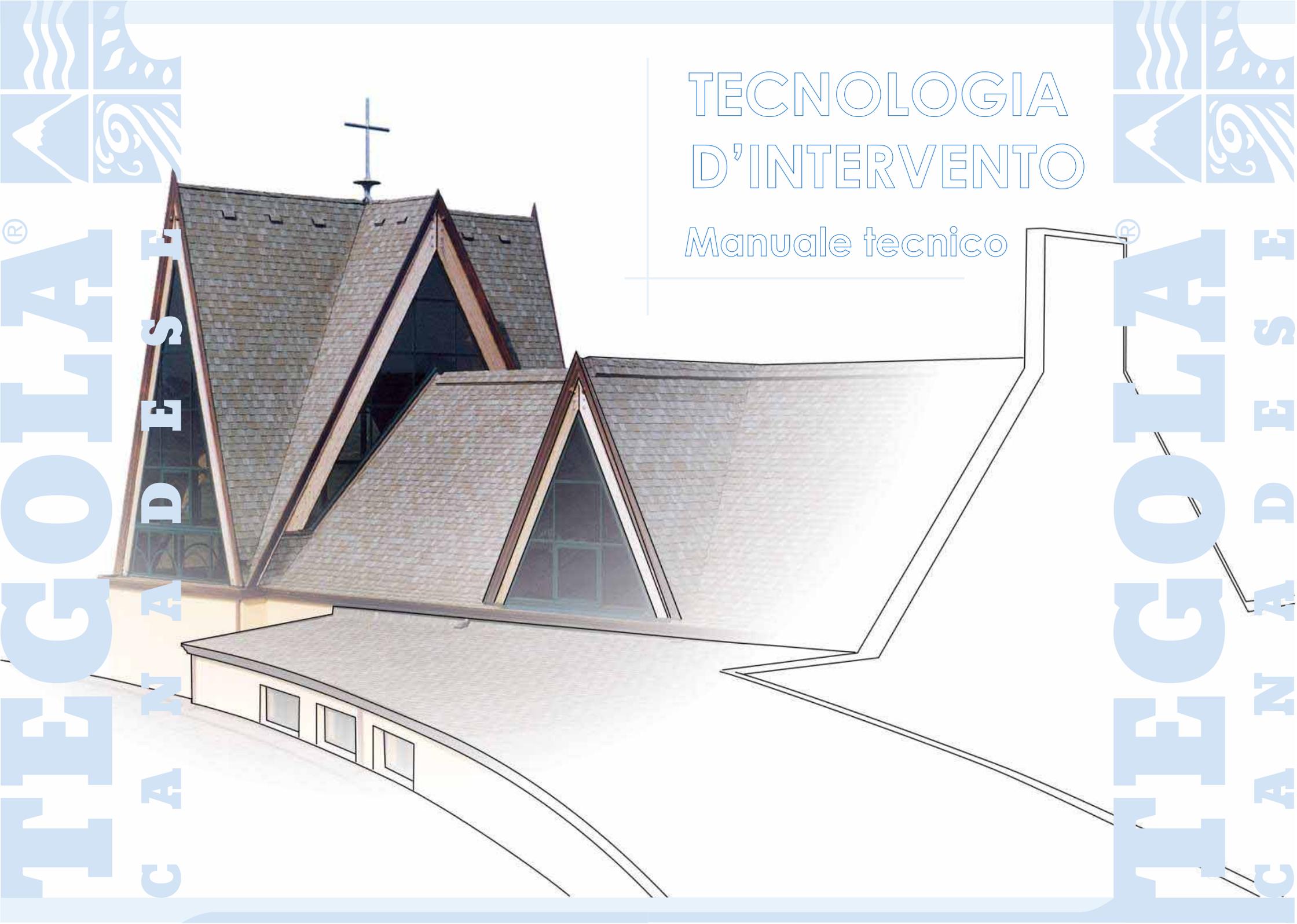


# TECNOLOGIA D'INTERVENTO

Manuale tecnico



TEGGOLA  
CANADESI<sup>®</sup>

TEGGOLA<sup>®</sup>  
CANADESI

Nella progettazione e realizzazione di edifici, la copertura viene spesso sottovalutata nonostante aspetti quali la difesa dalle intemperie, la sua estetica e la sua durata siano di primaria importanza. La legislazione è un valido supporto alla progettazione perché regola una prassi ma, d'altra parte, lascia al progettista e alla sua esperienza il compito di valutare le specifiche esigenze e individuare le soluzioni più opportune. Per questa ragione nasce "Tecnologia d'intervento" per aprire uno spazio, un luogo di scambio di informazioni, con lo scopo di migliorare il "confort di vita" del fruitore finale, degli Edifici ed aiutare i progettisti

Manuale tecnico di Tegola Canadese  
Ideaione, cordinamento, testi e disegni  
Fulvio Cappelli  
Stefano Corva

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge e convenzioni internazionali.  
È consentita la riproduzione citando la fonte.  
© Copyright 2006 Tegola Canadese SpA, Vittorio Veneto (TV)

## INDICE

□ <b>Introduzione</b> <b>Note generali</b>	<b>Pag 1</b>
□ <b>Capitolo 1</b> <b>Ambiente e edilizia</b>	<b>Pag 3</b>
○ La direttiva europea sul rendimento energetico degli edifici	Pag 4
○ Prassi progettuale e direttiva europea 2002/91 CE	Pag 5
○ In Italia	Pag 6
○ L'involucro	Pag 8
□ <b>Capitolo 2</b> <b>Le coperture e i problemi stagionali</b>	<b>Pag 13</b>
○ Tetto caldo	Pag 14
○ Tetto ventilato e benessere termoigrometrico	Pag 17
○ Dimensionamento del tetto ventilato	Pag 19
○ Analisi comparative	Pag 20
○ Controllo del vapore	Pag 21
○ Conclusioni	Pag 25
□ <b>Capitolo 3</b> <b>Manti di copertura</b>	<b>Pag 27</b>
○ Cenni storici	Pag 29
○ Manti in tegole bituminose	Pag 30
○ Metodi applicativi	Pag 32
□ <b>Capitolo 4</b> <b>Tetti di nuova progettazione</b>	<b>Pag 33</b>
○ Tetti ventilati con struttura in latero cemento con sottotetto non abitato	Pag 34
○ Tetti ventilati con struttura in latero cemento con sottotetto abitato	Pag 36
○ Tetti ventilati con struttura in legno con sottotetto non abitato	Pag 38
○ Tetti ventilati con struttura in legno con sottotetto abitato	Pag 40
○ Tetti ventilati con struttura in ferro con sottotetto non abitato	Pag 42
○ Tetti ventilati con struttura in ferro con sottotetto abitato	Pag 44
○ Tetti caldi con sottotetto non abitato	Pag 46
○ Tetti caldi con sottotetto abitato	Pag 48
□ <b>Capitolo 5</b> <b>Rifacimenti dei tetti</b>	<b>Pag 51</b>
○ Interventi su strutture in latero cemento	Pag 52
○ Interventi su impermeabilizzazioni bituminose esistenti	Pag 52
○ Interventi su coperture in lamiera metallica	Pag 53
○ Interventi su coperture in cemento amianto	Pag 54
○ Coperture a bassa pendenza	Pag 55
○ Coperture in montagna	Pag 56
○ Aerazione dei sottotetti non abitati	Pag 57
□ <b>Appendice</b> <b>Tavole di riferimento</b>	
○ Metodi d'applicazione della Tegola Canadese	Pag 59
○ Dimensionamento della camera di ventilazione	Pag 61
○ Piani di posa ottimali	Pag 62
○ Carico neve e spinta del vento	Pag 67
○ Isolamento termico delle chiusure	Pag 69
○ Tavole di riferimento per il calcolo delle chiusure	Pag 71
○ La condensa nei tetti (il punto di rugiada)	Pag 73
○ Tabella di comparazione gradi- percentuale	Pag 75

## NOTE GENERALI:

## EVOLUZIONE DELLE COPERTURE IN RELAZIONE ALLE MODIFICATE ESIGENZE

Le infrastrutture pubbliche e gli edifici civili esprimono e rappresentano lo stato sociale e culturale di una nazione. Attraverso le epoche ogni civiltà riflette la propria cultura nell' "architettura civile" e nelle "opere pubbliche" mediante diverse rappresentazioni. Anche se è possibile individuare maggiori affinità tra alcune culture rispetto ad altre, tutte sono orientate nell'offrire alla progettazione e alla realizzazione delle opere la più efficiente e la migliore tecnologia possibile.

Risalendo indietro nel tempo, l'uomo primitivo identificava nella copertura quella stratificazione di elementi che soddisfaceva il suo bisogno fondamentale di procurarsi un ricovero per proteggersi dagli agenti atmosferici. E' attorno alla copertura, nel senso appunto di rifugio, che si sviluppa dapprima una tecnica, e poi una vera e propria tecnologia della costruzione che fino al XIX-XX sec. è rimasta legata, più che all'innovazione, al miglioramento delle tecniche tradizionali come è chiaramente visibile dalla manualistica di fine '800.

Si era comunque ben lontani dall'aver risolto tutti i problemi di abitabilità delle costruzioni che continuavano ad essere essenzialmente una protezione dall'ambiente esterno, ostile ed aggressivo, più che un luogo di piacevole soggiorno e di comodi servizi. Ne sono dimostrazione ancora evidente i castelli, i palazzi nobiliari o le antiche case dei centri storici, tutte costruzioni affascinanti dal punto di vista "formale", ma non certo da quello del confort abitativo.

Con l'epoca industriale e la scoperta di nuovi materiali da impiegare in edilizia, cominciano ad emergere nuove tecniche e nuove tecnologie che si affiancano a quelle tradizionali ed in parte le sostituiscono. Sono però, prevalentemente, soluzioni sperimentali che migliorano dettagli e metodi realizzativi relativi alle problematiche tradizionali, ma che non affrontano la visione d'insieme del manufatto e producono spesso effetti indiretti e spiacevoli sulla vivibilità.

Anche in epoca contemporanea, nella progettazione delle abitazioni, si tiene conto soprattutto dell'apparenza, relegando l'aspetto puramente tecnico della stratificazione dei componenti della costruzione a semplici regole, dettate più dall'esperienza che da una concreta sperimentazione. Oggi è facile trovare prescrizioni, esempi o tabelle per definire la quantità dei consumi energetici invernali degli edifici ma è difficile scegliere la giusta soluzione per rendere confortevole l'abitazione d'estate quando il problema si inverte e cioè quando il calore è prodotto all'esterno della casa e gli ambienti vanno mantenuti a una temperatura fisiologicamente gradevole.

Oltre a ciò si chiude ermeticamente l'ambiente interno con serramenti a tenuta o doppi vetri, si costruiscono stanze da bagno sempre più perfette, cucine degne di un ristorante e non si prevede la necessità di smaltire efficacemente la produzione di vapore acqueo o di assicurare un buon ricambio d'aria agli ambienti. Il tetto, permetteteci l'espressione è il "parente povero" della costruzione e ad esso viene riservata un'attenzione a dir poco marginale.

Con le prossime sezioni prenderemo in esame l'involucro e in particolar modo l'elemento "tetto" valutandone le caratteristiche in modo da ottimizzarne le prestazioni per garantire al fruitore finale il miglior (l'adeguato) confort abitativo possibile, distribuendo diversamente gli strati funzionali che compongono la copertura.

## AMBIENTE E EDILIZIA

Due elementi contrapposti danno origine alla necessità di definire cosa sia la sostenibilità ambientale e in particolare modo di definire ciò che è possibile fare per contenere il degrado ambientale; l'uomo che chiede spazi abitativi confortevoli e salubri, e la consapevolezza che il settore dell'industria edile è quello che produce un importante impatto ambientale.

- In particolare modo se analizziamo il ciclo di vita di un edificio possiamo evidenziare delle fasi che producono effetti impattanti:
- la costruzione
- la manutenzione
- l'approvvigionamento di risorse energetiche per il suo funzionamento
- la dismissione o demolizione

Per meglio definire l'effetto impattante che ha il settore edilizio sull'ambiente riportiamo alcuni valori che lo riguardano:

- un assorbimento pari al 45% dell'energia prodotta in Europa
- il 50% di inquinamento atmosferico
- il 50% delle risorse naturali sono destinate all'edilizia
- il 50% dei rifiuti europei provengono da questo settore

In seguito a valutazioni comunicate dall'ENEA, basate su studi condotti negli ultimi 30 anni, emerge un trend in continua crescita che spinge alcuni studiosi del settore a parlare di "fattore 4" e cioè di quadruplicare l'inefficienza inducendo come effetto un miglioramento sostanziale del benessere a tutti i livelli e a tutte le scale. Gli obiettivi che dobbiamo porci devono essere alti anche se, d'altra parte, non possiamo neanche trascurare i primi segnali positivi come la riduzione del 10% delle emissioni di CO<sub>2</sub> ma siamo consci che si tratta di una sfida collettiva e dobbiamo spingerci "oltre".

Il rapporto di BRUNDTLAND redatto dopo uno studio condotto tra il 1983-1987 cita per la prima volta il termine "sviluppo sostenibile" definendolo come la volontà di garantire lo sviluppo della società e il benessere delle persone ponendo come limite le capacità dell'ambiente di sostenere tale sviluppo, si tratta di una sfida collettiva.

Inoltre nel dicembre 1997 il protocollo di Kyoto delinea per la prima volta una volontà su scala planetaria per la salvaguardia dell'ambiente, ma dobbiamo attendere settembre 2004, quando con la ratifica della Russia si raggiunge il numero di adesioni necessarie per consentire l'entrata in vigore dello stesso, che avviene il 15 febbraio 2005. Ovviamente tale protocollo influenza il campo delle costruzioni che devono ridurre la domanda di energia attraverso l'edificazione di manufatti a basso consumo energetico.

Nel 2004 il parlamento Europeo approva la direttiva "Emissions Trading", ossia il commercio dei diritti di emissione, che obbligherà le imprese europee a rispettare un tetto massimo di emissioni entro il 2010.

L'Italia, tra i primi firmatari del protocollo di Kyoto, lo recepisce nel 1998 con la delibera "CIPE" altrimenti nota come le "linee guida per le politiche e le misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra". Nel successivo documento del Ministero dell'ambiente "Strategia d'azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia" viene ripreso il CIPE e vengono specificati diversi punti per delineare obiettivi nel campo termo-tecnico e delle fonti rinnovabili. Con riferimento al settore edilizio si specifica l'implementazione della valutazione del ciclo di vita dei prodotti "LCA"; con rif. al DPR 412/93 per la riduzione dei consumi elettrici per il riscaldamento e il condizionamento,

tramite interventi di manutenzione che riducano le dispersioni.

Nel febbraio 2001 il libro verde della comunità Europea "politica integrata di prodotto" ha come obiettivo quello di orientare il mercato verso prodotti sostenibili, con la promozione di strumenti di politica integrata orientata sia allo sviluppo di prodotti sostenibili che alla sensibilizzazione di una committenza che apprezzi la necessità di tali prodotti. Si mira a far superare il tradizionale metodo con cui si progettano prodotti, ora basati sulla sola analisi della produzione e dei processi produttivi. La Comunità Europea quando parla di politica integrata, pensa ad nuovo metodo progettuale strutturato sull'intero ciclo di vita dei prodotti. La necessità di coinvolgere tutti gli attori (Extended producer responsibility) che convergono nella produzione di oggetti o manufatti, in tutte le fasi del ciclo di vita degli stessi e su tutte le scale a partire da quella locale fino a quella ambientale-planetary, è lo strumento chiave per lo sviluppo di prodotti che riducano (massimizzino) l'accesso alle risorse naturali, viste come consumi energetici. Questo non solo in una prima fase del ciclo di vita ma in tutta la stessa, producendo un impatto ambientale sostenibile e coerente con le necessità del fruitore.

È necessario operare su diverse filiere, a partire da quella locale, modificando le attività produttive e/o la produzione. Ciò avviene o per modificata richiesta del mercato o più probabilmente per lo sviluppo di normative che veicolino l'innovazione di prodotto e di processo in termine ambientale, focalizzando l'attenzione sulla durabilità, la manutenzione, l'aggiornabilità, il disassemblamento e la riciclabilità. Altresì, con la condivisione della responsabilità si mira all'individuazione dei principali attori del processo di consumo e di inquinamento.

## LA DIRETTIVA EUROPEA sul rendimento energetico degli edifici

La direttiva "ENERGY PERFORMANCE OF BUILDING" del 2002 si occupa del rendimento energetico degli edifici, con l'obiettivo di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>. Il settore edile è uno dei principali attori in gioco poiché è tra i più insaziabili fruitori di energia (si considerino in particolar modo le emissioni di anidride carbonica prodotta dagli impianti di riscaldamento).

Va tenuto conto che gli edifici ad alto livello di termo-coibenza possono ridurre il proprio fabbisogno di energia fino al 60% tramite:

- L'incremento nell'uso di materiali isolanti o loro migliore distribuzione
- Il corretto orientamento dell'edificio rispetto al sole
- Un migliore rapporto tra parti opache e vetrate e le superfici di contatto con il terreno
- Lo sfruttamento passivo dell'energia solare con parti vetrate a sud, schermabili in estate.
- Lo sfruttamento attivo dell'energia solare tramite collettori e celle fotovoltaiche
- L'uso di impianti ad alto rendimento energetico
- La ventilazione

La direttiva inoltre prevede che ciascun Stato membro della Comunità Europea provveda entro il 4 gennaio 2006 a pianificare un metodo di certificazione del rendimento energetico e ad istituire parametri di riferimento minimi negli edifici di nuova costruzione e in ristrutturazione (per questi ultimi con superficie utile maggiore di 1000 m<sup>2</sup>).

A partire da tale data tutti gli atti di compravendita immobiliare dovranno essere accompagnati da certificati che attestino il consumo energetico dell'edificio.

La direttiva non fa riferimento a parametri o prescrizioni progettuali, delega a

ciascuna nazione la stesura di indicazioni specifiche.

Due sono gli strumenti utilizzati con maggior frequenza:

- Fissare dei limiti di riferimento
- Introdurre una certificazione energetica dell'edificio a carico del venditore.

Lo stato italiano ha recepito tale direttiva con il Decreto Legislativo n.192 del 19 agosto 2005 che pone tra i suoi obiettivi il miglioramento dell'efficienza energetica e la riduzione delle emissioni inquinanti del settore civile (residenziale e terziario) che assorbe oltre il 30% dell'energia utilizzata dal paese, orientando le modalità costruttive verso soluzioni più efficienti sotto il profilo dei costi, caratterizzate da un più elevato risparmio di energia nell'esercizio degli edifici e degli impianti in essi installati o ad essi associati.

## PRASSI PROGETTUALE E DIRETTIVA EUROPEA 2002/91/CE

L'obiettivo principale della Direttiva Europea 2002/91/CE è di migliorare le prestazioni energetiche degli edifici, fornendo inoltre linee guida per una progettazione più accorta e sensibile nei confronti dell'ambiente verso una riduzione delle emissioni di gas nocivi.

I campi di intervento spaziano dalle tecnologie e dalle tipologie costruttive, alle soluzioni impiantistiche per ottimizzare i sistemi di riscaldamento e raffrescamento. In questo contesto si inseriscono una serie di normative recepite dalle UNI, che si dimostrano essere un valido strumento a supporto dei progettisti che fin da ora, vogliono misurarsi sul percorso della riduzione dei consumi. Risulta importante innanzi tutto studiare e progettare edifici con un valido comportamento passivo. Una soluzione progettuale definita "passiva" contribuisce al risparmio energetico puntando sulla riduzione dei consumi di fonti primarie ottimizzando viceversa gli apporti gratuiti, naturalmente mantenendo un buon comfort interno degli ambienti. Per fare questo occorre valutare attentamente l'influenza e la correlazione di fattori quali forma, massa, trasmittanza termica dei componenti, percentuali di superfici vetrate e non. Per valutare gli effetti dei suddetti parametri si ricorre ad indicatori di prestazione rappresentativi del comfort interno quali, ad esempio, temperatura dell'aria interna e la temperatura radiante dalle superfici dell'ambiente. I parametri che influenzano il comportamento dell'edificio, tuttavia, non sono legati esclusivamente alle sue caratteristiche fisiche o morfologiche, ma sono importanti per ovvi motivi anche i fattori climatici che determinano i carichi termici a cui il sistema è sottoposto ed i potenziali apporti gratuiti.

Non ultime ci sono le considerazioni economiche in merito a quanto sia conveniente adottare una soluzione piuttosto che un'altra, anche valutando l'effettivo beneficio rispetto all'investimento di specifiche soluzioni passive, attive o miste.

Ambientale

- La valutazione dei dati climatici, con riferimento alla norma UNI 10349 e specificatamente: temperatura, irraggiamento solare, vento e umidità relativa.
- La valutazione della morfologia e dell'urbanizzazione presente nel sito di costruzione che quindi tenga conto della forma del terreno, della presenza di elementi inquinanti (acustici e ambientali), della presenza di corsi d'acqua e della possibile ombra dovuta ad alberi e/o edifici limitrofi

#### Tipologico

- La forma compatta
- L'orientamento e la distribuzione sia delle unità abitative che dei vari locali
- I sistemi vetrati, il loro rapporto con le superfici opache, il loro orientamento la loro distribuzione per la determinazione dei relativi apporti energetici in inverno, per il controllo dell'irraggiamento estivo e per il livello di illuminazione naturale.
- La presenza di schermature e/o spazi filtro (dai brise-soleil ai porticati ad assetto variabile o fisso tra estate e inverno)

#### Tecnologico costruttivo

- L'isolamento termico per le parti opache e le finestre ad alte prestazioni termiche
- L'utilizzo passivo dell'energia solare tramite accumulatori di calore, aperture....
- L'integrazione di tecnologie solari attive (collettori solari, pannelli fotovoltaici...)
- L'utilizzo di tecnologie ad alto rendimento (pompe di calore, corpi illuminanti ed elettrodomestici in alta classe d'efficienza...)

## IL PANORAMA ITALIANO

L'Italia ha percorso i tempi emanando la Legge 10/91 con l'obiettivo di ridurre i consumi energetici anche se da allora i decreti attuativi si sono fatti attendere.

Il DM 02/04/1998 "modalità di certificazione delle caratteristiche e delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti ad essi connessi" obbliga tutti i prodotti alla certificazione, ma oggi è il Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192, in attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico, lo strumento normativo/operativo a cui fare riferimento.

Consumi energetici ed impatti ambientali si orientano su due linee; l'una per produzione, messa in opera e dismissione dei componenti edilizi, l'altra per la gestione in fase d'utilizzo dell'edificio.

Quest'ultima è estremamente rilevante in quanto, oggi, negli edifici di nuova costruzione le risorse impiegate sono (stimando una vita dell'edificio pari a 50 anni) dieci volte superiori a quelle necessarie per la realizzazione dell'opera e per la produzione dei materiali che la compongono.

Per questa ragione in Europa si stanno diffondendo ed analizzando edifici a basso consumo energetico, che a fronte di un maggior costo iniziale, richiedono per il loro funzionamento meno del 50% delle risorse oggi utilizzate, in fase a regime. Poiché non esiste un'esplicita richiesta di mercato per la realizzazione di tali edifici, i progettisti e/o le imprese non tendono ad investire sui costi di costruzione, per porre sul mercato abitazioni ad inferiore consumo energetico ma che hanno prezzi d'acquisto più alti.

Comunque il fine è la ricerca di edifici altamente efficienti dal punto di vista energetico e che garantiscano un abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Per meglio capire possiamo definire un livello energetico di riferimento per gli edifici a basso consumo compreso tra a 25-60 kWh/m<sup>2</sup> a . Tale "range" si discosta notevolmente dal costruito anche in tempi molto recenti, dove i consumi energetici sono notevolmente superiori; almeno doppi.

Il fatto di aver realizzato, nel corso degli anni, edifici senza particolari criteri di risparmio energetico e il non aver adempiuto ad una efficiente manutenzione, ha portato alla condizione in cui per mantenere la temperatura di progetto (che oggi è ~ 20°C) occorre un elevato dispendio energetico. Nella stagione fredda si verifica un flusso di calore dagli ambienti

interni, più caldi, verso l'esterno, freddo. Per compensare ciò è necessario produrre calore in modo da mantenere costante la temperatura di progetto (~20°C) che si definisce fabbisogno termico (UNI EN 832). Si definisce poi il fabbisogno energetico come la quantità di energia, fornita dal sistema di riscaldamento, necessaria a soddisfare il fabbisogno di calore (dipende dal rendimento energetico degli impianti).

Il rendimento energetico di un edificio (direttiva 2002/91/CE) è la quantità d'energia necessaria per soddisfare i bisogni di riscaldamento, raffrescamento e illuminazione; per essere calcolato si considerano:

- La coibentazione
- Il tipo di riscaldamento
- Il condizionamento
- L'impiego di fonti rinnovabili di energia.

Per calcolare il flusso di calore in regime costante è necessario conoscere la temperatura esterna minima di progetto (UNI 10349) e la temperatura interna minima di progetto secondo destinazione d'uso (DPR 412/93).

Le dispersioni di calore da considerare sono:

- La trasmissione verso l'esterno
- La trasmissione verso locali non riscaldati
- I ponti termici
- La ventilazione dei locali

La procedura per il calcolo del fabbisogno termico è riportata nella UNI 7357/74.

Nel calcolo vengono trascurati gli apporti di calore dovuti all'irraggiamento solare ed ai carichi interni (illuminazione, presenza di persone, cottura di cibi...) che vengono considerati invece nel calcolo del FEN, valutazione del fabbisogno energetico annuo dell'edificio (UNI 10344), uno degli indicatori di prestazione energetica richiesti dalla Legge 10/91.

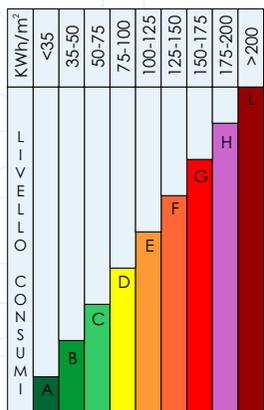
Tale legge ha fissato tre criteri per determinare le prestazioni energetiche ed i consumi di un edificio:

- Cd, potenza dispersa per trasmissione [W/m<sup>2</sup>K]
- FEN, fabbisogno di energia primaria consumata dall'edificio in una stagione di riscaldamento [kJ/m<sup>3</sup>kg]
- ηg, rendimento globale medio stagionale (efficienza complessiva edificio-impianto)

Prima della Legge 10/91 l'involucro edilizio e l'impianto di riscaldamento venivano considerati come indipendenti e consequenziali nel processo progettuale; prima venivano definite le caratteristiche dell'edificio e poi il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento. Successivamente sono stati posti in relazione la potenza dell'impianto, con le dispersioni termiche e gli apporti gratuiti.

Ne consegue che, anche se non può essere disgiunto da una valutazione degli impianti, la più efficace strategia di risparmio energetico è la limitazione delle dispersioni attraverso un adeguato isolamento termico delle chiusure. Ciò è indicato dalla Legge 10/91, quando introduce il coefficiente volumico di dispersione termica per trasmissione (Cd), che indica la potenza massima dispersa per trasmissione attraverso le chiusure opache e trasparenti dell'edificio, in condizioni stazionarie e in corrispondenza del maggiore salto termico di progetto (temperatura minima stagionale esterna). Il Cd di Legge si determina in funzione dei gradi giorno (gg) della località e del rapporto S/V (superficie disperdente/volume lordo riscaldato). Nel caso di riscaldamento autonomo il Cd deve essere riferito al singolo alloggio.

Il nuovo fronte della ricerca riguarda l'ottimizzazione del rendimento energetico e l'individuazione di fonti energetiche alternative, "pulite", per ridurre gli impatti ambientali, la speranza è di portare ad una riduzione della



Graf.1

$$Cd_{prog} = Q_{tot}/V (T_i - T_e)$$

Q<sub>tot</sub>: somma delle dispersioni termiche attraverso l'involucro  
V: volume lordo dell'edificio

domanda energetica a monte con l'utilizzo di soluzioni a risparmio energetico reale.

Da non trascurare la possibilità, a fronte di un maggiore investimento nell'edificio in fase costruttiva, di concretizzare:

Risparmio energetico ⇨ confort ⇨ salubrità

È ovvio che tutto sarebbe più semplice se un'adeguata campagna di mercato sensibilizzasse il cliente verso i benefit:

Cliente ⇨ domanda ⇨ offerta di mercato

Ad ogni modo, stanno prendendo piede regolamenti di ordine nazionale e internazionale volti a ciò, ne sono un esempio la Direttiva Europea EPBD 2002/91/CE e la Legge 10/91 con i relativi decreti applicativi in corso di elaborazione. Il primo tra questi è Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192 che stabilisce i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico.

In sostanza sono tre gli aspetti tecnici da analizzare e/o nelle nuove progettazioni:

1. La resistenza termica per il contenimento dei consumi energetici invernali.
2. La massa superficiale per limitare il fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva.
3. La traspirabilità della chiusura.

## L'INVOLUCRO

I sistemi di involucro negli ultimi anni sono stati interessati da una notevole evoluzione, sia per la comparsa di nuovi componenti e sistemi, sia per una maggiore attenzione al problema della riduzione dei consumi energetici ed a quello del benessere degli ambienti.

Questa evoluzione ha coinvolto le strutture murarie, le coperture e gli infissi.

Per quanto riguarda il riflesso di questi orientamenti sui sistemi costruttivi, si deve rilevare che, al contrario di quanto avviene da noi, le linee di tendenza europee si muovono verso soluzioni di iper-isolamento che consentono di rendere maggiormente praticabile l'utilizzo dell'energia solare. Ciò richiede peraltro lo sviluppo di applicazioni progettuali non puramente concentrate sulle tecniche costruttive, ma anche e soprattutto sullo sviluppo di modelli architettonico-tecnologici con un approccio integrato. Un aspetto particolare che riguarda il nostro paese è la climatologia estremamente differenziata, che richiede sviluppi progettuali e costruttivi altrettanto differenti, al contrario di quanto si registra attualmente.

Se quindi gli sviluppi tecnologici che hanno interessato l'involucro appaiono oltremodo importanti, ciò che manca ancora è la diffusione di una cultura del progetto che sappia mettere insieme le potenzialità tecnologiche, allo sviluppo di architetture coerenti con il clima e con gli obiettivi di qualità ambientale, rispetto a tutti gli aspetti connessi al concetto di sostenibilità.

Il Cib (International council for research and innovation in building and construction) ha prodotto un documento, intitolato "Agenda 21", che fa il punto sulla attuale situazione e prefigura le strategie di sviluppo. Il tema della sostenibilità costituisce l'elemento trainante del documento. Molti sono gli aspetti che sono aggregati al concetto di sostenibilità nel

settore delle costruzioni. Tra questi ricordiamo:

- La sostenibilità economica (domanda di mercato, ciclo di vita, analisi del valore, processo di costruzione, gestione, eccetera),
- La sostenibilità funzionale (funzioni obiettivo, qualità ambiente interno, prestazioni tecniche, durabilità, eccetera),
- La sostenibilità ambientale (risorse naturali, bio-diversità, tollerabilità naturale, carichi ambientali, eccetera),
- La sostenibilità umana e sociale (stabilità sociale, ambiente costruito, trasporti, salute, estetica, aspetti culturali, eccetera).

In particolare, limitandoci agli obiettivi di questo intervento, in tale documento vengono individuate come strategiche le seguenti azioni:

- Sviluppo di processi di progettazione integrati
- Miglioramento degli standard ambientali
- Modifica del progetto/percorso del processo edilizio

Tali azioni evidenziano come uno sviluppo innovativo del settore non può basarsi solo sulla innovazione di prodotto, ma richiede una riconcettualizzazione dell'intero processo edilizio in tutto il suo arco di sviluppo, a partire dalla pianificazione, alla progettazione, fino alla gestione e alla dismissione. Tutto ciò richiede la messa a punto di una gestione della struttura (management framework) in assenza del quale il concetto di sostenibilità non può che essere sterile e non operativo.

*Per quanto attiene al settore dei materiali e dei componenti edilizi, si è registrato e si registra un percorso innovativo piuttosto consistente e dinamico, anche se non sempre allineato rispetto alle necessità indotte dagli obiettivi di sviluppo.*

*Questo sviluppo mette oggi a disposizione dei progettisti una varietà di tecnologie che allarga le potenzialità di sviluppo tecnico e prestazionale nel progetto di sistemi di involucro innovativi, maggiormente orientati alle tematiche ambientali.*

*D'altro canto si registra lo sviluppo positivo della ricerca nel settore della scienza delle costruzioni (building science) nelle sue specificità connesse alla fisica ambientale, alla scienza, alla durabilità dei materiali, alla messa a punto di strumenti di modellazione, di simulazione previsionale del comportamento in opera di sistemi e componenti.*

**Esistono quindi le premesse per rendere più colto e responsabile il progetto edilizio, ma purtroppo si deve notare come le potenzialità di innovazione e di sviluppo inscritte in tali percorsi non sembrano incidere che marginalmente sugli standard correnti del progetto edilizio e architettonico. Le prassi progettuali si muovono tuttora su iterazioni risolutive, su sistemi costruttivi che non tengono conto dei nuovi obiettivi e che anzi presentano livelli di affidabilità tali da prefigurare costi di manutenzione e di gestione poco coerenti con il concetto di sostenibilità e tali quindi da condizionarne pesantemente lo sviluppo.**

Vi è quindi la necessità di sviluppare pratiche professionali in cui sia potenziata l'integrazione tra disegnatori, ingegneri, produttori e che si avvalgano di strumenti avanzati (tools) di progettazione soprattutto sul versante ambientale.

Ci riferiamo in particolare alla qualità dell'ambiente confinato e alla durabilità dei sistemi costruttivi che incidono notevolmente sulla possibilità di fare fronte ai nuovi obiettivi e che trovano in un nuovo modo di sviluppare il progetto tecnologico ed architettonico, lo strumento primario risolutivo. Le unità tecnologiche maggiormente coinvolte risultano evidentemente essere quelle costituenti l'involucro edilizio. L'involucro sviluppa comportamenti molto più complessi, legati alla sua funzione di mediatore tra sollecitazioni di svariata natura provenienti dall'ambiente esterno e condizioni ambientali interne obiettivo da conservare.

In tale concettualizzazione l'involucro diventa esso stesso strumento da cui dipende in larga parte la percezione del grado di confortevolezza dell'ambiente confinato.

Ciò, anche in riferimento alla già richiamata disponibilità di conoscenze nel settore delle scienze edilizie, alla quantità e varietà di prodotti e tecnologie che la dinamica del mercato mette a disposizione, evidenzia la possibilità di riportare sul progetto edilizio funzioni di controllo delle condizioni ambientali interne che, come osservato, sono riconoscibili nella storia più antica delle tecniche di costruzione.

È oggi quindi possibile formalizzare vari assetti risolutivi e quindi le soluzioni prestazionali della chiusura.

Vi è poi un aspetto, tutto italiano, che spinge a operare in questa direzione. Rispetto ad altri Paesi europei, la varietà che caratterizza il nostro clima è veramente notevole. Risulta quindi necessario studiare nuovi modelli di involucro in grado di sviluppare, a seconda della localizzazione specifica, passivamente o attivamente, quella mediazione di cui si è detto, che dipende, come già osservato, anche da una forte sinergia tra formalizzazione architettonica e tecnologia.

Ma se i sistemi tradizionali di involucro reagiscono passivamente alle sollecitazioni ambientali, oggi diventa possibile rendere dinamica la loro risposta prestazionale, attraverso la messa a punto di sistemi con capacità di reagire diversamente in funzione delle dinamiche climatologiche giornaliere e stagionali. Si tratta dei cosiddetti sistemi a isolamento dinamico nei quali la chiusura viene coinvolta nella gestione dell'aria di espulsione e nei quali l'impianto e l'involucro vengono a costituire un vero e proprio sistema integrato (function integrated system).

L'aspetto più interessante da rilevare, per ciò che attiene alla situazione italiana, è la notevole distanza che ci caratterizza rispetto agli standard di isolamento termico che da tempo si vanno sviluppando in Europa.

Come si può osservare dalla tabella 1 le linee di tendenza si muovono verso l'iper-isolamento

Se questo è il trend che prima o poi dovrebbe interessare anche l'Italia, certamente le soluzioni costruttive mostrate basate sull'utilizzo di blocchi cementizi o laterizi alleggeriti, per la loro intrinseca carenza prestazionale dovuta a masse volumetriche, non appaiono risolutive, a meno di una loro integrazione con strati integrativi.

Vi è inoltre da osservare che anche le altre tecniche che vengono prevalentemente impiegate in Italia, come le murature a cassa vuota adottate per edifici con strutture intelaiate, si registra sempre più o meno la difficoltà a controllare i ponti termici.

Nei sistemi a elevato isolamento il controllo accurato dei ponti termici risulta basilare, sia in quanto gli effetti sul versante energetico diventano rilevanti percentualmente, sia perchè si aggravano gli squilibri tensionali (fessurazioni e degradi connessi) e i fenomeni condensativi.

Le linee di innovazione devono quindi muoversi verso sistemi privi di eterogeneità termiche.

Dal punto di vista concettuale le linee di sviluppo innovativo tendono a sostituire i sistemi murari monostrato, che fanno convergere su un unico elemento murario tutte le prestazioni affidate all'involucro, con sistemi dove le varie funzioni che devono essere svolte dalla chiusura sono ripartite su specifici strati funzionali. Risulta evidente come nel primo caso sia difficile l'ottimizzazione prestazionale, in una progettazione multiobiettivo indotta dalla molteplicità delle funzioni da assolvere. Oltre che una maggior chiarezza funzionale e quindi una maggior controllabilità prestazionale, i sistemi pluristrato offrono vantaggi dal punto di vista della manutenibilità, della demolibilità per smontaggio, della selezione per la riciclabilità.

In particolare l'utilizzo di strati dotati di funzioni specializzate, a ridotta interattività prestazionale con gli altri strati, consente oltre che l'ottimizzazione delle prestazioni specifiche, anche la possibilità di graduare il carico funzionale rispetto al carico prestazionale e di aggiungere nuove funzioni innovative.

Tab. 1  
(building research and  
information)  
Dati rilevati 1992

Dati relativi alla pratica edilizia (1992)				
	Olanda	Germania	Svizzera (Zurigo)	Edifici iperisolati
<b>Muri esterni</b>	K=0,4 W/m²K Fibra minerale in intercapedine 70 mm	K=0,4 W/m²K Fibra minerale in intercapedine 50 mm	K=0,38 W/m²K Polistirene espanso o fibra minerale in	K=0,2 W/m²K Polistirene espanso o fibra minerale in
<b>Coperture</b>	K=0,3 W/m²K Polistirene espanso 100 mm	K=0,35 W/m²K Fibra minerale 150 mm	K=0,25 W/m²K Fibra minerale 175 mm	K=0,15 W/m²K Fibra minerale 250 mm
<b>Solai a terra</b>	K=0,5 W/m²K Polistirene espanso 70 mm	K=0,5 W/m²K Polistirene espanso 60 mm	K=0,35 W/m²K Polistirene espanso 75 mm	K=0,3 W/m²K Polistirene espanso 100 mm
<b>Finestre</b>	K=3 W/m²K (Doppio vetro)	K=2,8 W/m²K (Doppio vetro)	K=2 W/m²K (Tripla vetro)	K=1,5 W/m²K (Doppio vetro, argon, trattamento selettivo)
<b>Penetrazione del vento</b>	6ac/h a 50Pa Ventilazione naturale + aspiratori	4ac/h a 50Pa Ventilazione naturale + aspiratori	4ac/h a 50Pa Ventilazione naturale + aspiratori	Ventilazione meccanica con recuperatori