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili**, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze;

DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO E DEL CONSIGLIO EUROPEO del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione)

8/61

METODOLOGIE DI CALCOLO: LE NOVITA'

ALLEGATO I

Quadro comune generale per il calcolo della prestazione energetica degli edifici (di cui all'articolo 3).

Ai fini della determinazione della metodologia di calcolo si deve tener conto almeno dei seguenti aspetti:

- a) le seguenti caratteristiche termiche effettive dell'edificio, comprese le sue divisioni interne:
 - i) **capacità termica**;
 - ii) isolamento;
 - iii) **riscaldamento passivo**;
 - iv) **elementi di rinfrescamento**;
 - v) ponti termici;
- b) impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda, comprese le relative caratteristiche di isolamento;
- c) impianti di condizionamento d'aria;
- d) ventilazione naturale e meccanica, compresa eventualmente l'ermeticità all'aria;
- e) impianto di illuminazione incorporato (principalmente per il settore non residenziale).../...

DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO E DEL CONSIGLIO EUROPEO del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione)

AMBIENTE	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Camera da letto	■	■	■	■	■	■		
Soggiorno				■	■	■	■	
Pranzo			■	■	■	■	■	
Cucina			■	■	■	■		
Biblioteca	■	■						■
Lavanderia	■	■						■
Stanza dei giochi				■	■	■	■	
Bagno	■	■	■	■	■	■	■	■
Ripostiglio	■	■						■
Garage	■	■	■	■	■	■	■	■
Laboratorio	■	■						■
Terrazza			■	■	■	■		
Veranda				■	■	■	■	

Tabella 1 - Indicazioni di carattere generale utili per un'analisi delle migliori esposizioni per gli ambienti aventi determinate destinazioni d'uso, anche in riferimento alle esigenze illuminotecniche

.../... ALLEGATO I

- f) progettazione, posizione e orientamento dell'edificio, compreso il clima esterno;
 g) sistemi solari passivi e protezione solare;
 h) condizioni climatiche interne, incluso il clima degli ambienti interni progettato;
 i) carichi interni.

4. Il calcolo deve tener conto, se del caso, dei vantaggi insiti nelle seguenti opzioni:

- a) condizioni locali di esposizione al sole, sistemi solari attivi ed altri impianti di generazione di calore ed elettricità a partire da energia da fonti rinnovabili;
 b) sistemi di cogenerazione dell'elettricità;
 c) impianti di teleriscaldamento e telerinfrescamento urbano o collettivo;
 d) illuminazione naturale.

REGOLAMENTO DELEGATO (UE) N. 244/2012 DELLA COMMISSIONE del 16 gennaio 2012 che integra la direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi

I COSTI PER I SINGOLI E PER LA COMUNITA'

Gli Stati membri stabiliscono e descrivono le seguenti categorie di costi distinte da impiegare:

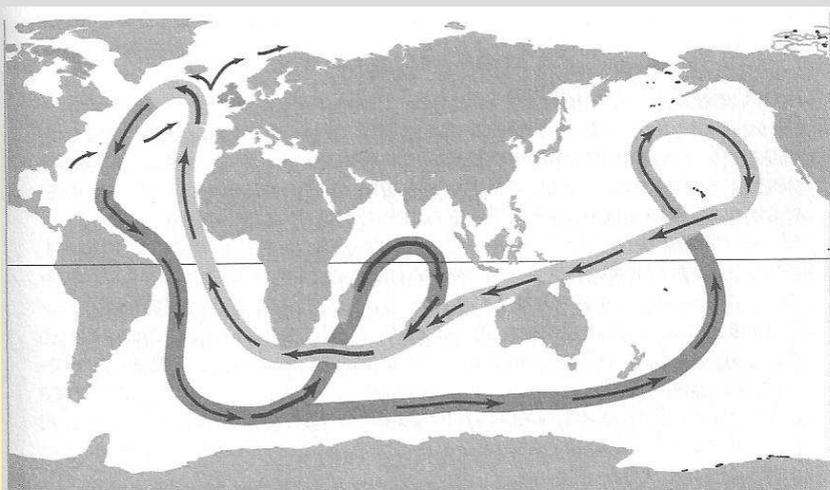
- a) costo dell'investimento iniziale;
 b) costi di gestione, comprendono i costi per la sostituzione periodica di elementi edilizi e possono anche comprendere, se del caso, gli introiti generati dall'energia prodotta eventualmente presi in considerazione dagli Stati membri per il calcolo finanziario;
 c) costi energetici, rispecchiano il costo energetico complessivo, comprensivo del prezzo dell'energia, delle tariffe di capacità e delle tariffe di rete;
 d) costi di smaltimento, se del caso.

Per il calcolo a livello macroeconomico, gli Stati membri stabiliscono anche la categoria di costo:

- e) costo delle emissioni di gas a effetto serra, rispecchia i costi di funzionamento quantificati, monetizzati e attualizzati della CO₂ derivante dalle emissioni di gas a effetto serra in tonnellate equivalenti di CO₂ nell'arco del periodo di calcolo.

a proposito di costi associati alle emissioni di CO2

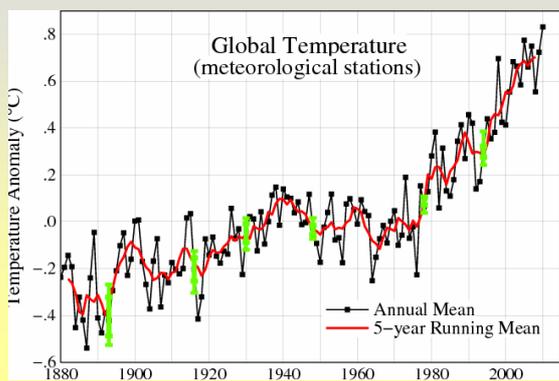
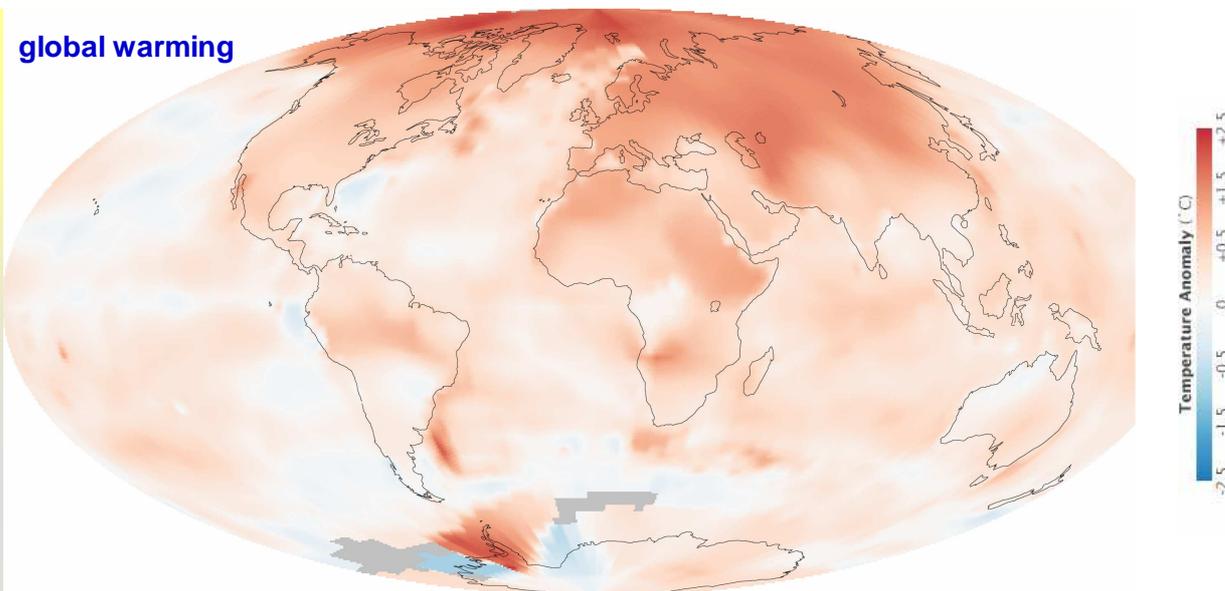
- OGNI GIORNO: VENGONO DISBOSCATI 40 MILA ETTARI.
- OGNI GIORNO: LE AREE DESERTICHE AUMENTANO PER 30 MILA ETTARI.
- OGNI GIORNO: CONSUMIAMO 85 MILIONI DI BARILI DI PETROLIO.
- OGNI GIORNO: SCARICHIAMO IN ATMOSFERA 100 MILIONI DI TONNELLATE DI CO₂.
- OGNI GIORNO: SI ESTINGUONO 150 SPECIE ANIMALI.
- OGNI GIORNO: SIAMO 250 MILA ESSERI UMANI IN PIÙ.
- OGNI GIORNO: PRODUCIAMO 10 MILIARDI DI TONNELLATE DI RIFIUTI!



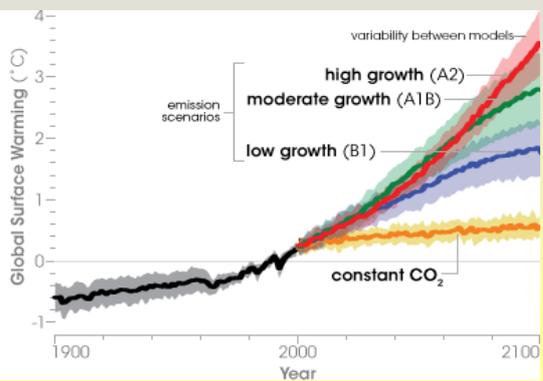
La corrente termoalina negli oceani

tratto da:
Guido Visconti,
Clima estremo,
Boroli Editore,
Milano 2005 -

global warming



alto: mappa delle anomalie termiche
sx: tabella delle anomalie termiche
dx: osservazioni e previsioni di emissioni di CO₂
da: wikipedia



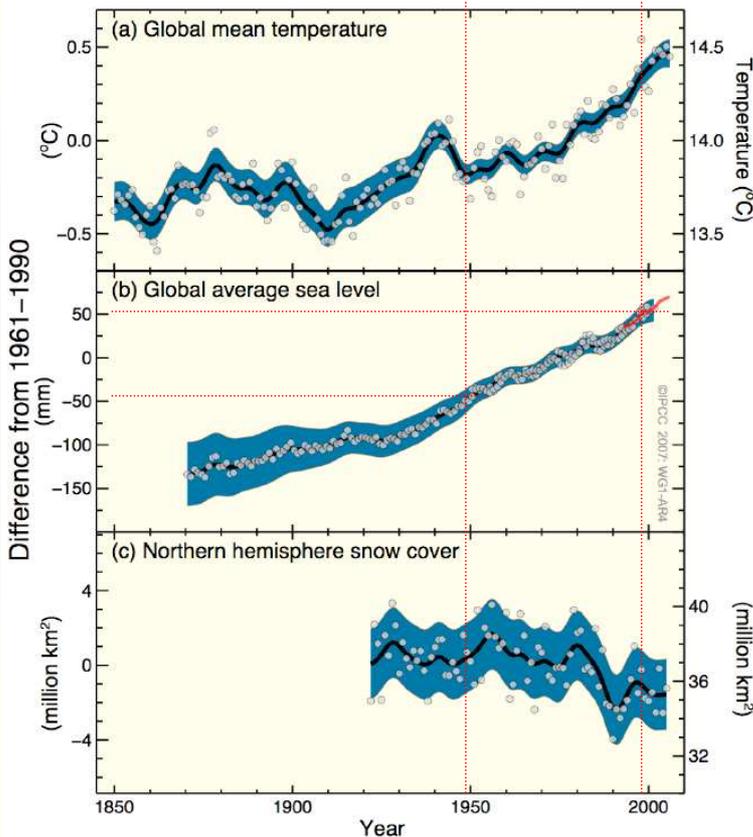
global warming



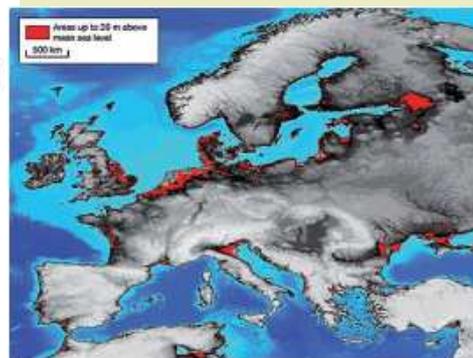
Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine



Changes in Temperature , Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover



Temperatura media globale



Livello del mare medio globale

Copertura nevosa emisfero boreale

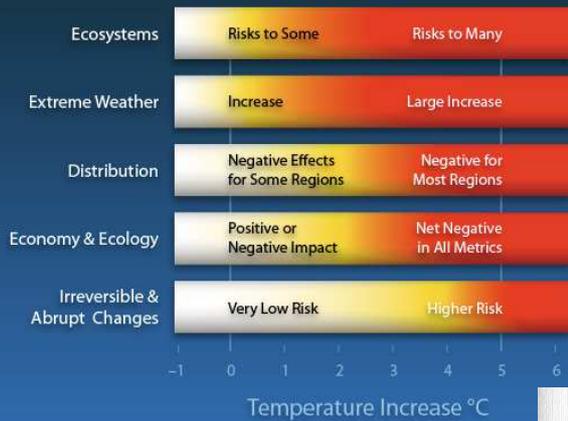
Global Warming



Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine



Impacts of Global Warming



da: Guido Visconti, Clima estremo, Boroli Editore, Milano 2005



MA È VERAMENTE CAMBIATO IL TEMPO?

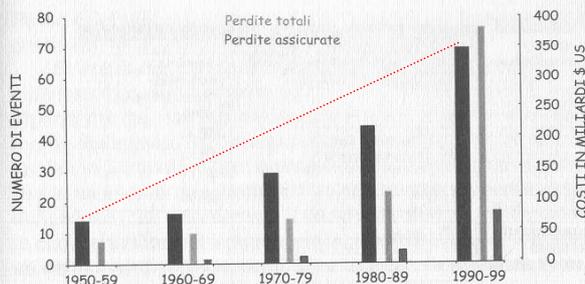


Figura 53. Gli eventi estremi negli Usa nelle decadi dal 1950 al 2000 (istogrammi in nero) e il costo totale dei danni. Si nota un incremento lineare nel numero degli eventi, mentre i costi aumentano più rapidamente.

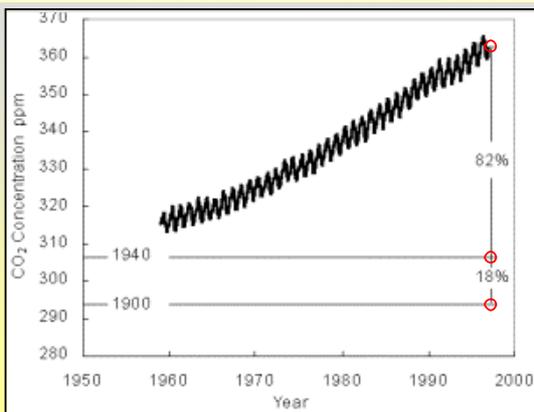
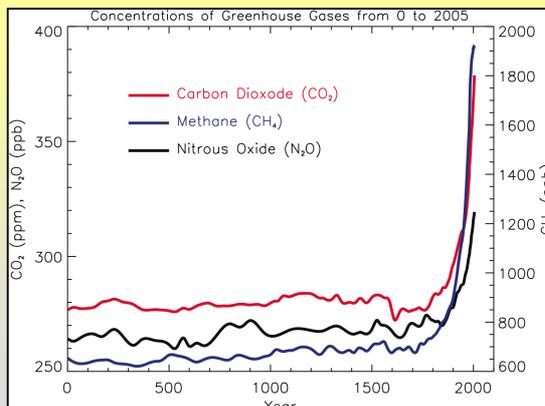
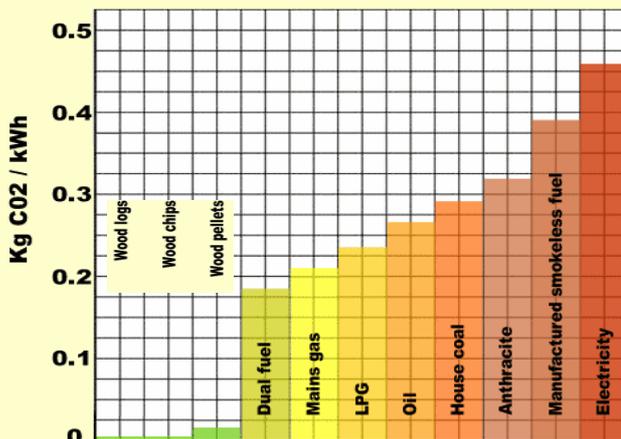
global warming: il ruolo dell'anidride carbonica



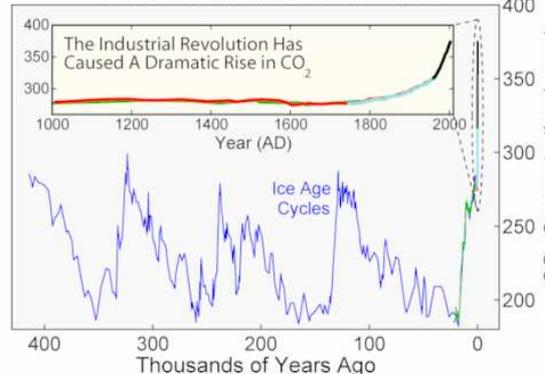
Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine



The CO2 emissions of various types of fuel



Carbon Dioxide Variations



anidride carbonica: strategie di sequestrazione

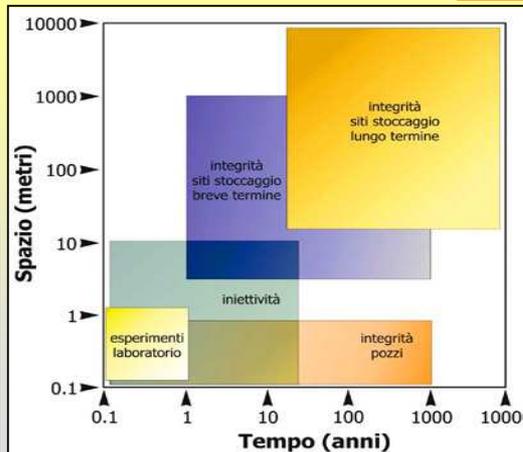


Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine

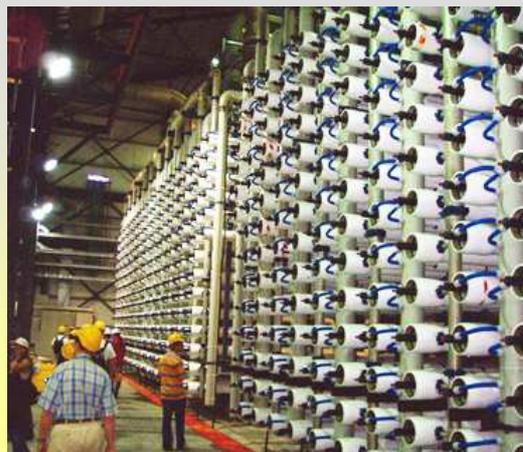
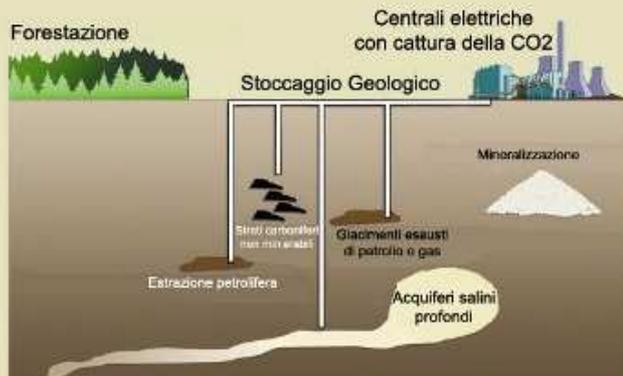


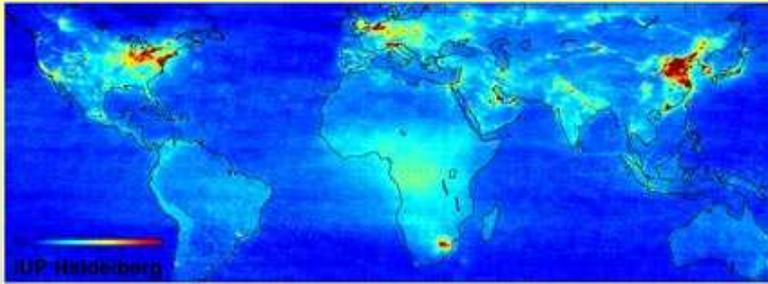
Accordo strategico per la cattura della CO2

Eni e Enel uniscono le forze per realizzare il primo progetto italiano per la cattura, trasporto e sequestro geologico dell'anidride carbonica (CO2). Enel costruirà un impianto di cattura e liquefazione della CO2 a Brindisi, mentre Eni inietterà la CO2 all'interno del giacimento esaurito di Stogit di Cortemaggiore (Piacenza).

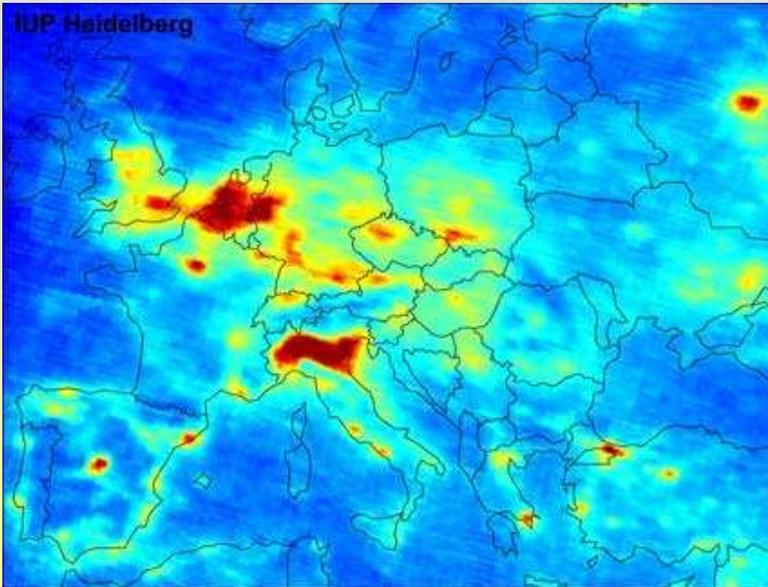


Opzioni per la sequestrazione della CO2





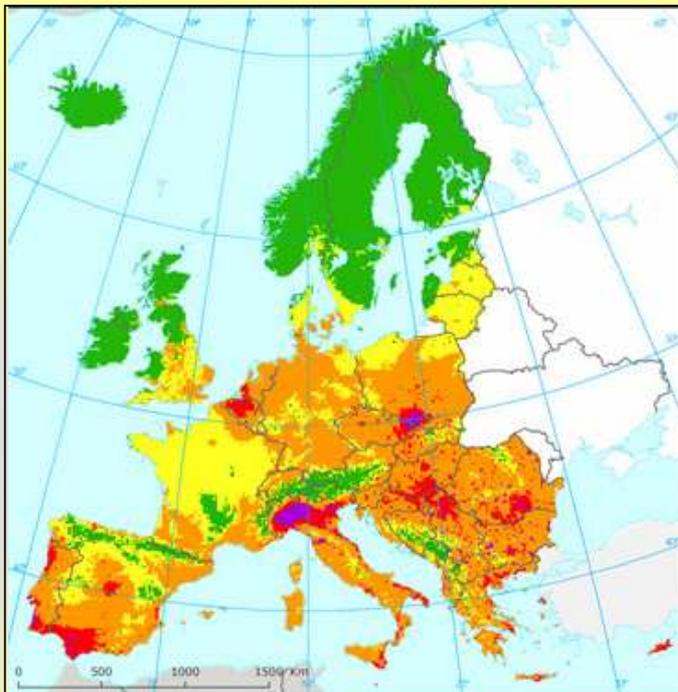
2004 Concentrazione di **NO₂**
sul pianeta e sul continente
europeo [fonte: www.esa.int]



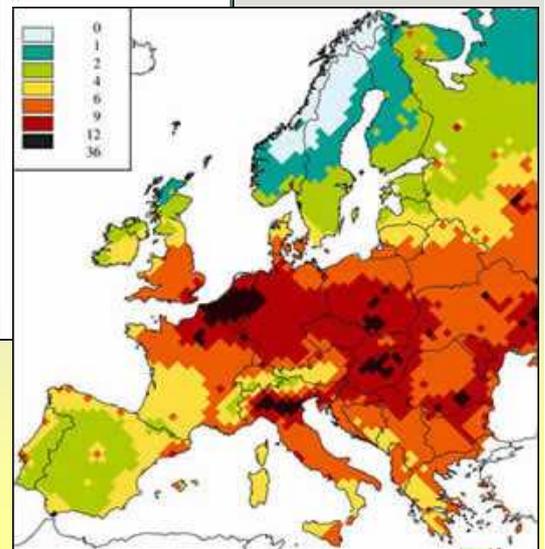
2010 Immagine da campagna
Legambiente & Lamiaria
[fonte: www.greenme.it]



CI SONO MODE CHE NON VORREMMO MAI SEGUIRE



**PM₁₀ – 36th highest
daily value**
Reference year: 2004
combined rural and urban
map
µg/m³
 < 20
 20-30
 30-50
 50-65 > limit value
 > 65
 Area with poor data
coverage
 Outside report
coverage



2004 Concentrazione di **PM10**
sul continente europeo
[fonte: www.dieselretrofit.eu]

Riduzione dell'aspettativa di vita media
(in mesi) a causa di antropogenici **PM 2,5**
[fonte: www.frareg.com]

sostenibilità economica per il costo dell'energia



Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine



aumento del 625 %

Il "picco di Hubbert", il momento in cui è giunta alla massima potenzialità l'estrazione di petrolio, è stato già oltrepassato. Da oggi in poi la crescita del suo prezzo non sarà certo lineare.

Quanto ci aspettiamo che duri un edificio che costruiamo o ristrutturiamo oggi senza che si debba intervenire nuovamente per riqualificarlo energeticamente?

Un mutuo può durare 30 anni

Se oggi quell'edificio si scalda con 2.000 Euro / anno quanto costerà scaldarlo tra 20 anni?

distanza tra la situazione attuale e gli scenari virtuoso e dell'indifferenza



Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine

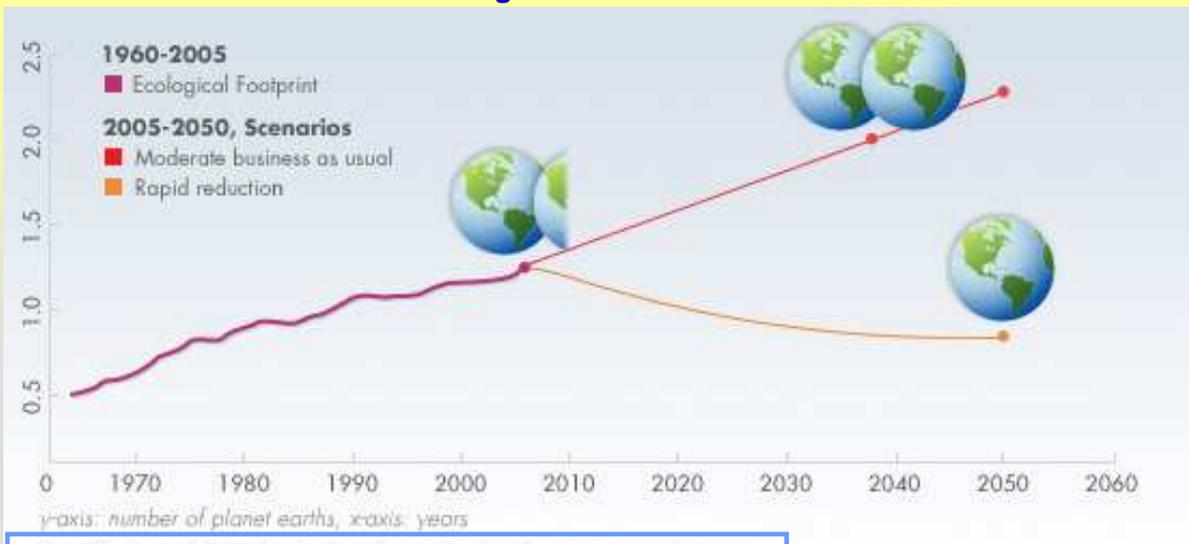
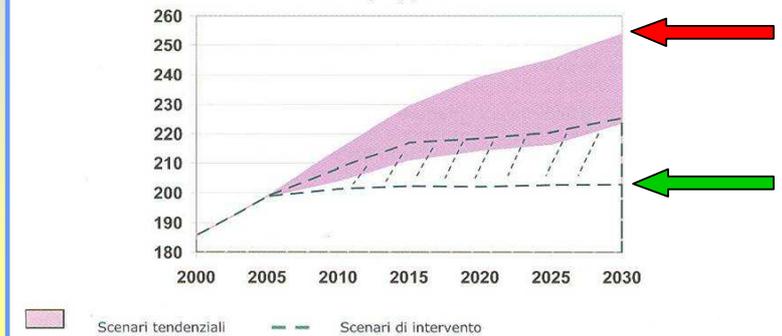


Figura 38 - Consumi di energia primaria negli scenari tendenziali e negli scenari di intervento (Mtep)



da: ENEA Rapporto Energia&Ambiente 2006

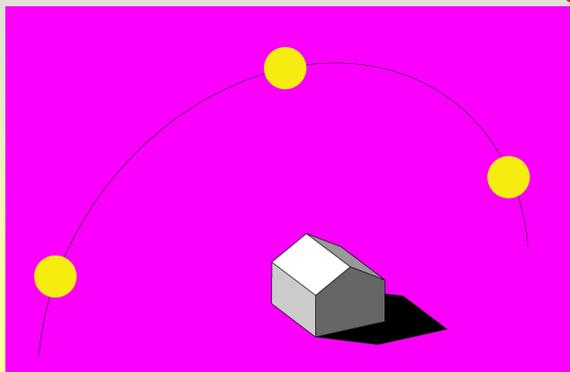
come tenere sotto controllo i costi di gestione



Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine



$$\text{€}_{\text{edificio}} + \text{€}_{\text{impianto}} + \text{€}_{\text{clima}} = \text{€}_{\text{TOT}}$$



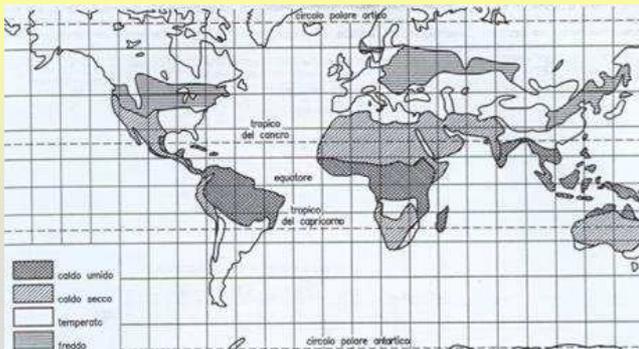
Sole e Luna

Fonte: <http://www.milanotoday.it>

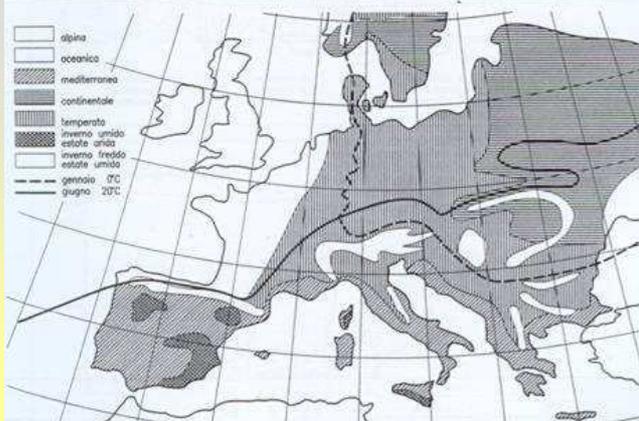
localizzazione in zone temperate: vantaggio o svantaggio per il progetto?



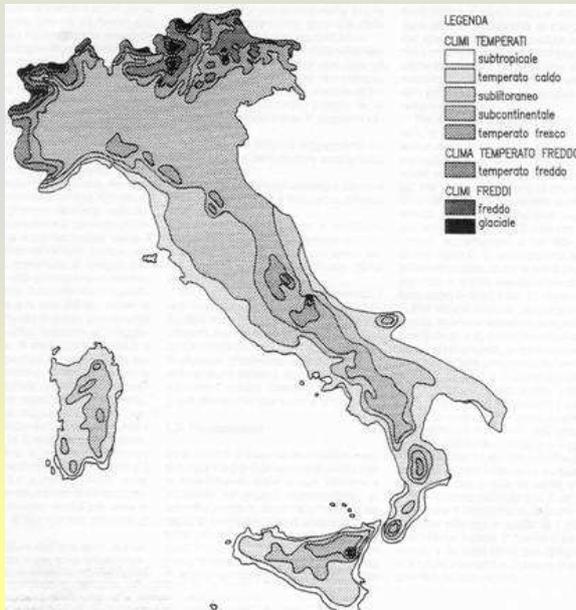
Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine



caldo + freddo: vantaggio o svantaggio ?



- MAPPA 1: clima temperato
- MAPPA 2: clima temperato + clima mediterraneo
- MAPPA 3: clima temperato ... clima temperato freddo ... clima freddo ...





edifici caldi d'inverno e freschi d'estate **NATURALMENTE**: la bioclimatica

L'architettura bioclimatica è la progettazione architettonica **finalizzata** al

raggiungimento degli standard di comfort ambientale nell'edificio attraverso i **minimi consumi energetici per climatizzazione** (riscaldamento, raffrescamento, illuminazione)

e, di conseguenza, limitate emissioni in ambiente di gas climalteranti.

L'architettura bioclimatica, quindi, è un complesso di soluzioni progettuali che realizzano il soddisfacimento dei requisiti di controllo del microclima interno degli edifici e dell'illuminazione naturale degli stessi, riducendo al minimo i consumi energetici da fonti convenzionali.

La progettazione bioclimatica, come fase contemporanea alle ulteriori fasi di progettazione architettonica, focalizza la sua **attenzione** in modo **prevalente**:

- **sulla struttura**
- **sulla conformazione fisica dell'edificio**
- **sul suo orientamento**
- **sul contesto climatico in cui viene realizzato**

perché questo possa **interagire**, captandole o rinviandole, con le **radiazioni solari** e con il **microclima locale**, **venti prevalenti** o **l'inclinazione dei raggi** solari nelle varie stagioni, per ottenere **condizioni di benessere abitativo**.

costruzioni tradizionali in clima polare

Gli ambienti caratterizzati da minore disponibilità di risorse e da condizioni climatiche estreme hanno da sempre stimolato la ricerca di **soluzioni pratiche efficaci e soprattutto passive**, capaci di espletare un controllo microclimatico interno grazie alle scelte dei **materiali (spesso reperibili in loco)**, delle **geometrie** degli edifici, e delle loro **finiture**, in completa indipendenza dalla disponibilità di energia supplementare.

Solo il mutato orizzonte esigenziale ha portato anche in questi contesti **modifiche negli stili di vita** che hanno introdotto recentemente tecnologie caratterizzate da fabbisogni energetici "esterni" e la **totale dipendenza dagli impianti per l'ottenimento del comfort** microclimatico interno.

L'attuale **crisi energetica ed ambientale** fa nuovamente propendere per soluzioni di controllo passivo del comfort interno.

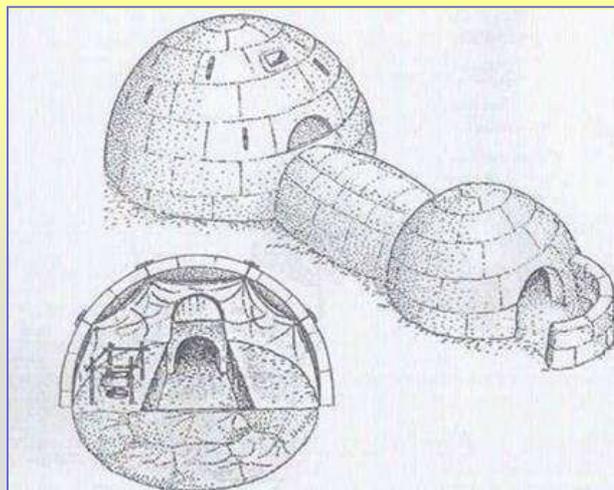


Fig. 9a Iglù eschimese, Isola di Baffin, Canada. La forma ha la minima superficie esposta ed il massimo di volume utilizzando il minimo di materiale

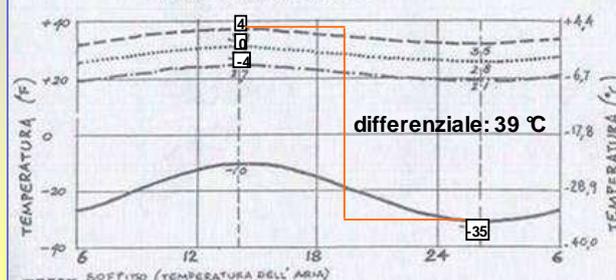


Fig. 9b Prestazioni termiche dell'iglù con con: stufa a grasso e metabolismo umano

costruzioni tradizionali in clima torrido

In località dai **climi particolarmente torridi**, non disponendo di tecniche attive di **climatizzazione**, gli edifici hanno da sempre contato su elementi costruttivi costituiti da **grandi masse** capaci di significativi accumuli termici e su **colori chiari** per limitare l'assorbimento solare.

Anche lo stesso **tessuto "urbano"**, costituito di **edifici molto vicini tra loro**, **piccole corti e zone a verde**, dove possibili, è da sempre stato pensato per la **difesa dal calore eccessivo**.

Certamente anche l'**adattamento** degli abitanti ha giocato un ruolo non trascurabile nel rendere possibile lo sviluppo di civiltà anche in climi caratterizzati da condizioni estreme. Dopo la diffusione del **ricorso agli impianti** si è resa più difficile l'accettazione di condizioni di lieve discomfort, un tempo risolte con l'adattamento.

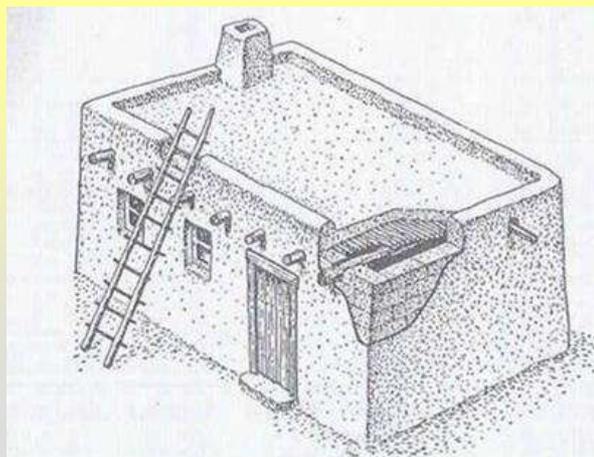


Fig. 9c Casa indiana in muratura di fango e paglia; Sudovest americano. L'elevata capacità termica della muratura in fango e paglia risulta adatta alle forti escursioni termiche del deserto

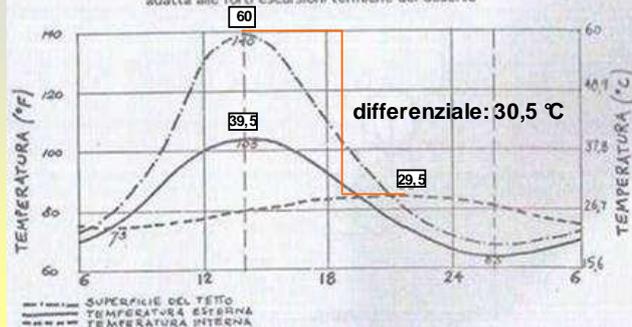
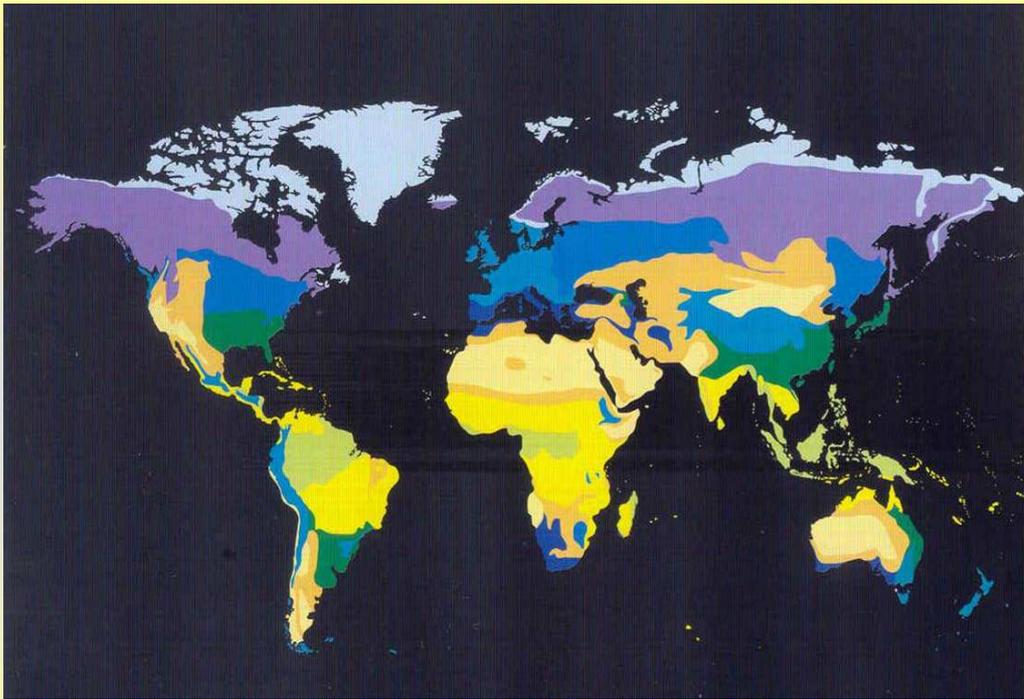


Fig. 9d Prestazioni termiche della casa in muratura di fango e paglia



MISURE DI RISPARMIO ENERGETICO PER REGIONI

L'importanza è misurata su una scala da 0 a 7 o da azzurro a rosso

		ZONE CLIMATICHE										
		Calotte glaciali	Tundra	Alliplani	Continentale	Temperato	Mediterraneo	Subtropicale	Tropicale	Savana	Steppe	Deserto
MISURE PASSIVE PER IL COMFORT	Ventilazione naturale	0	0	1	4	6	6	7	7	7	7	7
	Ventilazione meccanica	5	5	3	3	3	4	5	6	6	6	6
MISURE ATTIVE PER IL COMFORT	Ventilazione notturna	0	1	2	3	5	6	7	7	7	7	7
	Raffreddamento artificiale	0	0	0	1	1	3	5	5	5	5	6
	Raffreddamento evaporativo	0	0	0	1	2	3	2	2	5	6	7
	Raffreddamento libero	0	0	0	4	3	5	6	6	7	7	7
	Struttura pesante	3	4	4	6	5	6	2	2	3	5	6
	Struttura leggera	3	3	2	2	3	3	5	5	6	4	4
	Riscaldamento artificiale	7	7	7	7	6	4	0	0	2	4	1
	Riscaldamento solare	2	3	6	6	7	6	0	0	2	3	0
	Riscaldamento libero	7	7	7	6	6	5	0	0	0	3	0

MISURE DI RISPARMIO ENERGETICO PER REGIONI

L'importanza è misurata su una scala da 0 a 7 o da azzurro a rosso

		ZONE CLIMATICHE										
		Calotte glaciali	Tundra	Altipiani	Continentale	Temperato	Mediterraneo	Subtropicale	Tropicale	Savanna	Steppe	Deserto
MISURE PASSIVE PER IL COMFORT	MISURE ATTIVE PER IL COMFORT											
Calore incidente		6	6	6	5	5	4	0	0	1	2	0
Isolamento/Permeabilità		7	7	7	7	6	5	0	0	1	3	4
Controllo solare/ombreggiamento		0	1	3	4	5	6	6	6	6	7	7
	Illuminazione artificiale diurna	6	6	4	4	4	3	3	3	2	2	2
	Illuminazione naturale	6	6	6	6	6	6	5	5	5	4	4

Legenda

0 Non importante 7 Molto importante

MISURE A ELEVATA EFFICIENZA ENERGETICA COSTANTI INDIPENDENTEMENTE DALLA POSIZIONE DELL'EDIFICIO

Energia intrinseca, grigia e indotta Gestione del comfort Generazione d'energia

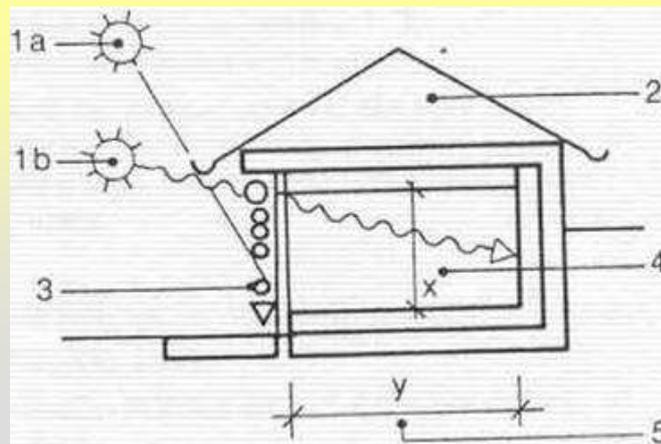
Appendice / Strategie ad alta efficienza energetica

architettura bioclimatica: elementi di un sistema solare passivo

GLI ELEMENTI DI UN

SISTEMA SOLARE PASSIVO:

- A. elemento di CAPTAZIONE [vetro]**
- B. elemento di DISTRIBUZIONE [aria, acqua]**
- C. elemento di ACCUMULO [masse inerziali interne]**
- D. elemento di SCHERMATURA [teli, pannelli, sistemi di disattivazione/attivazione alternativa]**
- E. SPAZIO da climatizzare [il cuore vivo dell'edificio]**



5.2 Principio della sezione trasversale per monocalci o case di abitazione con profondità limitata ecc. Con orientamento corretto verso sud e sviluppo a est-ovest e sistema solare diretto passivo.

- 1 sole a sud: a estate, b inverno
- 2 tetto respingente
- 3 isolamento mobile
- 4 da 2,5 a $4x = y$
- 5 profondità del locale della zona di accumulo per irraggiamento diretto

architettura bioclimatica: i verbi fondamentali

CAPTARE

Efficienza di conversione:

- 50~60% per componenti attivi (collettori ad acqua ed aria)
- 40~50% per alcuni componenti passivi come il camino solare in cui il trasferimento di calore è parzialmente controllato
- 15~30% per componenti passivi in cui il trasferimento di calore non è molto controllabile.

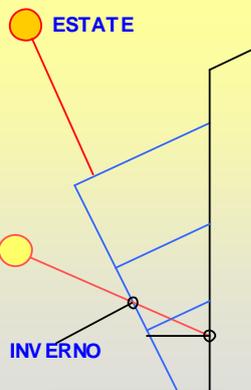
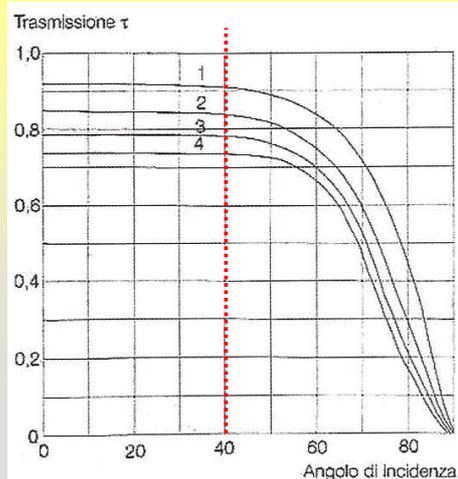
Di enorme importanza nel condizionare l'efficienza di conversione è il livello di integrazione di questi dispositivi nei sottosistemi edilizi e di impianto.

DISTRIBUIRE

In modo naturale o con l'ausilio di dispositivi elettromeccanici (ventilatori, pompe) è possibile **trasferire e distribuire il calore**.

E' il verbo che determina la distinzione tra **sistemi a guadagno diretto**, in cui la distribuzione prende un peso inferiore dato che la conversione dell'energia solare in energia termica ambientale avviene già nello spazio in cui essa è utile, a quelli **a guadagno indiretto**, nei quali assumono fondamentale importanza il sistema della distribuzione del calore ed i vettori che ne sono coinvolti

la captazione solare dei vetri



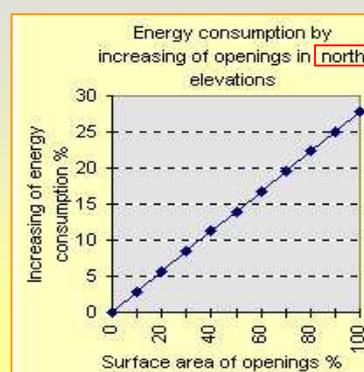
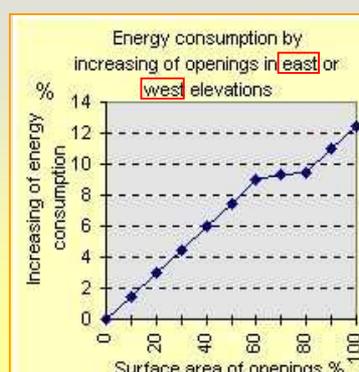
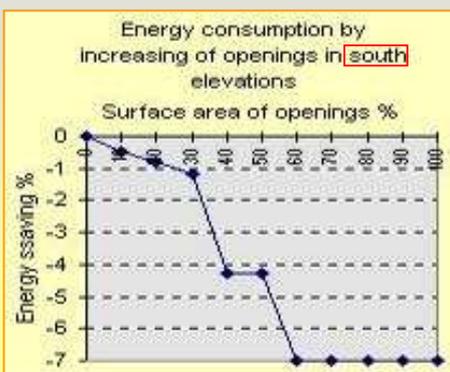
fonte: <http://www.archilovers.com>



1. Trasmittanza solare in relazione all'angolo di incidenza su vetro piano

2. Esempio di vetrata inclinata

3. Grafici: consumi energetici complessivi in relazione alla percentuale di superficie finestrata nei fronti dell'edificio



architettura bioclimatica: i verbi fondamentali

ACCUMULARE

La **capacità di accumulo** di un materiale dipende dal suo **calore specifico** e dalla sua **densità**, ed esprime **quanto calore è possibile accumulare per unità di volume per aumentarne la temperatura di 1°C**.

La capacità termica specifica è il prodotto di: $\rho * c * \Delta T$

(ρ è la densità, c il calore specifico e ΔT il salto termico).

Per molti materiali edilizi il calore specifico ha valori assai simili, di circa 800 J/kg°C (~ 0,2 kcal/kg°C). **Per essi quindi la capacità termica specifica varia in funzione del peso specifico** (ad esempio un cls cellulare da 600 kg/m³ ha una capacità di 750 kJ/m³/°C, mentre un cls pesante da 2400 kg/m³ ne ha una di 2900 kJ/m³/°C).

Materiali con **capacità termica molto maggiore** sono l'**acqua** (4165 kJ/m³°C a 20°C) ed i **materiali a cambiamento di fase (PCM)** che passano dallo stato solido a quello liquido tra 20 e 50°C (sali multiidrati come i **Sali di Glauber hanno valori tra 140.000 e 380.000 kJ/m³**) e solidificano a temperature tra 5 e 20 °C. La loro capacità di accumulo, pari a **100 volte quella del cls**, li rende particolarmente utili in sistemi di accumulo termico "leggeri" anche se va diminuendo con il numero di cicli di carico e scarico termico. **L'importanza dell'accumulo termico è legata alla necessità, per il funzionamento passivo degli edifici, di accumulare energia termica quando è disponibile in abbondanza, per rilasciarla nel momento in cui l'ambiente ne è carente, sino a far sfruttare salti termici stagionali.** E' di fondamentale importanza il dimensionamento corretto della massa termica efficace, quella parte di edificio che è chiamata ad assolvere il ruolo di stoccaggio termico.

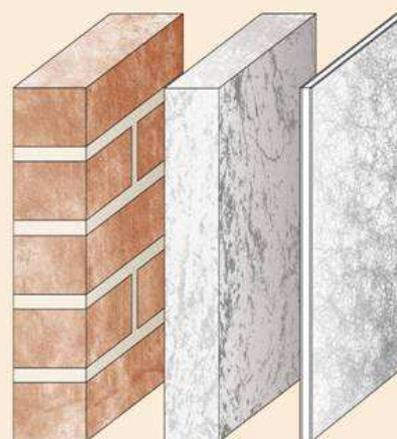
E' importante agevolare il trasferimento termico dall'ambiente agli accumuli soprattutto dove tale trasferimento avviene prevalentemente per convezione. In tale situazione si agisce sulla velocità del flusso vettore e sulla geometria della superficie ricevente al fine di incrementare l'efficienza del trasferimento convettivo-radiativo lineare.

accumuli termici: dal laterizio pieno, al calcestruzzo, ai Phase Change Material

	densità	calore sp.	capacità t.	
	kg/m ³	J/kgK	J/m ³ K	
calcestruzzo pesante	2200	1000	2'200'000	
calcestruzzo sa.gh.	2000	880	1'760'000	
calcestruzzo argilla esp.	1700	920	1'564'000	
laterizio pieno	1400	840	1'176'000	
abete flusso perp.fibre	450	2100	945'000	
calcestruzzo argilla esp.	1000	920	920'000	
calcestruzzo cell.stab.	600	840	504'000	
calcestruzzo argilla esp.	500	920	460'000	



Confronto tra le capacità di accumulo del calore



muro di mattoni di 12 cm

parete di calcestruzzo di 9 cm

Micronal[®] PCM SmartBoard[™] di 1,5 cm



accumuli termici e loro efficacia

la disponibilità di quantità di **materiali ad elevata massa ed elevato calore specifico** in **dialogo termico con lo spazio interno** utilizzato dell'edificio pone quest'ultimo nella condizione di **attenuare le oscillazioni termiche interne** e di **accumulare calore da guadagno passivo diretto od indiretto nella stagione invernale e fresco da ventilazione naturale notturna nella stagione estiva**, unico dispositivo bioclimatico passivo efficace nel raffrescamento passivo estivo nelle condizioni microclimatiche della Pianura Padana

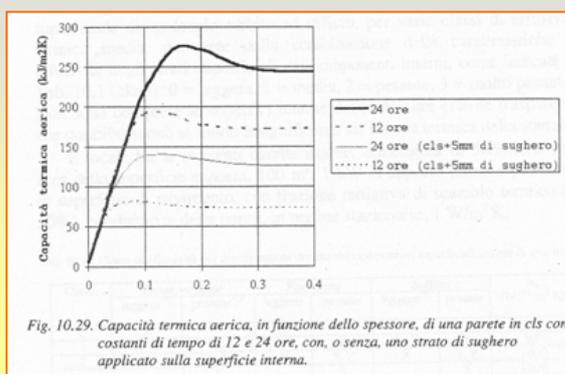
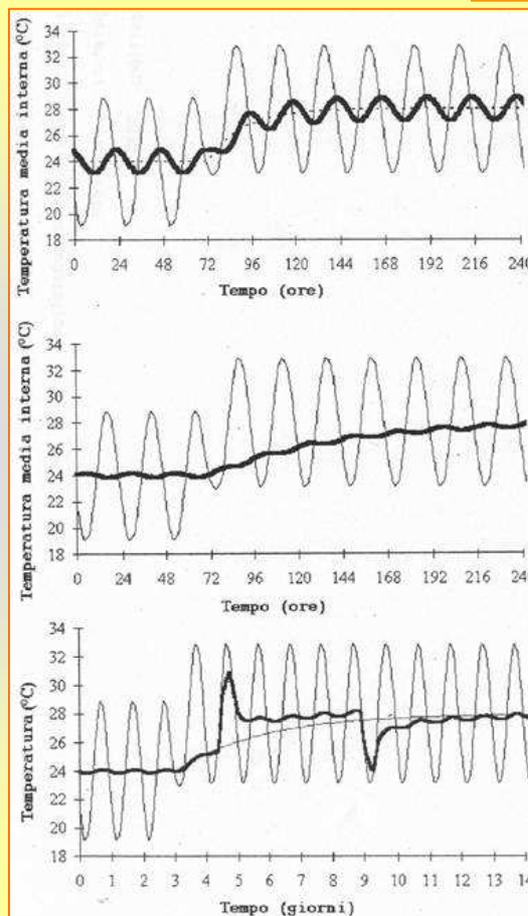


Fig. 10.29. Capacità termica aerea, in funzione dello spessore, di una parete in cls con costanti di tempo di 12 e 24 ore, con, o senza, uno strato di sughero applicato sulla superficie interna.



architettura bioclimatica: i verbi fondamentali

CONSERVARE

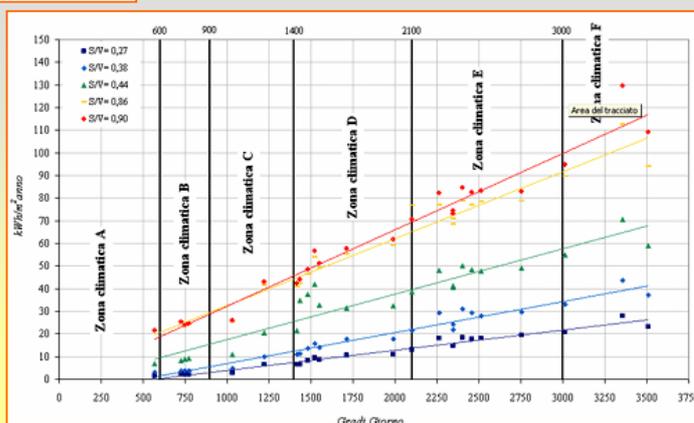
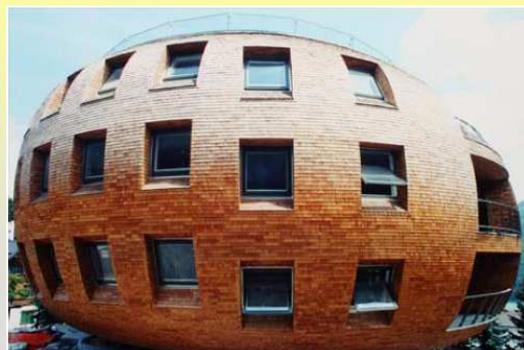
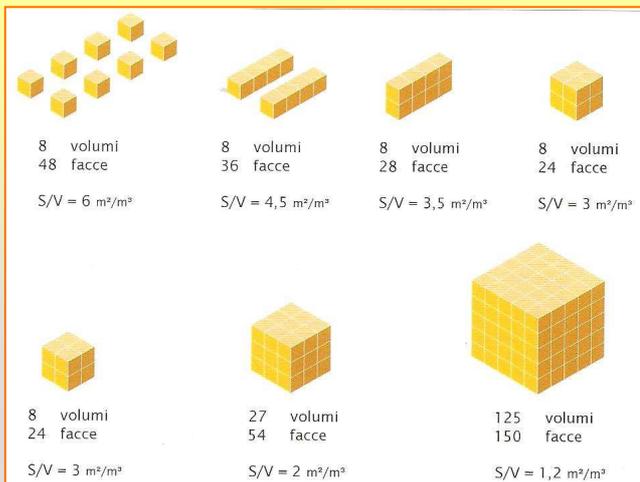
Le variabili da controllare sono **il fattore di forma S/V (indice di compattezza)**, **il comportamento termoigrometrico dell'involucro opaco (responsabile in particolare della trasmissione per conduzione)** e di quello **trasparente (gravato da scambi per conduzione, irraggiamento e per infiltrazioni d'aria)**.

Tutti i materiali da costruzione hanno valori di conducibilità elevati, tali da renderli idonei ad una buona coibentazione termica solo in accoppiamento con materiali isolanti specifici.

Come conservare? Con **compattezza di forma**, **corretto orientamento**, e **uso delle masse termiche** affacciate all'interno dello spazio climatizzato per fare interagire l'involucro e le strutture con la dinamica degli scambi termici esterno-interno.

Negli edifici adibiti a residenza ad occupazione continua (+ di 15 ore/giorno) conviene far partecipare la capacità termica della struttura dell'involucro alla dinamica di climatizzazione sia invernale che estiva. In tal caso conviene isolare dall'esterno, con soluzioni tecniche a cappotto o a parete ventilata. Nella migliore delle ipotesi è possibile realizzare un componente parietodinamico opaco, capace di commutare il suo comportamento estivo di dissipazione del calore (esterno-esterno) con quello invernale di preriscaldamento dell'aria (esterno-interno), interessante dalla temperatura del fluido prodotta di 17,5°C in su.

la compattezza dell'edificio per la conservazione dell'energia



architettura bioclimatica: i verbi fondamentali

DISSIPARE

Il calore può dissiparsi attraverso le murature **per conduzione e per irraggiamento-convezione**, per **reirraggiamento notturno verso la volta celeste**, per **convezione** determinata da differenze di pressione interno/esterno, per **evaporazione** e per **conduzione verso il terreno**.

Attraverso un corretto orientamento dell'edificio ed una progettazione accurata delle dimensioni e disposizioni delle finestre è possibile inoltre **sfruttare la ventilazione**, in particolare **notturna per zone ad estati caldo umide**, per la dissipazione del calore in eccesso. Essa può essere promossa da venti o brezze (**wind driven cross ventilation**).

Quando si attiva ventilazione per differenze di temperatura esterno-interno attraverso il fenomeno di galleggiamento di masse d'aria più calde su quelle a minore temperatura, detto "effetto camino", si parla di **buoyancy driven stack ventilation**.

Il raffrescamento evaporativo offre contributi notevoli solo in climi caldi ma caratterizzati da bassi livelli di umidità relativa

Thomas Herzog & Partners – Padiglione 26 Fiera di Hannover



www.tettolares.com



fonte: www.duoconcept.it

REGOLARE-CONTROLLARE

Un edificio che utilizzi in modo consistente fonti energetiche rinnovabili necessita di un **involucro selettivo**, in grado di **gestire in modo dinamico** i flussi di calore ed energia in ingresso ed in uscita, in rapporto alla sua capacità termica.

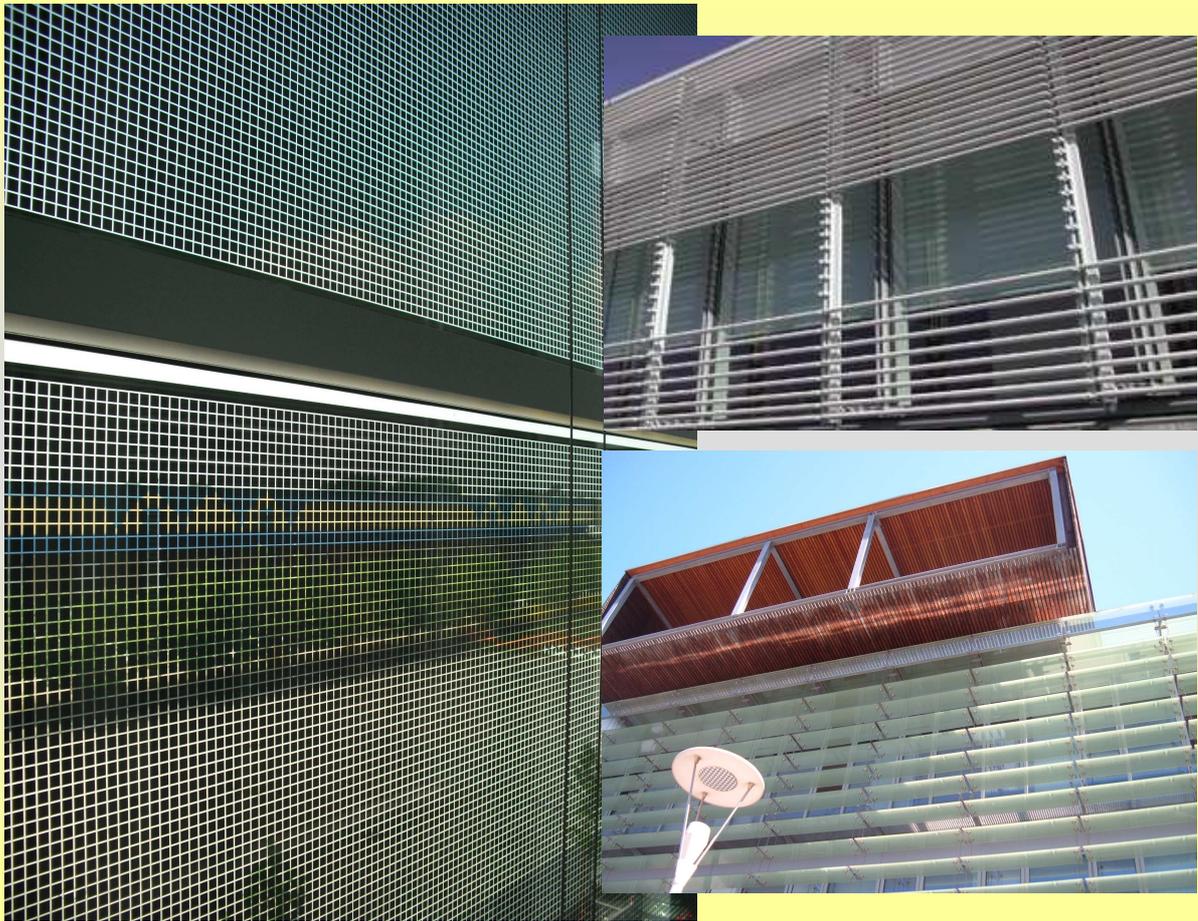
I **contributi che necessitano di controllo** sono: i **guadagni solari** e le **fonti interne** in estate ed in inverno, oltre alla **ventilazione per il ricambio d'aria degli ambienti**.

I dispositivi di controllo-regolazione possono essere attuati **manualmente** od in modo **automatico**.

Spesso si tratta di elementi che **da sempre sono presenti ed utilizzati nelle architetture tradizionali** (elementi di ombreggiamento delle finestre, le stesse ante apribili degli infissi...).



Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine



zona temperata – mediterranea: apporti solari sulle superfici edilizie



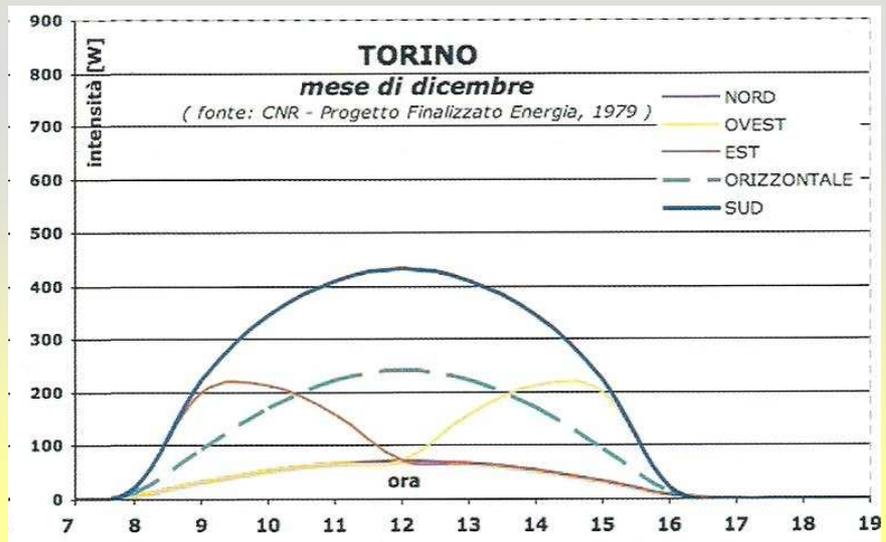
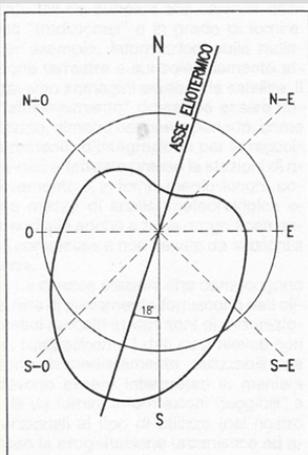
Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine

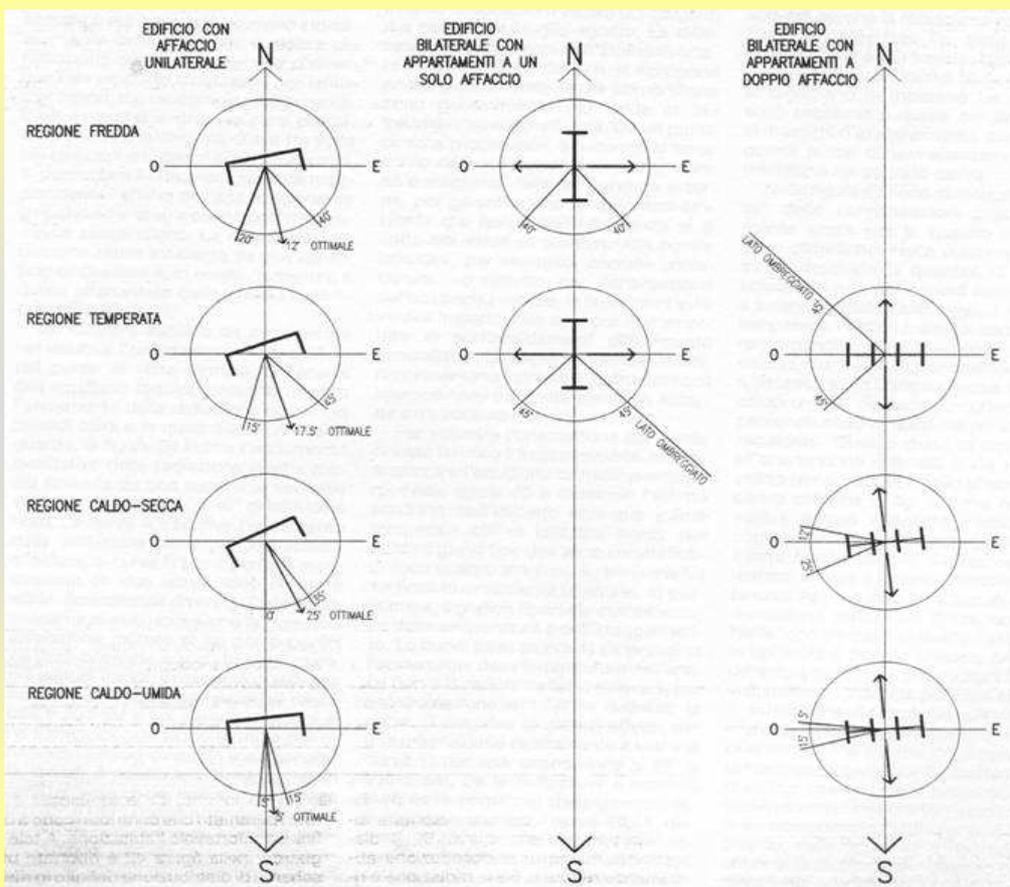
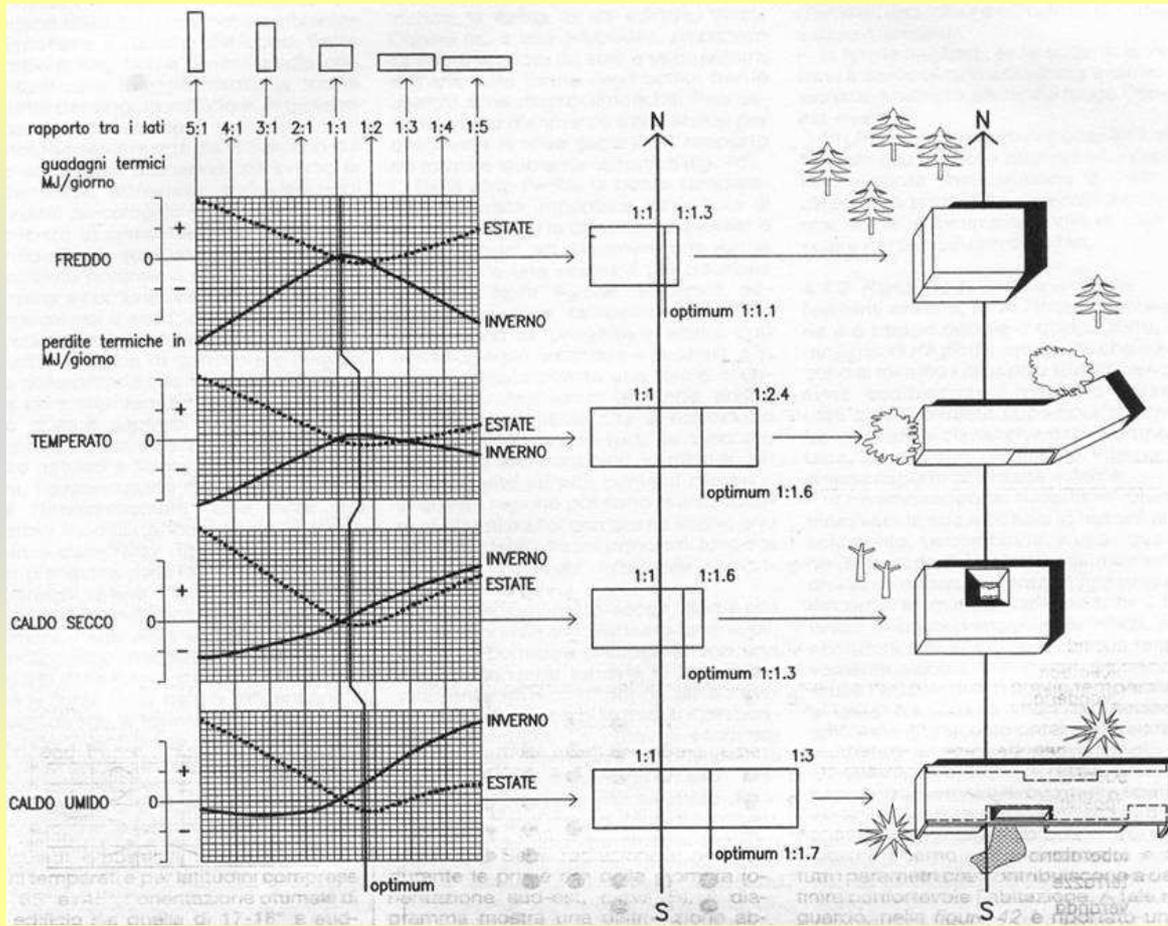


Il cosiddetto **asse eliotermico** fu proposto nel 1920 come asse di orientamento di un piano verticale che riceve durante l'anno lo stesso valore eliotermico sulle due facce, ottenuto moltiplicando le ore di sole di insolazione di una facciata per la temperatura media dell'aria.

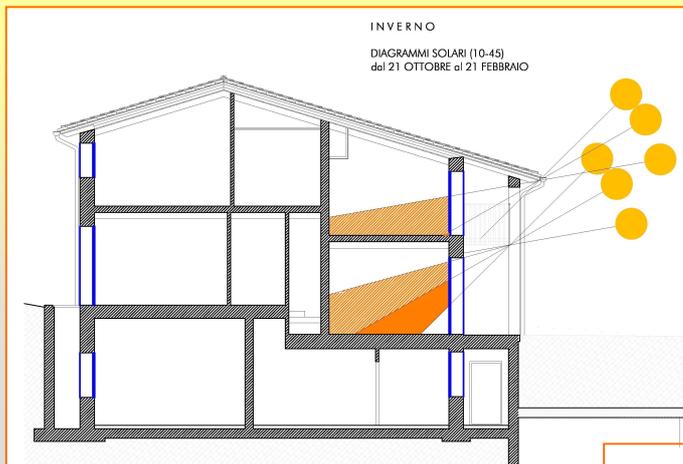
Si proponeva di perequare l'effetto termico delle esposizioni est e ovest, che pur essendo simmetriche rispetto al corso apparente del sole, sono asimmetriche rispetto all'andamento della temperatura dell'aria (la cui punta massima del ciclo giornaliero è intorno alle ore 16 col sole verso **ovest**).

Successivamente è stato privilegiato invece l'**asse equisolare**, orientato all'incirca nord est-sud ovest, (formante con l'asse est-ovest un angolo variabile a seconda della latitudine); per ottenere di perequare l'effetto termico **per quattro esposizioni** anziché per **due sole**, ipotizzando tipologie edilizie a quattro orientamenti anziché due.





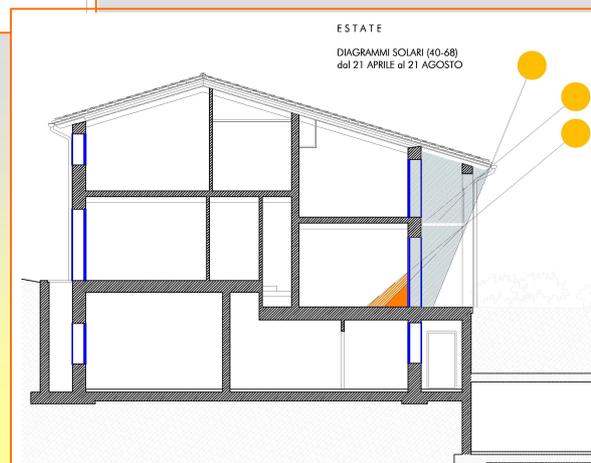
zona temperata – mediterranea: tecniche di riscaldamento solare passivo



Controllo del guadagno
e della difesa solare da

sistemi diretti

Vetrate calibrate



Calcolo altezza solare alle h.12.00

es. latitudine Bassano d.Gr. 45°46''

altezza solare 21 dicembre h.12.00

$$x = 90^\circ - 45^\circ 46' - 23^\circ 27' = 20^\circ 47'$$

altezza solare 21 giugno h.12.00

$$x = 90^\circ - 45^\circ 46' + 23^\circ 27' = 67^\circ 41'$$

zona temperata – mediterranea: tecniche di riscaldamento solare passivo

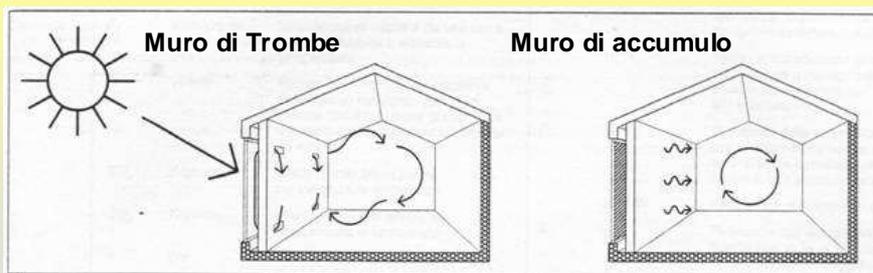
Tecnologie di
sfruttamento
passivo dell'energia
solare:

sistemi indiretti

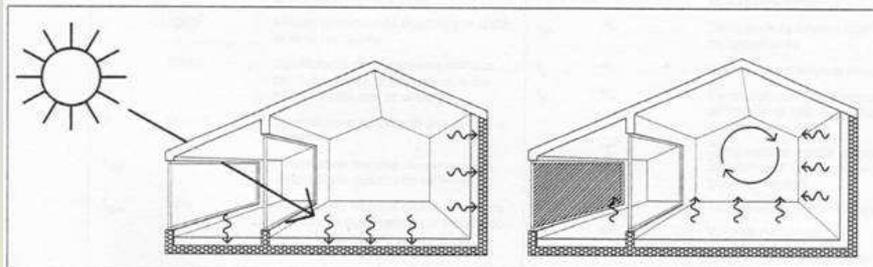
Muri di Trombe

Serre solari abbinata a
finestre

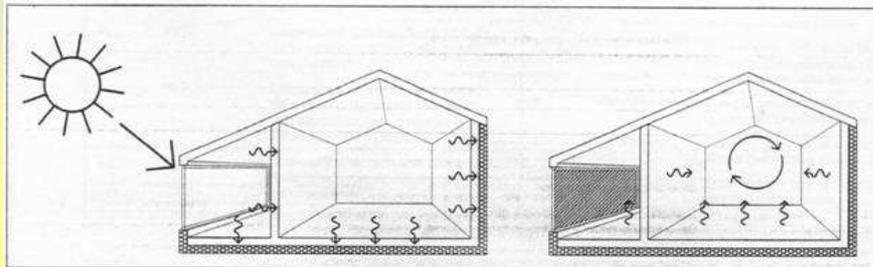
Serre solari con muro di
accumulo

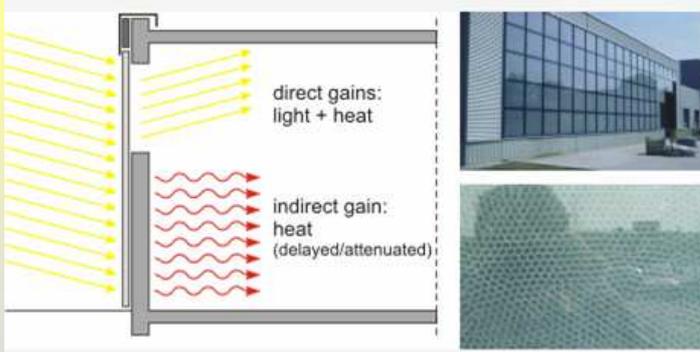


54

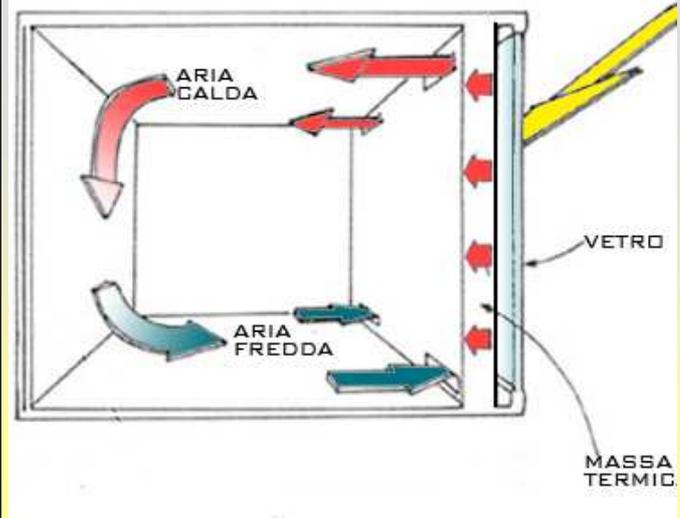
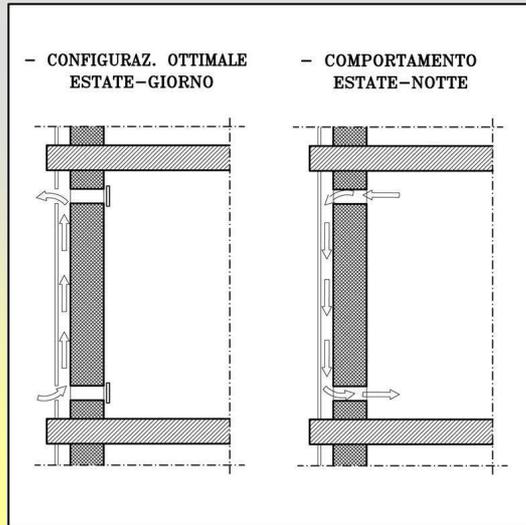
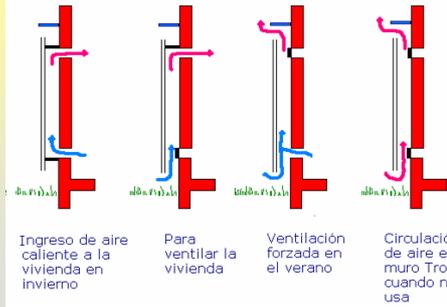


55





DIFERENTES USOS DEL MURO TROMBE

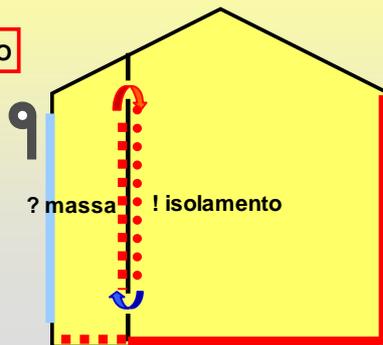


sistemi a guadagni diretto: strategie

captare*** distribuire***** accumulare** conservare* dissipare*** controllare****

SISTEMA A CIRCUITO CHIUSO

prevedere un sistema ombreggiante mobile/fisso



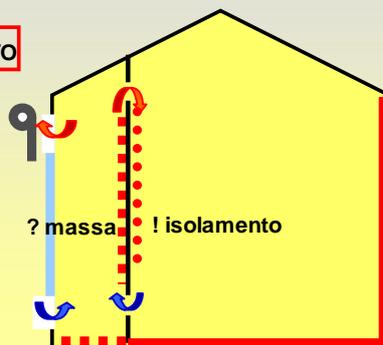
calibrare consistenza [calore specifico e massa] e colori [assorbanza] di pavimentazioni e murature (comprese le loro finiture ed eventualmente gli spessori).

calibrare le aperture di ricircolo dell'aria interna

prevedere isolamento termico della partizione di divisione tra lo spazio di captazione e quello da climatizzare

SISTEMA A CIRCUITO APERTO

prevedere un sistema ombreggiante mobile/fisso



per il ricambio d'aria igienico predisporre bocche di espulsione di questa dagli spazi abitati (se non si adottano tecniche diverse di ricambio)

calibrare le aperture di immissione ed espulsione dell'aria esterna

calibrare le aperture di ricircolo dell'aria interna



Previsione della domanda in potenza 2011- 2016

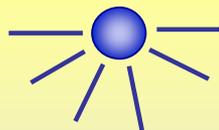
	inverno medio	estate torrida
	migliaia di MW (GW)	
2011	57,6	57,8
2012	58,7	59,2
2013	59,9	60,7
2014	61,1	62,1
2015	62,3	63,7
2016	63,9	65,6

[fonte: TERNA]



c'è il Sole? Riscalda? Si può sfruttare?

MODA



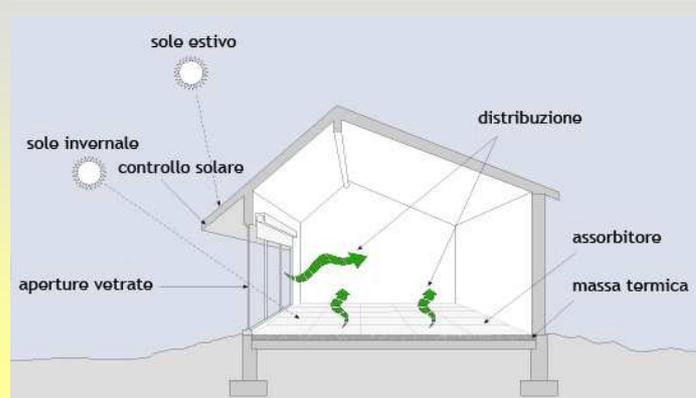
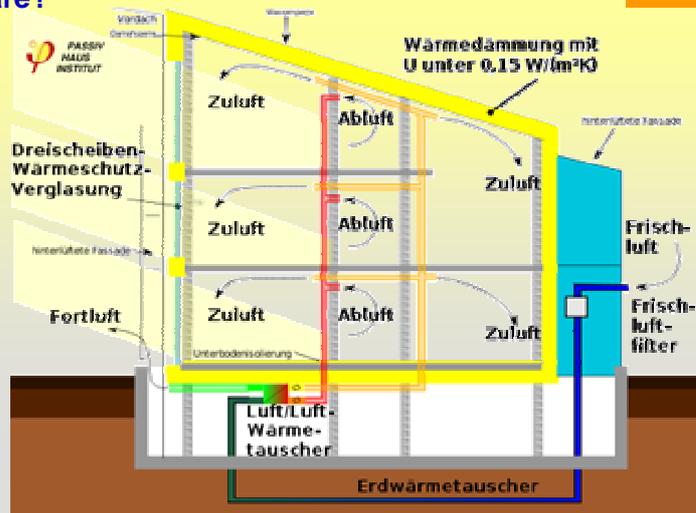
ACCESSORI

- ventilazione meccanica a recupero di calore
- tripli vetri
- iperisolamento termico
- pompe di calore
- ermeticità dell'involucro
- prove di blower door test
- tubi scambiatori interrati

SVOLTA NECESSARIA

PROGETTAZIONE

- collocazione ed orientamento
- rapporto superfici vetrate/opache
- ambienti nobili a S S-E S-O
- ambienti meno nobili nei quadranti N
- INVERNO: sfruttamento solare
- ESTATE: raffrescamento passivo
- masse inerziali interne



« L'inferno dei viventi non è qualcosa che sarà; se ce n'è uno, è quello che è già qui, l'inferno che abitiamo tutti i giorni, che formiamo stando insieme.

[Il nostro Pianeta sta morendo nell'indifferenza generale,]

Due modi ci sono per non soffrirne.

[anche tu scegli ogni momento tra virtù ed indifferenza.]

Il primo riesce facile a molti: accettare l'inferno e diventarne parte fino al punto di non vederlo più.

[Puoi (non) progettare seguendo le mode del momento]

Il secondo è rischioso ed esige attenzione e apprendimento continui: cercare e saper riconoscere chi e cosa, in mezzo all'inferno, non è inferno, e farlo durare, e dargli spazio. »

[o puoi scegliere di non finire mai di imparare dal passato e dal presente tutto ciò che ti permetterà di affinare le tue capacità di progettare per un buon futuro]

(Italo Calvino, *Le città invisibili*, 1972)

[architetto Claudio Pellanda, 2012]

STATO STAZIONARIO – STATO DINAMICO

L'ipotesi di **regime termico stazionario**, assunta per il calcolo delle dispersioni termiche attraverso l'involucro, è molto lontana dalla realtà: le temperature esterna ed interna giornaliere variano secondo leggi approssimabili a **sinusoidi**. Pertanto, l'ipotesi del regime termico stazionario, è carente sia perché nel calcolo delle dispersioni non considera gli **effetti dei ponti termici**, sia perché misura la trasmissione del calore valutando il solo parametro della trasmittanza, ciò che non le consente di valutare l'influenza della capacità termica dell'involucro.

In realtà gli effetti dell'accumulo termico e della resistenza termica si sommano continuamente originando quella che chiamiamo **inerzia termica**, cioè la **capacità dell'involucro di accumulare e rilasciare calore**.

Essa risulta **determinante sulla velocità di variazione della temperatura interna**: a seguito di un incremento, o decremento della temperatura esterna, la velocità a cui la temperatura interna sale, o scenda, sarà minore se maggiore sarà l'inerzia termica.

Inoltre, passando dall'ambiente esterno a quello interno, l'ampiezza d'onda subisce uno **smorzamento** e registra uno **sfasamento** temporale tra l'onda esterna e quella interna.

Per questo, per evitare che la temperatura dell'ambiente interno risenta in breve tempo dei valori raggiunti all'esterno, **ogni chiusura deve garantire uno sfasamento adeguato**.

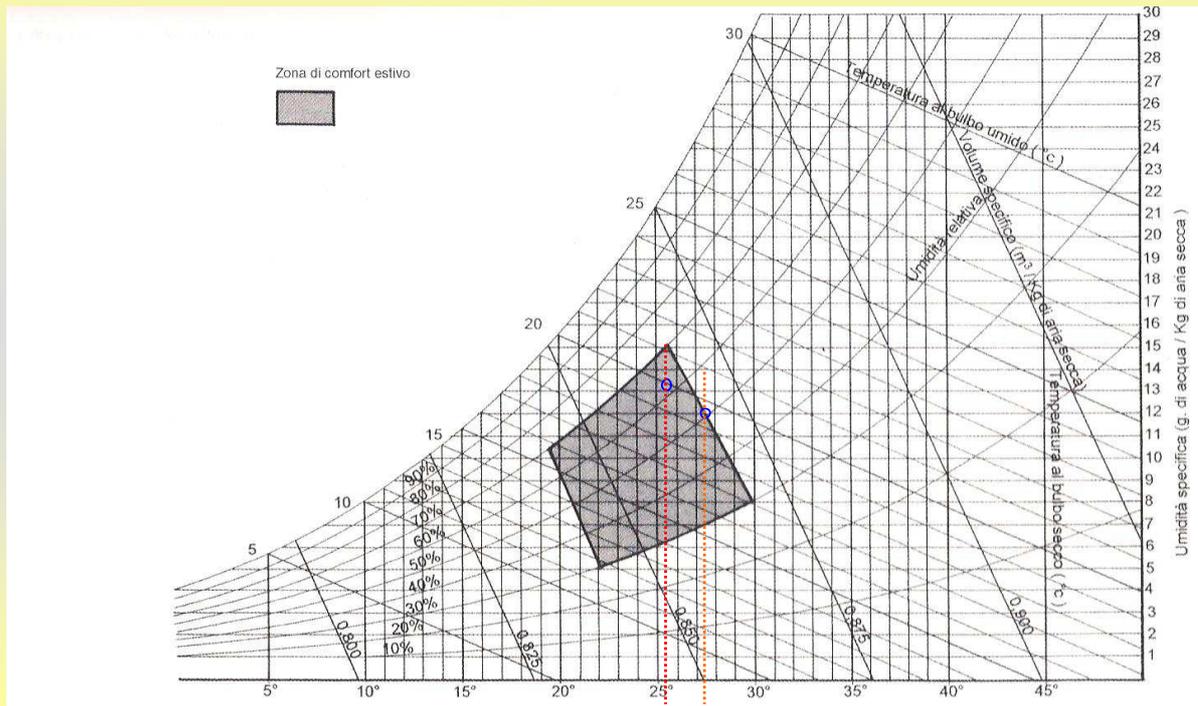
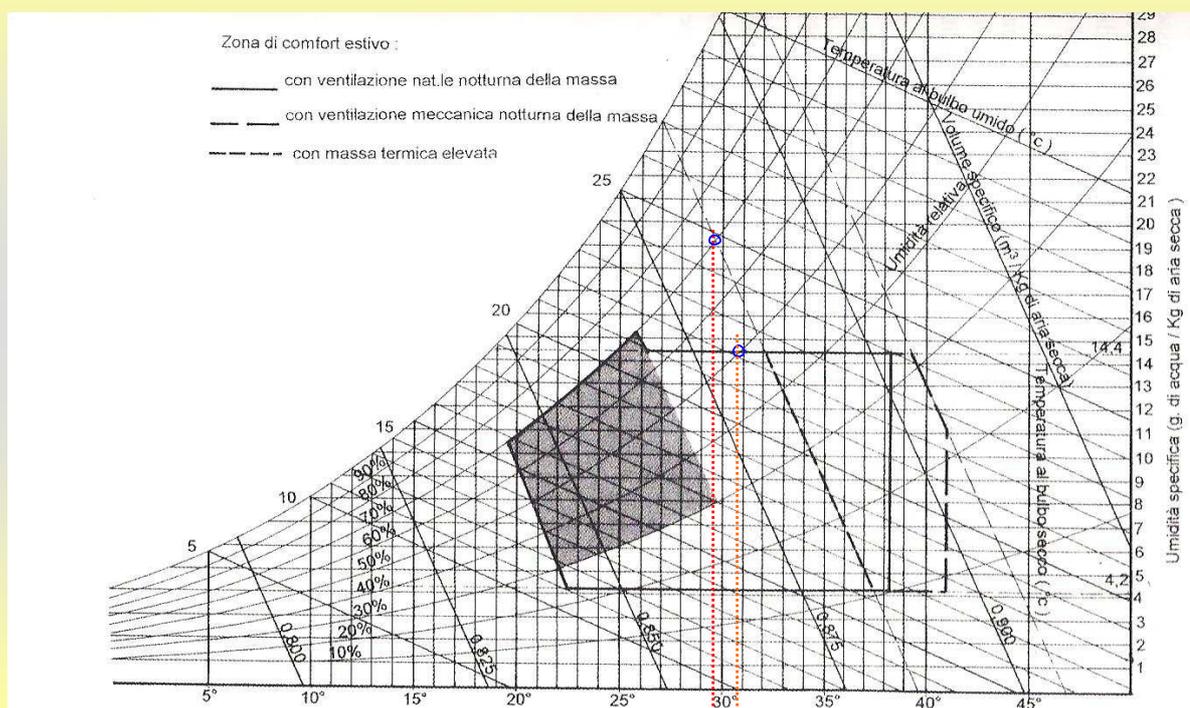


Figura 6.2. – Diagramma psicrometrico con indicazione della zona di comfort in condizioni estive (ASHRAE, 1989)



6.4. – Diagramma psicrometrico con zona di comfort, estesa in funzione dell'inerzia termica e della ventilazione notturna

effetti della capacità termica d'involucro: accumulo termico

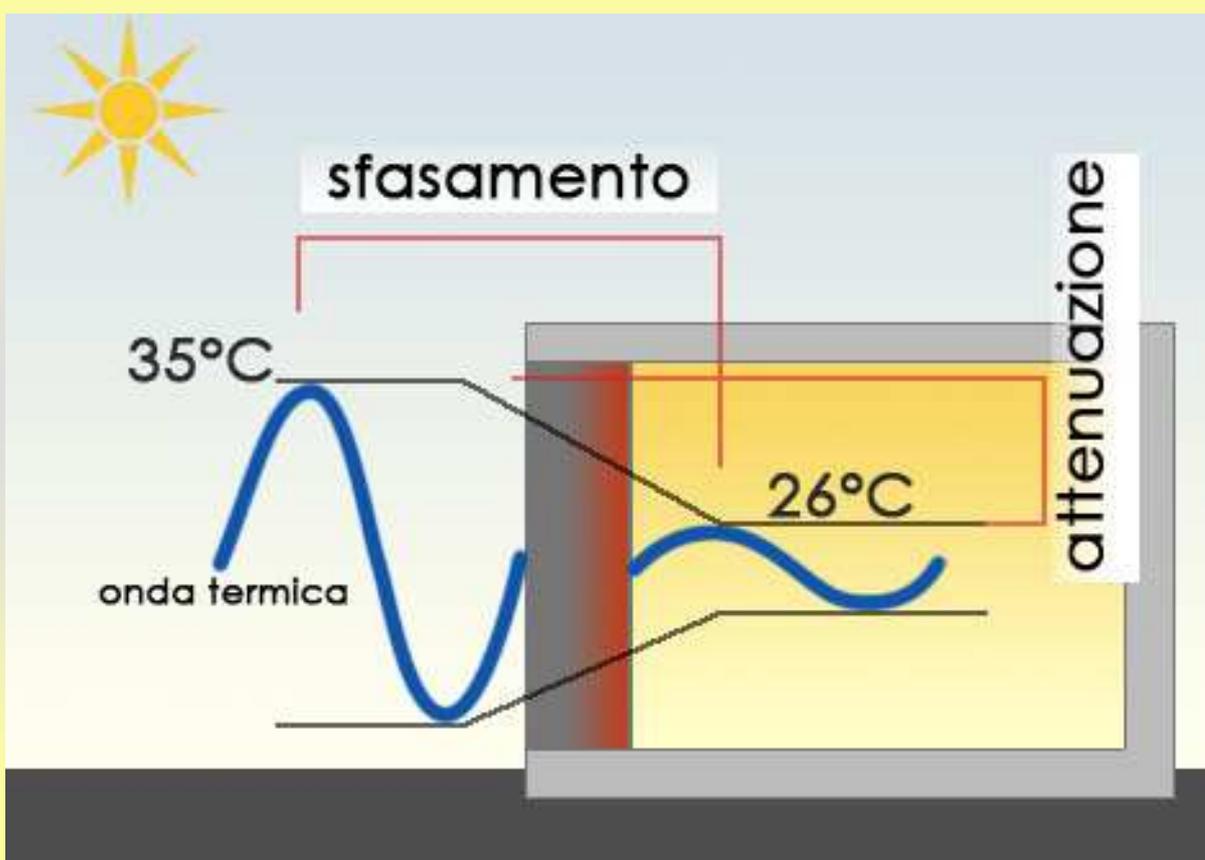
Una buona progettazione dell'involucro edilizio in termini di inerzia termica consente di evitare il surriscaldamento dell'aria nei mesi caldi e, allo stesso tempo, improvvisi sbalzi termici nei mesi freddi.

Nei nostri contesti spesso conviene realizzare un **involucro sia capacitivo che resistivo**, consistente in murature aventi una **elevata capacità termica associata ad una bassa trasmittanza termica.**

L'inerzia termica influenza il **coefficiente di sfasamento ϕ** ed il **coefficiente di attenuazione**. **Tuttavia ha un ruolo ben più esteso, complesso e benefico nel controllo passivo del microclima interno agli edifici in estate ed in inverno**



effetti della capacità termica d'involucro: difesa termica



influenza dell'inerzia termica nell'efficienza invernale ed estiva

Da un punto di vista energetico, **l'inerzia termica influenza i consumi dell'edificio soprattutto se gli apporti solari sono piuttosto alti.**

In questo caso è infatti possibile **accumulare il calore** prodotto dalla radiazione solare e contribuire con esso al riscaldamento degli ambienti non appena si programmi un'attenuazione dell'apporto dell'impianto nelle ore serali o notturne.

Diversamente il **surriscaldamento che si avrebbe** degli ambienti potrebbe, per assurdo, comportare la necessità di ombreggiare le superfici trasparenti captanti o di ventilare gli ambienti interni con aria fredda esterna anche in piena stagione invernale.

Alcune esperienze francesi dimostrano che **passando da un'inerzia debole ad un'inerzia forte è possibile risparmiare sulle spese annuali di riscaldamento quote variabili tra l'1,5 ed il 15%**, in dipendenza dalle zone climatiche, dall'orientamento, dalle dimensioni e soprattutto dalla destinazione e modalità d'uso dell'edificio.



influenza dell'inerzia termica e della ventilazione nell'efficienza estiva

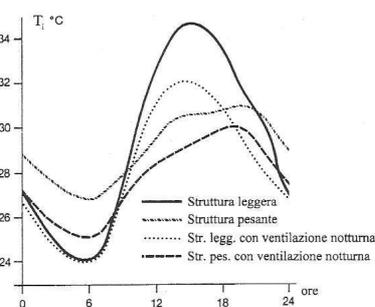


Figura 8.5. – Confronto tra andamenti della temperatura media interna dell'aria, in un locale con pareti leggere, o pesanti, con ventilazione diurna, e andamento della temperatura nel medesimo locale, con ventilazione notturna

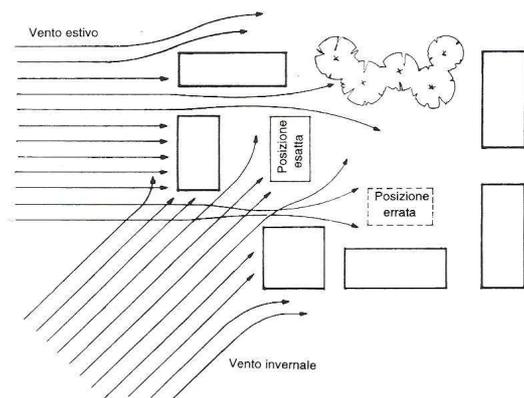
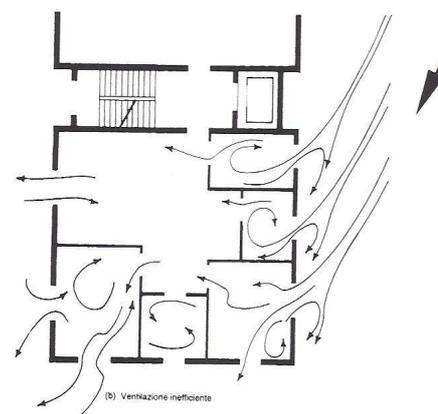
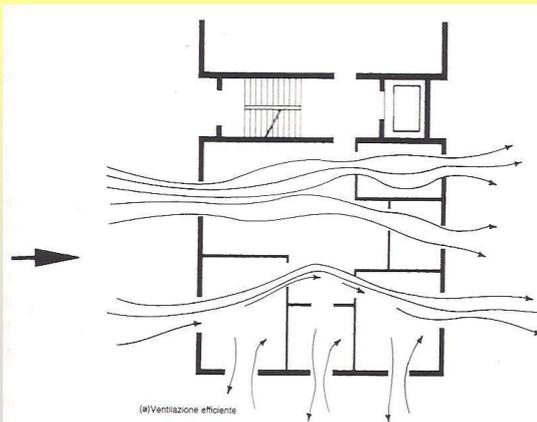


Figura 5.10. – Localizzazione di un edificio in un contesto costruito, in relazione al vento





Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine



E' IL PROGETTO CHE FA LA DIFFERENZA, NON I MATERIALI



Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine



pannello in fibra di legno 160 kg/mc 40 mm
 pannello in fibra di legno 160 kg/mc 40 mm
 pannello in fibra di legno 160 kg/mc 40 mm
 tavolato in abete 22 mm

spessore totale 14,2 cm

PRESTAZIONI INVERNALI

Trasmittanza: 0,30 W/m²K, periodica 0,14

PRESTAZIONI ESTIVE

Attenuazione: 0,49

Sfasamento: 7h 50'



pannello in legnocemento/legnomagnesite 60 mm 400 kg/mc
 pannello in XPS 60 mm
 tavolato in abete 22 mm

spessore totale 14,2 cm

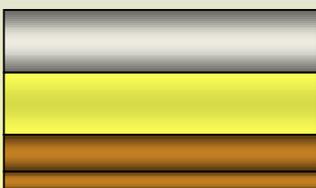
PRESTAZIONI INVERNALI

Trasmittanza: 0,32 W/m²K, periodica 0,14

PRESTAZIONI ESTIVE

Attenuazione: 0,44

Sfasamento: 8 h 35'



pannello in legnocemento/legnomagnesite 60 mm 400 kg/mc
 pannello in XPS 60 mm
 tavolato in abete 40 mm
 tavolato in abete 22 mm

spessore totale 18,2 cm

PRESTAZIONI INVERNALI

Trasmittanza: 0,27 W/m²K, periodica 0,049

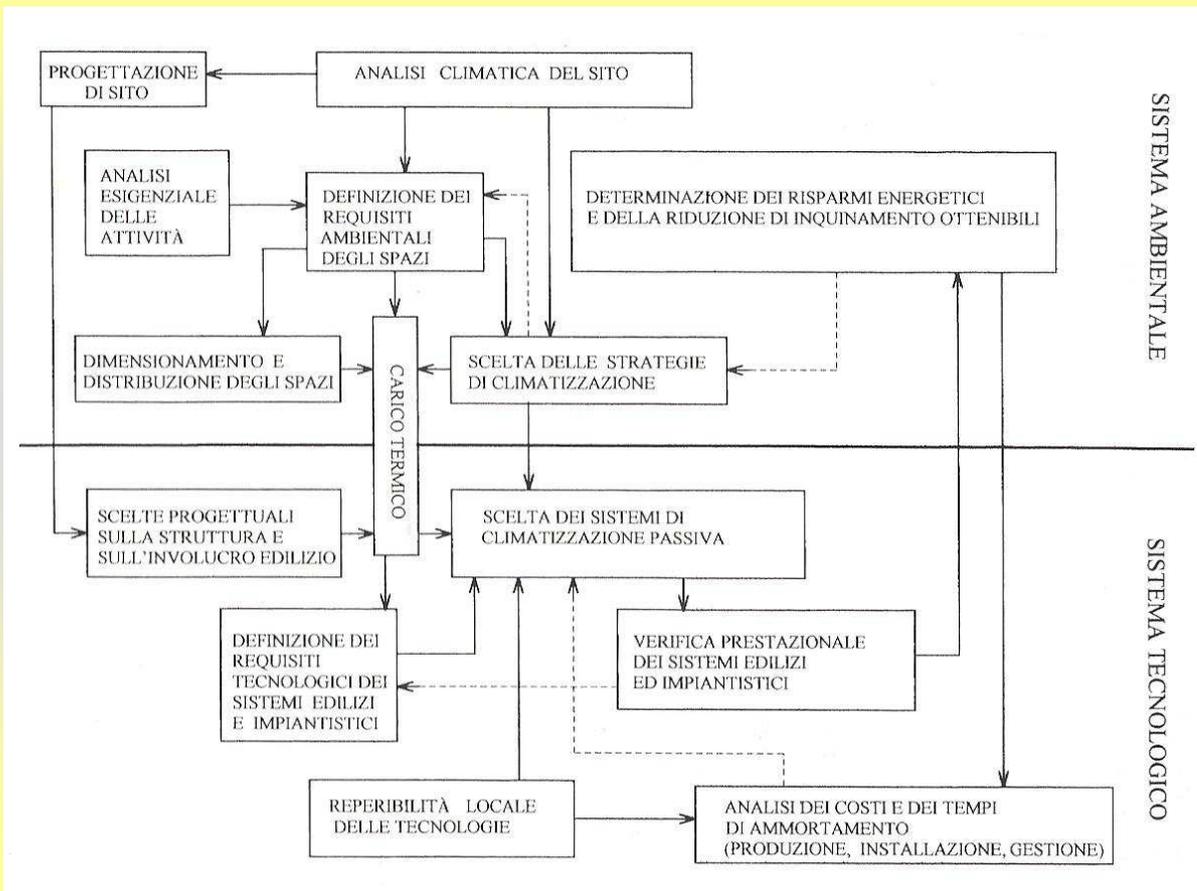
PRESTAZIONI ESTIVE

Attenuazione: 0,18

Sfasamento: 12 h 55'



Collegio dei Geometri e Geometri Laureati - Provincia di Udine



il Gruppo MEC Store ringrazia per l'attenzione
 rimane a disposizione per ogni esigenza di consulenza in
 collaborazione con



arch. **Claudio PELLANDA**
 pellanda@klimark.it

la presentazione è scaricabile dal sito www.klimark.it