

CONTENERE ... IL CALDO

La progettazione del raffrescamento estivo è di prioritaria importanza in Italia, dove, secondo nostri studi, il rapporto dei consumi estivi su quelli invernali arriva, nel caso di Palermo, a 6:1. Tuttavia le normative in vigore fino ad oggi si sono concentrate sul problema invernale, trascurando i sistemi per il risparmio sulla climatizzazione, come la ventilazione dell'involucro edilizio.

Se nel '78 con la legge 373, e nel '91 con la legge 10, era giusto occuparsi solo dei consumi invernali, oggi con l'uso esasperato dei condizionatori e la necessità di comfort termico anche nei mesi più caldi, non è più possibile valutare i consumi annuali di un edificio trascurando quelli estivi. Nonostante questo, anche la Direttiva Europea 91/2002, entrata in vigore con il dlgs 192/2005, propone ancora un sofisticato sistema di calcolo per la fase invernale accennando solamente al problema estivo. Dalle normative sono nati numerosi programmi di calcolo capaci di valutare il consumo di energia solo in fase invernale, mentre i rari software che si occupano della valutazione estiva restituiscono valori solo in termini di carichi massimi: questo perché sono usati esclusivamente per il

In Italia si consuma di più per raffrescare che per riscaldare (particolarmente al sud, cinque volte di più). L'imitazione acritica dei modelli nord europei vanifica l'approccio sostenibile in aree climaticamente miti.

**Dove le esigenze sono diverse.
Un caso di studio**

F. Stazi, C. Nicoletti, C. Di Perna, A. Stazi

dimensionamento degli impianti di climatizzazione.

Altro problema è quello della mancanza di una classificazione energetica del fabbisogno degli edifici in fase estiva.

Ne esiste una per la fase invernale proposta da casa clima di Bolzano, ma bisogna capire se è giusto adottarla per tutte le zone climatiche e per le varie tipologie d'uso.

Inoltre non può essere utilizzata per certificare anche i consumi per la climatizzazione estiva.

Una progettazione responsabile

Nostro obiettivo è definire l'involucro tradi-

zionale ben progettato nelle varie zone climatiche italiane.

Si tratta di quantificare il risparmio energetico ottenuto in varie zone climatiche italiane, dall'adottare uno o l'altro orientamento ed in generale una o l'altra scelta riguardo alle caratteristiche dell'involucro edilizio, come il tipo di schermature o la percentuale e tipo di superficie trasparente ed opaca.

Lo scopo è capire cosa comporta la progettazione di una determinata "configurazione di involucro" piuttosto che un'altra ed individuare la combinazione migliore e la peggiore, per varie situazioni climatiche. Proporre, infine, alla luce dei risultati, una

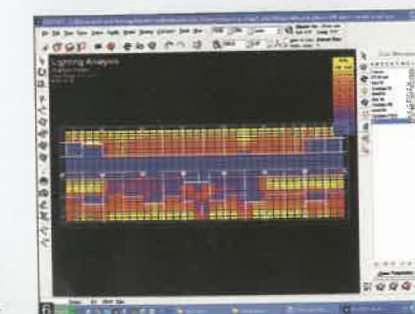
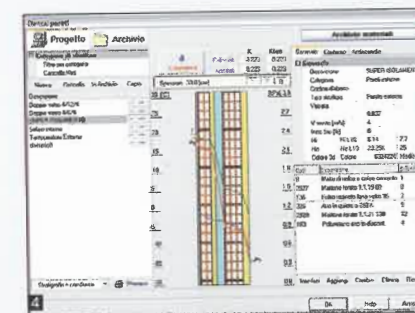
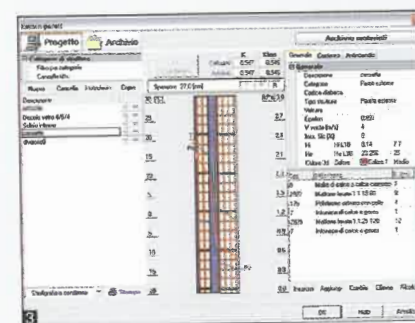
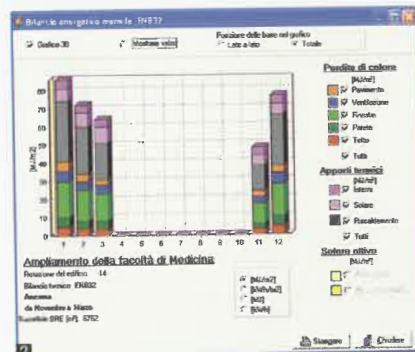
Un caso di studio: edifici per terziario ad Ancona

Per studiare il comportamento estivo degli edifici, per diverse zone climatiche e conformazioni di involucro, abbiamo analizzato comfort e consumi di due complessi per uffici ad Ancona. Il primo è rappresentativo di un'edilizia tradizionale, di forma compatta, orientato secondo l'asse E-O, con pareti a cassetta, una superficie finestrata del 70%, doppi vetri non schermati. Il secondo, adiacente al primo, di simili dimensioni e orientamento, è caratterizzato da pareti a cappotto e dal 30% di superficie finestrata con doppi vetri schermati a Sud.

Questi due edifici sono adiacenti ed uguali come dimensioni, orientamento e destinazione d'uso, ma il primo, soprannominato "aragosta" consuma 189 kWh/m² anno in fase estiva e 76 kWh/m² anno in fase invernale per un totale di 265 kWh/m² anno; il secondo, detto anche "aragostina", consuma 94 kWh/m² anno in fase estiva e 64 kWh/m² anno in fase invernale per un totale di 158 kWh/m² anno. Questo perché il primo edificio presenta caratteri tipici della tipologia tradizionale per uffici, tutta vetrata, poco "responsabile" dal punto di vista climatico, mentre nel secondo edificio l'involucro è stato progettato con un attento studio anche del problema estivo.

EDIFICIO TRADIZIONALE ANCONA	
CONSUMO TOTALE = 265 kWh/m²anno	
ESTIVO 189	INVERNALE 76
CARATTERISTICHE	
ORIENTAMENTO	E-O
SCHERMATURA	ASSENTE
% FINESTRATA	70%
SUP. OPACA	CASSETTA

PROTOTIPO ANCONA S/V=0,23	
CONSUMO TOTALE =158 kWh/m²anno	
ESTIVO 94	INVERNALE 64
CARATTERISTICHE	
ORIENTAMENTO	E-O
SCHERMATURA	A SUD
% FINESTRATA	30%
SUP. OPACA	CAPPOTTO



Si è sviluppata un'architettura bioclimatica che considera esclusivamente consumi e comfort in fase invernale, portando a volte alla realizzazione di grandi architetture vetrate invivibili nella stagione calda. Rimangono una serie di problemi aperti legati alla valutazione del comfort e dei consumi in fase estiva.

classificazione energetica in fase estiva. La convinzione che un'analisi accurata debba fondarsi su casi di studio reali ci ha spinti a partire dai 2 esempi precedentemente presentati, un edificio tradizionale ed un prototipo a nostra disposizione, adiacenti e uguali come tipologia edilizia (in linea) e d'uso (uffici), rapporti dimensionali (S/V=0,23), orientamento (asse E-O). Sono diversi solo per l'involucro esterno: di tipo tradizionale, nel primo caso, ed

Dall'alto al basso, diagramma del bilancio termico invernale dal software Lesosai. Bilancio energetico mensile invernale fornito dal software Lesosai. Trasmissione della parete a cassetta studiata con il software HVAC-CAD. Trasmissione della parete superisolata studiata con il software HVAC-CAD. Studio del percorso solare con il software Ecotect. Verifica dei livelli minimi di illuminazione con il software Ecotect.

"attento" al problema estivo, nel secondo. I due casi sono stati simulati con software e inseriti virtualmente in 3 situazioni climatiche diverse, generando 6 esempi di studio. Variando poi tutte le caratteristiche dell'involucro (percentuale di superficie vetrata, tipo di superficie opaca, presenza o meno di schermature, esposizione), ma mantenendo le caratteristiche tipologiche e dimensionali, siamo arrivati a definire 10 nuovi casi di studio, per i 3 climi: quindi 30 combinazioni. Per ogni caso abbiamo ricavato i consumi estivi, invernali e totali. Per capire gli ordini di grandezza abbiamo analizzato nei vari climi i 4 casi più significativi: i due casi di partenza e quelli posizionati agli estremi delle combinazioni studiate e cioè il peggiore e il migliore.

Analisi termica per tipologia di involucro

L'analisi termica è stata affrontata con 2 programmi: "Mc4- Hvac Cad (2004)" per il caso estivo, elaborato secondo l'Ashrae del '93 e il "Lesosai" per il caso invernale, elaborato secondo la normativa europea EN832. I calcoli sono stati effettuati prevedendo in estate una temperatura interna massima di 26°C e in inverno una temperatura minima di 20°C.

Hvac-Cad permette di costruire la stratigrafia di tutte le strutture opache (pareti e solai) e trasparenti (vetri) al fine di calcolarne il valore della trasmittanza e il diagramma di Glaser (figura 3-4).

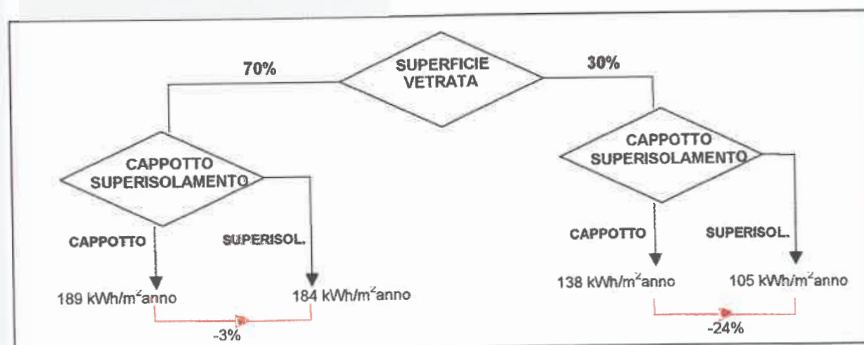
È necessario inserire in input materiali e tipologie degli elementi costruttivi, il fattore di shading del vetro e degli schermi solari, la configurazione di oggetti verticali e orizzontali, orientamento, località e zona climatica, profili orari riguardo a impianti e carichi termici interni.

L'inserimento del progetto deve prevedere l'individuazione di "zone termiche", distinte in ambienti riscaldati, climatizzati e non climatizzati.

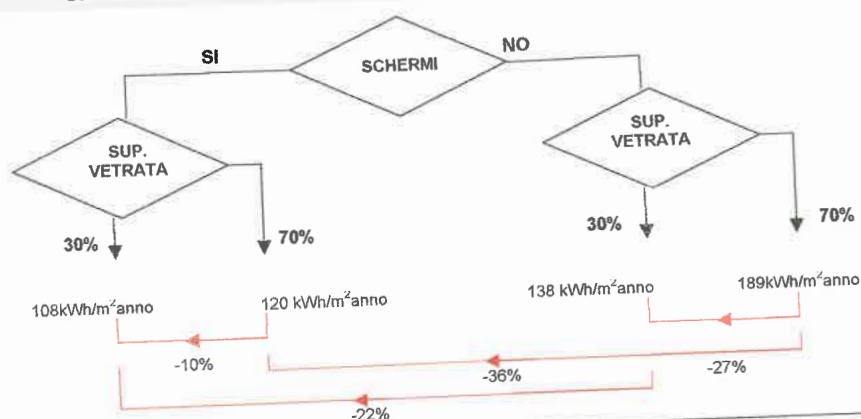
Si è fissato un generatore unico per l'edifi-

ANCONA consumi estivi (kWh/m ² /anno)		100% sup. vetrata		70% sup. vetrata		30% sup. vetrata	
		schermata	non schermata	schermata	non schermata	schermata	non schermata
	CAPPOTTO	129 con vetro termico	206 con v. termico 219 con v. normale	120	189	108	138
	SUPERISOL.				184		105
	CASSETTA	137(?) con vetro termico	189 con v. termico 196 con v. normale		189		

OTTIMIZZAZIONE PARETE OPACA



SUPERFICIE VETRATA E SCHERMATURE CON PARETE OPACA A CAPPOTTO



cio e si è variata la potenza nominale fino a coprire le dispersioni totali, ottenute nei vari tentativi, cioè con diversi tipi di involucro. In output abbiamo ricavato, dunque, i valori del fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione estiva (MJ) per le varie combinazioni di involucro. Lesosai 5 è un programma per il calcolo dei bilanci energetici mensili e annuali. Utilizza i metodi di calcolo descritti nelle norme europee EN 832, EN 13789, EN 13790 e permette di verificare e di controllare le prestazioni termiche secondo la norma Svizzera SIA 380/1.

Tutti i calcoli sono relativi alla sola stagione invernale, mentre per i mesi estivi riguardano solo gli apporti dovuti al solare (Qs) e quelli interni gratuiti (Qi). Il programma permette di pre-dimensionare la potenza della caldaia e calcola i componenti del bilancio energetico: fabbisogno lordo di energia termica per il riscaldamento; apporti di calore interni e solari; guadagno termico (parte utilizzabile degli apporti di calore); fabbisogno di energia termica per il riscaldamento.

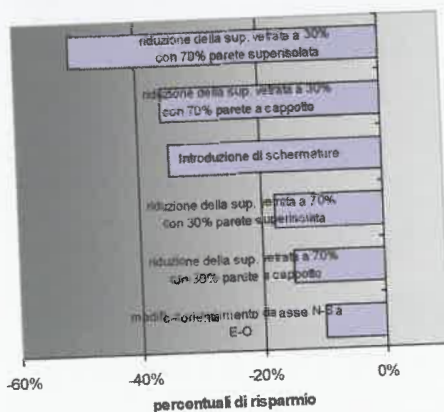
I risultati sono presentati in diverse forme: diagramma del bilancio termico (figura 1); grafico dei bilanci termici mensili (figura 2); tabella dei valori mensili dei componenti del bilancio energetico.

Gli studi per verificare che l'illuminazione naturale negli ambienti soddisfacesse i requisiti minimi e di benessere al variare della superficie trasparente e delle schermature sono stati realizzati con il software Ecotect (figura 5-6).

Il programma permette di effettuare analisi solari (studio delle ombre e esposizioni, progettazione degli elementi schermanti), analisi luminose (illuminazione naturale degli ambienti), analisi termiche (grafici

CASO DI ANCONA. PARTENDO DALL'EDIFICIO PEGGIORE: orientamento asse N-S, 100% superficie vetrata non schermata. Consumo estivo 219 kWh/m²/anno

VARIAZIONE PARAMETRI	Risparmio (kWh/m²/anno)	Risparmio %
Introduzione di schermature	-77	-37%
Riduzione della Sup. vetrata a 70% con 30% parete a cappotto	-30	-15%
Riduzione della Sup. vetrata a 70% con 30% parete superisolata	-35	-18%
Riduzione della Sup. vetrata a 30% con 70% parete a cappotto	-81	-36%
Riduzione della Sup. vetrata a 30% con 70% parete superisolata	-114	-51%
Orientamento da asse N-S a E-O	-23	-10%



delle temperature interne e esterne, carichi termici).

Quanto si risparmia con un involucro ben progettato. Il caso di Ancona

Volendo quantificare il miglioramento garantito da ogni scelta di progetto, riportiamo i risultati relativi ai consumi estivi distinti a seconda degli input di: orientamento, percentuale di superficie finestrata e tipo di superficie opaca. Ci soffermeremo a titolo esemplificativo sul caso di Ancona (tabella nella pagina precedente). L'ottimizzazione della parte opaca fa risparmiare una quantità di energia diversa

a seconda della percentuale di superficie opaca e dunque della complementare percentuale di superficie vetrata (70% o 30%).

Considerando il caso con il 70% della superficie vetrata non schermata ed orientamento secondo l'asse N-S, l'ottimizzazione della superficie opaca da parete a cassetta a parete a cappotto fa risparmiare 5 kWh/m²/anno (da 189 a 184). Con il 30% di superficie vetrata il risparmio è di ben 33 kWh/m²/anno (da 138 a 105).

Dunque da un risparmio del 3% a uno del 24% (grafico nella pagina precedente). La riduzione di superficie vetrata da 70% a 30% garantisce un risparmio diverso in relazione alla presenza o meno di schermature e a seconda che la complementare parte opaca (che aumenta in maniera inversa, cioè da 30% a 70%) sia più o meno efficiente dal punto di vista energetico. Ad esempio la riduzione della superficie trasparente (con parete opaca a cappotto) garantisce un risparmio di 12 kWh/m²/anno (120-108) nel caso in cui sono presenti schermature del vetro e di ben 51 kWh/m²/anno (189-138) nel caso di vetrata non schermata, dato che viene ridotto l'ingresso della radiazione diretta. Si passa dunque da un risparmio del 10% ad uno del 27% (grafico in alto).

Anche l'introduzione di brise-soleil sarà più o meno importante (dal punto di vista energetico) a seconda della porzione di superficie vetrata (tabella nella pagina precedente).

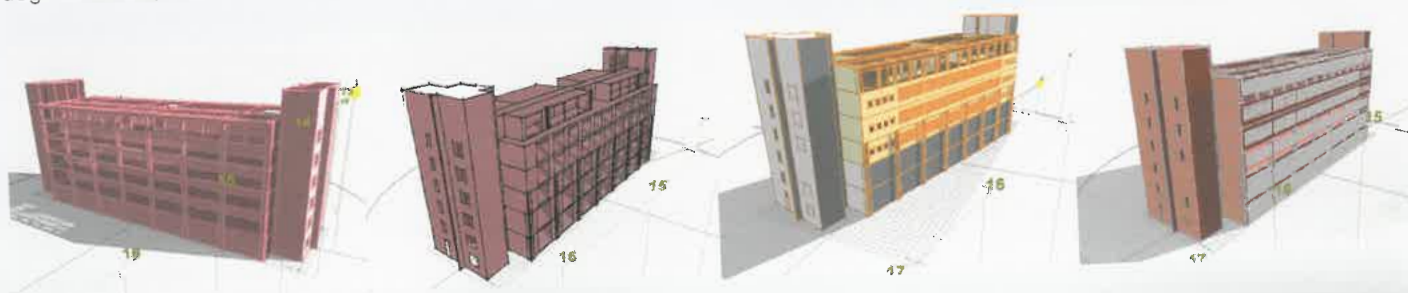
Molto importante se abbiamo il 100% della superficie vetrata, poiché possiamo arrivare a ridurre i consumi di ben 77 kWh/m²/anno (da 206 a 129), cioè del 37%.

Risparmiando invece fino a 69 kWh/m²/anno (189-120) con il 70% di superficie vetrata e 30 kWh/m²/anno (138-108) con il 30% di superficie vetrata.

I vetri termici sono molto utili perché promettono un risparmio di 13 kWh/m²/anno (da 219 a 206), pari al guadagno ottenuto dal ridurre la superficie vetrata da 100 a 70%!

Inoltre essendo l'edificio rettangolare (e non quadrato), e cioè presentando comportamento asimmetrico rispetto all'orientamento, il miglioramento ottenuto dalla riduzione di superficie vetrata, o dall'ottimizzazione della superficie opaca, cambia con l'esposizione.

Ruotando, infatti, l'asse dell'edificio e orientandolo secondo la direzione E-O, si migliora l'esposizione delle facciate



SOSTENIBILITÀ: PERCORSI CRITICI

longitudinali: in estate i lati esposti ad est e ovest subiscono l'irraggiamento diretto, oltre a non favorire la ventilazione trasversale.

Se la parte vetrata è schermata, l'edificio mal orientato risente di meno dell'irraggiamento diretto e il miglioramento dei consumi ottenuto dal correggere l'esposizione è inferiore.

Anche nel caso di un involucro totalmente vetrato è importante che l'esposizione sia quella ottimale, perché si risparmia circa l'8% ($219-196 = 23 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$).

Nel caso di un involucro vetrato con vetri più efficienti, cioè termici, il salto migliorativo è meno evidente ($206-189 = 17 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$).

Incidenza dei vari parametri di progetto partendo dal caso peggiore

Partiamo dall'edificio peggiore di Ancona (consumo estivo = $219 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$), orientato secondo l'asse N-S, con il 100% della superficie vetrata, e facciamo variare un parametro alla volta (introduzione di schermature, riduzione della superficie vetrata, orientamento) (tabella nella pagina precedente).

Dalla differenza tra il consumo estivo del caso di partenza ed i consumi ottenuti di volta in volta, possiamo vedere a quanto ammonta il risparmio (in $\text{kWh/m}^2 \text{ anno}$ e in percentuale) relativo alle varie soluzioni di miglioramento dell'involucro.

Disponendo su un grafico i risultati del risparmio percentuale garantito dall'adottare una o l'altra scelta (grafico nella pagina precedente), si evidenzia quanto sia sconsigliato realizzare strutture completamente vetrate e l'importanza di ridurre al minimo la superficie vetrata.




È molto conveniente prevedere delle schermature. Con l'ottimizzazione della superficie opaca aumenta inoltre la percentuale di risparmio.

Ottimi risultati garantisce infine il superisolamento della parete opaca e l'introduzione di vetri termici.

La riduzione di superficie vetrata e la sua schermatura, l'ottimizzazione della superficie opaca e dell'orientamento garantiscono un risparmio diverso a seconda della zona climatica.

Di tutti i casi ottenuti dalla variazione parametrica consideriamo per semplicità i 4 casi più significativi per le 3 località climatiche: i due casi di studio che hanno generato tutti gli altri (tradizionale e prototipo), il caso che ha presentato i consumi più elevati e quello con i consumi inferiori (figura in basso nella pagina precedente).

In tutte le località climatiche i problemi e le soluzioni ottimali sono le stesse, ciò che cambia sono i valori dei consumi. Dunque gli edifici che hanno dato i consumi più elevati (peggiore) e quelli più bassi (migliore) hanno le stesse caratteristiche. In particolare (tabella in alto):

	Consumi estivi e invernali ($\text{kWh/m}^2 \text{ anno}$)	Palermo	Ancona	Cuneo
	PEGGIORE 100% vetri normali, non schermati	245 40	219 85	109 123
	TRADIZIONALE 70% vetri normali, non schermati 30% parete a cassetta	196 36	189 76	91 107
	PROTOTIPO 30% vetri normali, schermati 70% parete a cappotto	101 38	94 64	71 93
	MIGLIORE 30% vetri termici, schermati 70% parete superisolata	98 35	76 57	60 75

- l'edificio che è risultato essere il peggiore per tutti i climi è orientato secondo l'asse N-S, con il 100% di superficie finestrata, doppi vetri non schermati;

- l'edificio risultato il migliore per tutti i climi è orientato secondo l'asse E-O, con parete superisolata, il 30% di superficie finestrata e vetri termici schermati ad ogni piano, con un abbattimento dei consumi, soprattutto estivi;

- l'edificio tradizionale è caratterizzato da parete opaca a cappotto, e dal 70% di superficie vetrata non schermata, orientamento, ove possibile, secondo l'asse E-O;

- il prototipo di Ancona, preso come esempio di involucro studiato anche dal punto di vista estivo, è orientato secondo l'asse E-O e presenta pareti a cappotto, il 30% di superficie vetrata schermata a sud. Il rapporto tra consumi estivi ed invernali degli edifici peggiori risulta di circa 6:1 a Palermo, 3:1 ad Ancona, 1:1 a Cuneo. Anche negli edifici migliori il problema estivo è più rilevante di quello invernale. Emerge dunque l'importanza di una corretta progettazione dell'involucro edilizio e, in tutti i casi, la priorità del problema estivo in Italia.

Per rendere l'idea di quanto è possibile risparmiare, soprattutto in fase estiva, dal solo progettare un involucro "climaticamente responsabile", è interessante vedere per i 3 climi il salto energetico dal peggiore al migliore, in fase estiva e invernale. Con un buon progetto dell'involucro, il rapporto tra consumi estivi e invernali a Palermo passa (come ordine di grandezza) da 6:1 a 3:1, ad Ancona da 3:1 a 1:1. A Cuneo il miglioramento è inferiore perché pesano meno i consumi estivi. Dunque una progettazione corretta dell'involucro incide soprattutto sui consumi estivi, mentre i consumi invernali si riducono di poco.

Considerando solo i consumi estivi, nel caso di Palermo si può risparmiare fino al 60%. Infatti si passa da $245 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ a $98 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$.

Nel caso di Ancona un buon progetto può far risparmiare del 65%!

Infatti si passa da un consumo di 219 ad uno di $76 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$.

Nel caso di Cuneo, dal peggiore al migliore si risparmia del 44%: da $109 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ del peggiore a $60 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ del migliore.

Indicazioni per la progettazione dell'involucro in climi italiani

In tutti i climi italiani si consiglia un orientamento secondo l'asse E - O. Inoltre conviene sempre evitare l'apertura di finestre nei lati esposti ad est e ovest, poiché non forniscono apporti solari in inverno e subiscono invece l'irraggiamento diretto in estate e nelle stagioni intermedie, quando non è gradito. Nelle zone climatiche dell'Italia centrale, dove si risente maggiormente del problema energetico (perché gravoso sia in estate che in inverno), conviene che le tipologie edilizie privilegino l'apertura di finestre a sud; nelle zone più calde (Palermo, Bari...) è opportuno invece che le maggiori aperture siano a nord. È opportuno inoltre che la superficie finestrata sia la minore possibile, cioè quella minima richiesta dalla normativa per il ricambio d'aria ($1/8$ della sup. pavimentata), arrivando fino ad $1/6$ della superficie del pavimento (pari circa al 30% della superficie verticale opaca) solo laddove lo richiedano particolari esigenze di illuminazione naturale. Sia negli interventi sul nuovo che nel retrofitting energetico, è importante prevedere vetri termoresistenti e delle schermature esterne, preferibilmente verticali nelle finestre esposte a est e ovest, orizzontali a sud.

BIBLIOGRAFIA

- Stazi, A. - "Passive solar systems applied to residence building", Proceedings of International Bioclimatic Housing Congress, ed. CULC - Catania, 1982.
- Stazi, F. - "Revival del solare?" Articolo pubblicato su Modulo, ottobre 2004, BE-MA editrice Milano, pp. 942-948.
- Stazi F. - "A solar prototype in a Mediterranean climate: reflections on project, use, results of the monitoring activities, calculations". Proceedings of the World Renewable Energy Congress (WREC 2005, Innovation in Europe; Elsevier Ltd.) 22-27 May 2005, Aberdeen, Scotland.
- Munafò P., Stazi F., Stazi A. - "Un approccio 'minimalista' al raffrescamento estivo": un intervento a Roma con pareti ventilate tradizionali, ed. EDI-COM. - 2005.
- Nicoletti C., Ricci E. - Tesi di laurea su "Linee guida di progettazione bioclimatica di edifici residenziali in fase estiva: valutazione parametrica dei consumi nelle zone climatiche italiane; monitoraggio e analisi parametrica dei sistemi solari passivi" - Relatore Prof. Stazi A., Correlatore Prof. Di Perna C. Anno Accademico 2004-2005.
- Bouchlaghem N. - "Optimising the design of building envelopes for thermal performance". Automation in Construction 10 (2000) 101-112.
- Garde F., Boyer H., Gatina J. C. - "Elaboration of global quality standards for natural and low energy cooling in French tropical island buildings". Building and Environment 34 (1999) 71-83.