

Premessa	7		
1 Benessere abitativo			
- vivere in maniera confortevole ..	8	4.3	Locali interrati e plinto di fondazione
1.1 Qualità dell'aria ambiente.....	8	4.4	Protezione termica - quanto e come?
1.2 Clima ambientale	9		
2 Un po' di fisica edile	13	5	„Muri che respirano?“
2.1 Potenza e consumo	13	6	Tenuta all'aria
2.2 Temperatura	13	6.1	Ermeticità all'aria e al vento, freno al vapore
2.3 Conducibilità termica λ	14	6.2	Il test di pressione (misurazione Blower-Door)
2.4 Il coefficiente di trasmittanza termica U	15		
2.5 Calore specifico c	16	7	Ponti termici
2.6 Diffusione di vapore	17	8	Finestre ed avvolgibili
3 Materiali edili e coibenti	18	8.1	La trasmittanza delle finestre - il valore U_w
3.1 Pietre artificiali da costruzione	18	8.2	Grado di trasmittanza totale g.....
3.2 Legno	22	8.3	Vetrature a risparmio energetico
3.3 Coibenti termici	28	8.4	Telai delle finestre
3.3.1 Valore dichiarato e valore di progetto della conducibilità termica λ	29	8.5	Il ponte termico della cornice di collegamento
3.3.2 La scelta dei coibenti	32	8.6	Tipologie di finestre
4 Come e quanto coibentare?	44	8.7	Ermeticità
4.1 La parete esterna: „errato“ tema centrale di discussione	45	8.8	Protezione termica temporanea ..
4.1.1 Coibentazione interna	46	8.9	Sintesi e consigli.....
4.1.2 Termointonaco	46	9	Ventilazione
4.1.3 Strutture con interposta coibentazione	47	9.1	Ventilare e risparmiare energia
4.1.4 Coibentazione esterna	47	9.2	Ventilazione naturale (ventilazione casuale).....
4.1.5 Sintesi e consigli	52	9.3	Ventilazione controllata
4.1.6 Coibentazione termica trasparente.....	53	9.4	Sintesi e consigli
4.2 Tetto	57	10	Standard costruttivi degli edifici..
4.2.1 Coibentazione fra i travetti	57		
4.2.2 Coibentazione sopra i travetti	58		
4.2.3 Combinazioni	59		
4.2.4 Tetti piani non ventilati	60		

10.1	Progettazione di edifici efficienti sotto l'aspetto energetico	102	14	Approntamento acqua calda sanitaria	172
10.2	La legislazione italiana attuale	109	15	Impianti solari termici	176
10.3	Lo standard CasaClima	111	15.1	Collettori solari	177
10.4	Lo standard NEH - edifici a basso consumo energetico	113	15.2	Impianto solare termico: qualcosa più di un semplice collettore	178
10.5	Lo standard casa passiva ("Passivhaus")	118	15.3	Accumulo solare	179
10.6	Conclusione	128	16	Appendice	183
11	Wintergarten (serre solari)	129	16.1	Calcolo del coefficiente di trasmittanza termica U degli elementi costruttivi opachi: UNI EN ISO 6946	183
12	Riscaldamento	131	16.2	Calcolo del coefficiente di trasmittanza termica U_w degli elementi costruttivi trasparenti: UNI EN ISO 10077-1	189
12.1	Principio del riscaldamento ad acqua calda	131	16.3	Coibentazione delle tubazioni	191
12.2	Combustibili	132	16.4	Protezione antincendio e coibentazione termica	193
12.3	Caldaie	133	16.5	Tablelle/conversioni	197
12.3.1	Potenza termica della caldaia (carico termico)	133	16.6	Indice analitico	203
12.3.2	Riscaldamento moderno a gasolio o a gas	134			
12.3.3	Riscaldamento moderno a legna..	138			
12.4	Canali per i fumi/ caminetto/canna fumaria	145			
12.5	È vero che ogni casa deve avere la sua caldaia?	146			
12.6	Impianti di cogenerazione	148			
12.7	Pompe di calore	153			
13	Corpi scaldanti e distribuzione del calore	158			
13.1	Tubazioni (distribuzione del calore)	158			
13.2	Pompe di circolazione	159			
13.3	Controllo/regolazione	161			
13.4	Corpi scaldanti	163			
13.4.1	Sistemi a bassa temperatura	164			
13.4.2	Corpi scaldanti compatti (caloriferi o termosifoni)	165			
13.4.3	Sistemi di riscaldamento radiante.	166			
13.5	Bilanciamento idraulico	169			

Premessa

Quando si costruisce, che si tratti di nuovi edifici o di ristrutturazioni, si dovrebbe tener conto sia del benessere abitativo e della salute degli inquilini o degli utenti, sia del risparmio energetico.

Ciò è stato riconosciuto soprattutto da architetti, biologi edili e fornitori di materiale edile, per questo sono stati coniatissimi nuovi termini come ad es. “costruzioni naturali”, “costruire ecologico”, “costruzioni ad efficienza energetica”, “abitazioni ecosostenibili” o “edifici a risparmio energetico”.

Purtroppo, tutte queste caratteristiche di qualità apparente non contribuiscono ad affermare un concetto di costruzioni veramente sane e contemporaneamente virtuose dal punto di vista energetico. Al contrario, aumentano soltanto la confusione.

Questo libro vuole quindi porsi come punto di riferimento, essere cioè un manuale di competenza per offrire un compendio specialistico di informazioni neutrali ed indipendenti sui vari prodotti, per poter finalmente trovare il giusto orizzonte critico.



In alcuni passaggi particolarmente importanti e di interesse, troverete di tanto in tanto questo simbolo raffigurante un'informazione da tenere a mente!

Al concetto di risparmio energetico si attribuisce spesso un'idea di rinuncia e di perdita di comfort. Non v'è cosa più sbagliata! Se però un intervento va davvero a peggiorare il comfort, sicuramente è stato commesso qualche errore da parte di architetti, consulenti energetici, progettisti, artigiani, committenti o da tutti quanti assieme.

È vero altresì il contrario: risparmio energetico, o meglio efficienza energetica, significa prima di tutto contribuire ad un comfort più elevato, ad un maggiore benessere abitativo ed inoltre ad un aumento della qualità e della valorizzazione degli edifici. Inoltre, acquistano sempre più importanza

la protezione dell'ambiente ed il risparmio delle risorse.

Realizzare una nuova costruzione, o risanare un vecchio edificio secondo il principio dell'efficienza energetica, contribuisce ad evitare inutili emissioni del gas serra CO₂ e permette di risparmiare le sempre più ridotte scorte di petrolio o metano.

Avete già dimenticato le ripetute catastrofi “di questo secolo”, inondazioni e uragani (non solo) in Italia, Germania ed Austria; o lo strato di permafrost che va sciogliendosi ed il limite della neve sempre più elevato? O che il gas metano è pompato a mezzo mondo dal produttore al consumatore? Anche il petrolio viene trasportato con enormi difficoltà mediante condotti o navi. Incidenti, perdite ed incendi accadono regolarmente in Alaska, davanti alle coste della Spagna o del Libano, provocando catastrofi naturali. Ed inoltre gli Stati esportatori di petrolio e metano si trovano in zone politicamente instabili, che alla lunga portano a tensioni mondiali ed, in ultima analisi, allo scoppio di guerre.

Ah, fra l'altro costruire edifici a risparmio energetico consente un notevole risparmio di denaro. Se si prevedono misure per il risparmio energetico già dall'inizio della fase di progetto, poi non si dovranno più (o quasi) sostenere costi aggiuntivi. Di conseguenza maggiore - anno per anno, per decine di anni - sarà il risparmio sui costi di gestione per gli impianti di produzione di calore, acqua calda o corrente.

Chi oggi progetta, costruisce o risana edifici in modo convenzionale, cioè senza porre attenzione al risparmio energetico, rimanendo sempre e soltanto in linea con le leggi vigenti, fra qualche anno si renderà sicuramente conto di aver preso “il treno sbagliato”. Scegliete invece l'efficienza energetica. Approfittate per tempo di questa chance!

L'autore

1 Benessere abitativo

Due presupposti fondamentali permettono di stabilire il nostro benessere abitativo e la nostra salute come inquilini/utenti:

- una buona qualità dell'aria ambiente

- un buon clima ambientale.

Essi non devono essere scambiati e confusi fra di loro, poiché i fattori alla base della loro qualità sono nettamente diversi.

1.1 Qualità dell'aria ambiente

La qualità dell'aria negli ambienti interni, la nostra qualità dell'aria ambiente, viene influenzata da molteplici fattori quali: aria esterna, condizioni strutturali, arredamento, modi di vivere ed abitudini di consumo.

I locali interni sono una componente essenziale del nostro ambiente. Passiamo, infatti, la maggior parte delle nostre giornate (un buon 90%) “dentro”, p. es. all'interno di appartamenti, uffici, scuole, asili, luoghi di lavoro ed istituzioni pubbliche, ma anche negli “ambienti chiusi” dei mezzi pubblici e privati. La qualità dell'aria di questi ambienti interni diventa quindi un fattore importante per il nostro benessere abitativo e quindi per la nostra salute.

Gli inquinanti degli ambienti interni (“veleni domestici”) possono avere diverse origini: solventi di vernici fresche, mobili, tappeti, pavimenti, ecc. liberano nell'aria composti organici volatili (VOC = Volatile Organic Compounds). Essi si volatilizzano in settimane o mesi. Per le sostanze volatili pesanti, al contrario, occorrono anni o decine di anni per volatilizzarsi. Per quanto oggi proibiti perché cancerogeni, essi sono ancora presenti in vecchi preparati per la protezione del legno (PCF = pentaclorofenolo, lindano, DDT), in materiali per sigillare le fughe o in condensatori per lampade fluorescenti (BPC = bifenile policlorato) oppure anche in collanti contenenti catrame (IPA = idrocarburi policiclici aromatici).

Sebbene le sorgenti d'inquinamento si trovino nelle nostre immediate vicinanze, è

raro tuttavia che possiamo riconoscerne la presenza. Non tutti reagiscono allo stesso modo. Inoltre i sintomi non specifici, talvolta anche cronici, come ad es.: mal di testa, allergie, disturbi di concentrazione, spesso anche malattie da raffreddamento ed in casi estremi tumori, non vengono generalmente relazionati agli inquinanti presenti negli ambienti interni.

Qual è il grado di qualità della nostra aria ambiente e dell'aria che respiriamo?

Con il termine “inquinamento dell'aria”, la maggior parte delle persone intende principalmente l'inquinamento dell'aria esterna causato da pericolose emissioni di complessi industriali, combustibili, centrali elettriche e mezzi di trasporto. Per l'uomo moderno dei Paesi industrializzati, tuttavia, che passa il suo tempo “al chiuso” protetto da freddo, vento e pioggia, l'aria che respira non è l'aria esterna ma al contrario l'aria dei locali interni.

L'aria negli ambienti in cui soggiorniamo può, tuttavia, non essere “migliore” di quella esterna. Al contrario, essa è quasi sempre molto più inquinata. La qualità dell'aria ambiente viene quindi determinata non soltanto dall'aria esterna, ma anche da una varietà di prodotti, usati negli ambienti interni, le cui emissioni si mescolano all'aria interna, insieme a quelle delle persone. Le sorgenti di inquinamento sono molteplici. Le sostanze inquinanti provengono fra le altre da:

1. fondamenta (ad es. inquinamento radioattivo da radon);

2. materiali edili (inquinamento radioattivo da cemento di altiforni o da pomice; emissioni di additivi nei materiali edili; inquinanti tossici come BPC in materiali sigillanti per le fughe ad elasticità permanente; idrocarburi cancerogeni da prodotti a base di catrame);
3. elementi costruttivi interni (nel cappotto di tetti e pareti, negli intonaci, nei tappeti, nei rivestimenti dei pavimenti, nei colanti);
4. mobilia (armadi, mobili della cucina e del bagno, letti, arredi imbottiti);
5. utilizzo (prodotti per il bricolage ed il fai-da-te, detersivi e prodotti per la cura, aspirapolvere, fumo da tabacco, elettrosmog, antiparassitari).

È abbastanza semplice evitare le sorgenti inquinanti dalle fondamenta e dai materiali edili: quando si compra un terreno edificabile, si dovrebbero scansare le zone ad elevata concentrazione di radon, in cui i gas penetrano dal terreno fino dentro le abitazioni passando attraverso minuscole crepe o fughe. Un materiale radioattivo, come p. es. la pomice, può essere sostituito con altri materiali, l'impiego di BPC è a tutt'oggi

proibito nei materiali edili e non si dovrebbero assolutamente utilizzare prodotti catramosi negli ambienti interni. Infine, nel realizzare edifici ad elevata tenuta all'aria, comunque necessaria, si deve impedire che vengano emessi additivi negli ambienti interni, come p. es. sostanze ignifughe o conservanti per materiali edili (→ pag. 68).

La qualità dell'aria interna dipende quindi essenzialmente dalla qualità



- dell'aria esterna
- della località in cui si trova l'edificio
- dagli interni dell'edificio
- dalla mobilia
- dall'utilizzo,

dipende quindi prevalentemente dalla casa!

Il compito più importante consiste pertanto nel riconoscere gli inquinanti, evitando le probabili sorgenti chimiche di inquinamento dell'aria interna (che respiriamo). Solo in questo modo si può garantire un vivere ecologico e quindi salutare all'interno degli edifici (= benessere abitativo).

1.2 Clima ambientale

Da quali fattori dipende, allora, un buon clima ambientale, se esso non è dato dalla qualità dell'aria ambiente con i suoi inquinanti chimici, generalmente provenienti proprio dalla casa stessa?

Chiaramente da fattori fisici di influenza come aria in movimento (spifferi), umidità dell'aria (troppo secca o umida) e temperatura dell'aria (troppo caldo o troppo freddo)!

Sebbene riusciamo ad adattarci alla variabilità delle condizioni esterne dell'aria ("ci acclimatiamo"), esiste una regione specifica, la zona di comfort, all'interno della quale ci sentiamo più a nostro agio. Non si possono stabilire ovviamente dei limiti definiti, ma è, tuttavia, possibile fornire dei valori medi dello stato dell'aria, in cui le persone

avvertono la maggiore sensazione di benessere termico.

In particolare, a parte gli indumenti e le attività corporee, quattro elementi di stato dell'aria hanno una notevole importanza:

- aria in movimento (spifferi)
- umidità dell'aria
- temperatura dell'aria e relativa uniformità
- temperatura superficiale dell'ambiente (inclusi ulteriori componenti come finestre e superfici riscaldanti); in altre parole, la temperatura superficiale interna media.

Il benessere termico (cioè un buon clima ambientale) è considerato tale quando sia

mo soddisfatti dell'umidità dell'aria, del movimento di masse d'aria e della temperatura nelle nostre immediate vicinanze.

Aria in movimento (spifferi)

Mentre all'aperto non percepiamo fastidio dal movimento di una leggera massa d'aria, siamo al contrario molto più sensibili per qualsiasi spostamento d'aria negli ambienti interni: particolare fastidio ci viene procurato quando l'aria in movimento possiede una temperatura minore di quella ambiente ed investe una porzione del nostro corpo in maniera preponderante da una certa direzione. Questi (fastidiosi) spifferi, causati dalle fessure e dalle fughe dell'involucro termico dell'edificio, possono essere evitati mediante una tipologia costruttiva ermetica al passaggio di vento e di aria (tenuta al vento e all'aria).

Umidità dell'aria

L'umidità dell'aria viene indicata con il termine "umidità relativa" [%] (→ pag. 92).

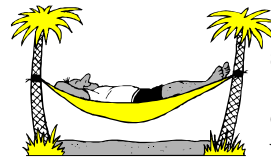
In condizioni di umidità inferiore a circa 35%, si è osservato che è favorita la formazione di polvere, a causa dell'aria troppo secca e che la combustione della polvere sugli elementi riscaldanti dà origine p. es. ad ammoniaci ed altri gas, che irritano gli organi di respirazione. Anche le parti in plastica si caricano elettrostaticamente, attirando ulteriori particelle di polvere. Le mucose della parte superiore del nostro sistema di respirazione si seccano. Pertanto si consiglia in inverno una umidificazione dell'aria ambiente almeno al 35%, che al tempo stesso previene le infreddature.

Per una umidità relativa superiore al 70%, si forma sulle zone più fredde una leggera condensa (punto di rugiada → pag. 198); inoltre, su tutte le parti della stanza che contengono sostanze organiche si può osservare la formazione di muffa e marciume, che non solo rilasciano odori, ma possono anche essere nocivi per la salute. In aggiunta, possono avvenire anche danni alle

strutture ed ai materiali. Poiché il raffrescamento del corpo umano avviene in parte mediante evaporazione dalla pelle, l'umidità dell'aria ambiente ha dunque un influsso importante sul benessere abitativo. L'effetto di evaporazione dipende solitamente dagli stessi rapporti fra differenza di pressione di vapore dell'acqua sulla superficie cutanea e del vapore d'acqua contenuto nell'aria. Alla temperatura standard di 20°C, la cessione di calore tramite evaporazione gioca un ruolo minore. Perciò, anche l'umidità dell'aria ha conseguentemente un'influenza minore.

Tuttavia, l'umidità dell'aria inizia a ricoprire un ruolo dominante per temperature dell'aria ambiente estremamente elevate, poiché in questo caso la sua influenza sull'evaporazione cutanea aumenta considerevolmente. Col 60% di umidità relativa, si inizia a sudare già a 25°C, col 50% solo a partire da 28°C. Umidità relative superiori al 70% ostacolano la cessione del calore umano in maniera così seria da essere percepite come estremamente fastidiose. Si inizia a parlare di "afa" a partire da circa 12 g acqua/kg aria (ad es. 81% umidità relativa a 20°C oppure 44% a 30°C).

Poiché non abbiamo nessun sensore corporeo per l'umidità, si consiglia di installare un igrometro (misuratore di umidità) negli ambienti abitati!



Spifferi nelle stanze - no grazie!
Umidità dell'aria compresa nell'intervallo 40 - 60%!

Benessere abitativo
= vivere in maniera confortevole

Temperatura dell'aria

Non è corretto dire che l'uomo si trova nella migliore situazione di comfort p. es. ad una temperatura di 20°C, perché occorre tenere in considerazione anche altri fattori: per il nostro clima, riferendoci a persone vestite, a riposo e con ridotte attività corporee, in

inverno si assume una temperatura dell'aria pari a 21°C, d'estate 22 - 24°C, per temperature esterne nella media. Questa temperatura più elevata presuppone che le persone in estate indossino vestiti più leggeri e che quindi, a parità di temperatura superficiale corporea, necessitino di una temperatura ambiente relativamente più alta per poter mantenere la stessa cessione di calore verso l'esterno. Per una persona svestita si considera ottimale la temperatura di 28°C.

Fra l'altro si è osservato che i locali in cui si trattengono delle donne, come ad es. uffici, devono essere mantenuti generalmente ad una temperatura più elevata, spesso intorno ai 22 - 24°C. Chiaramente qui il vestiario gioca un ruolo importante. Se si indossano indumenti più leggeri, la tendenza è di aumentare la temperatura. Allo stesso modo i locali in cui vivono delle persone anziane (case di riposo) sono mantenuti ad una temperatura un po' più alta, al contrario delle persone giovani che, viceversa, tendono a mantenere temperature più basse. Mantenere una certa temperatura dell'aria è compito del riscaldamento (durante il periodo di riscaldamento).

Temperatura superficiale interna

La temperatura media delle superfici perimetrali in un ambiente (incluse le superfici degli elementi di riscaldamento) è responsabile del riscaldamento delle persone e, dunque, del loro benessere abitativo.

Temperatura dell'aria e temperatura media superficiale interna influiscono (in egual misura) in maniera notevole su questo riscaldamento. Pertanto, assumendo come generalmente adeguata una temperatura dell'aria intorno ai 22 - 24°C, si presuppone, che la temperatura media superficiale dei componenti edili che ci circondano, sia all'incirca uguale a quella dell'aria.

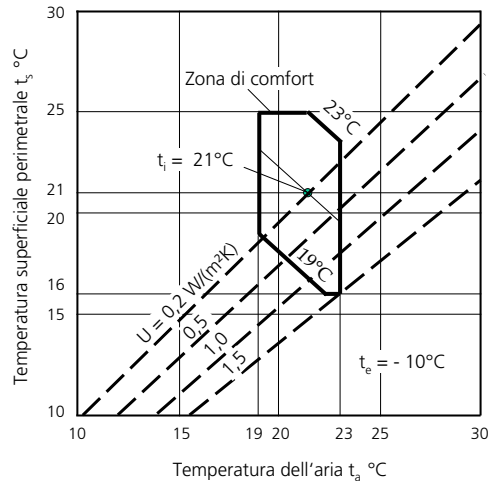
Se ad es. la temperatura dei muri è sensibilmente più bassa (di 4°C o più) della temperatura dell'aria, che è quanto accade in inverno soprattutto in edifici poco coibentati, allora una temperatura ambiente di

20°C viene percepita come troppo bassa (si ha infatti una perdita di calore corporeo troppo elevata) e deve quindi essere aumentata per garantire un certo benessere - a fronte, tuttavia, di un grosso dispendio di energia!

Temperatura dell'aria ambiente

La media fra temperatura dell'aria e superficiale interna viene chiamata "temperatura percepita" o anche "temperatura dell'aria ambiente".

Si percepiscono come confortevoli temperature dell'aria ambiente comprese nell'intervallo di 19 - 23°C ed con umidità relative comprese fra il 40 e 60%. In particolare, la differenza fra temperatura dell'aria e temperatura delle superfici perimetrali (ad es. temperatura dei muri esterni) deve essere più piccola possibile:



Un'elevata coibentazione di tutti i componenti [U circa 0,2 W/(m²K)] è il miglior presupposto per alte temperature superficiali interne e di conseguenza per la massima sensazione di comfort, risparmiando nel contempo energia - cfr. grafico.

Esaminando il caso di un muro esterno, diventa chiaro che coibentare non ha un effetto positivo solo sull'innalzamento della temperatura superficiale interna, che provoca un adeguamento alla temperatura