

# Manuale per l'edilizia sostenibile

La qualità energetico ambientale degli edifici in Toscana

## Capitolo 2 Il risparmio delle risorse

### INDICE

CAP. 2) IL RISPARMIO DELLE RISORSE AMBIENTALI .....	2
2.1) uso consapevole delle risorse energetiche .....	2
2.2) Risparmio energetico ed edilizia .....	3
2.3) Uso consapevole dell'acqua .....	7
2.3.1 I carichi ambientali e l'uso sostenibile dell'acqua nelle città e negli edifici .....	7
2.3.2 La riduzione dei consumi di acqua potabile e più in generale dei consumi idrici .....	8
2.3.3 Le materie prime e l'edilizia .....	8
2.4.1 Valutazione del ciclo di vita e costo del ciclo di vita .....	9
L'economicità dell'edilizia sostenibile si basa sull' analisi del costo del ciclo di vita .....	12
Materiali con contenuto riciclato e procedure di riciclaggio .....	12
Materiali riutilizzabili o riciclabili .....	13
Scheda 2.1 Isolamento termico .....	15
1) Inquadramento della problematica .....	15
2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica .....	15
3) Suggerimenti sul come conseguire gli obiettivi di progetto .....	16
Scheda 2.2 Sistemi solari passivi .....	18
1) Inquadramento della problematica .....	18
2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica .....	19
3) Suggerimenti sul come conseguire gli obiettivi di progetto .....	22
Scheda 2.3 Produzione acqua calda .....	24
1) Inquadramento della problematica .....	24
2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica .....	24
3) Suggerimenti sul come conseguire gli obiettivi di progetto .....	25
Scheda 2.4 Energia elettrica da fonti non rinnovabili e rinnovabili .....	29
1) Inquadramento della problematica .....	29
2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica .....	29
3) Suggerimenti sul come conseguire gli obiettivi di progetto .....	30
Scheda 2.5 riduzione consumi idrici .....	35
1) Inquadramento della problematica .....	35
2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica .....	35
Scheda 2.6 Riutilizzo dei materiali edili .....	41
1) Inquadramento della problematica .....	41
2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica .....	41
3) Suggerimenti su come conseguire gli obiettivi di progetto .....	43
Scheda 2.7 Riciclabilità dei materiali edili .....	46
1) Inquadramento della problematica .....	46
2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica .....	46
3) Suggerimenti sul come conseguire gli obiettivi di progetto .....	48
Scheda 2.8 Riutilizzo di strutture esistenti .....	50
1) Inquadramento della problematica .....	50
2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica .....	50
3) Suggerimenti sul come conseguire gli obiettivi di progetto .....	52

## **CAP. 2) IL RISPARMIO DELLE RISORSE AMBIENTALI**

### ***Area di Valutazione 2) -***

Si ha uno Sviluppo Sostenibile se il miglioramento della qualità della vita delle popolazioni avviene a fronte di un prelievo di risorse ambientali materiali ed immateriali (energetiche) commisurato alla naturale capacità di carico degli ecosistemi naturali.

Questa area di valutazione è rivolta ad evidenziare come il tema del risparmio delle risorse ambientali sia stato affrontato e possibilmente risolto o minimizzato nel progetto dell'edificio oggetto di valutazione.

In modo generale è possibile evidenziare tre principali campi di applicazione di queste linee guida relativamente al risparmio delle risorse ambientali e questi sono rappresentati da:

- ✓ *uso consapevole delle risorse energetiche;*
- ✓ *uso consapevole dell'acqua;*
- ✓ *uso consapevole di materiali.*

Per ciascuno di questi campi si definiscono alcuni aspetti generali di conoscenza per evidenziare in quale modo si preveda di ottimizzare il prelievo di risorse naturali attraverso l'introduzione di specifiche attenzioni nella progettazione degli edifici.

### **2.1) uso consapevole delle risorse energetiche**

L'attuale modello di società avanzata e, la relativa qualità della vita a questo sotteso, è strettamente legato alla possibilità di disporre ed utilizzare energia.

Per alcuni decenni si è pensato che crescita economica e consumi energetici fossero strettamente collegati e, molti economisti ritenevano che un crescente consumo di energia fosse un requisito indispensabile per la crescita economica.

In realtà le politiche di risparmio energetico adottate da alcuni paesi a partire dalla prima crisi energetica degli anni 70 finalizzate ad introdurre standard di efficienza energetica, hanno dimostrato il contrario.

Tra il 1970 ed il 1977 l'intensità energetica globale è diminuita del 28%, mentre la produzione economica ha continuato a crescere, se si aumenta la ecoefficienza della fase di produzione, trasporto e consumo di energia, a parità di servizi offerti occorre utilizzare meno energia.

Il potenziale di risparmio energetico legato ad un aumento di efficienza negli usi di energia, a fronte degli attuali sprechi è enorme, e non è attualmente più possibile pensare di non tener conto di come e perché l'energia viene utilizzata o il più delle volte male utilizzata.

In un mondo sempre più dipendente dall'energia e con una disponibilità globale di risorse petrolifere sempre più ridotte non è concepibile non porsi il problema di come risparmiare energia e come procurarsela attraverso fonti rinnovabili.

Contemporaneamente alle problematiche relative all'approvvigionamento ed all'uso dei combustibili fossili vi sono le considerazioni legate alle questioni ambientali.

Nel dicembre 1997 i rappresentanti di oltre 160 nazioni si sono riuniti a Kyoto per firmare un protocollo internazionale destinato a rimanere un punto nodale nella storia della "Convenzione quadro sul cambiamento climatico".

Il protocollo di Kyoto si propone l'obiettivo di riuscire ad arrestare la crescita di produzione di gas serra nell'atmosfera, in modo particolare le emissioni globali di carbonio, elemento che interagisce con gli altri gas presenti nell'atmosfera formando tra l'altro l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) il più importante gas serra prodotto dalle attività umane, principalmente per produrre energia o come sottoprodotto della combustione di combustibili fossili.

E' quindi importante riflettere sul come il protocollo di Kyoto non si ponga come obiettivo primario quello di ridurre i consumi energetici, ma quello di ridurre le emissioni di gas climalteranti e generanti l'effetto serra.

La ricaduta sull'attenzione alla riduzione dei consumi energetici è legata al fatto che attualmente praticamente tutta l'energia prodotta a livello planetario deriva dalla combustione di combustibili fossili, con la necessità quindi di fare maggior ricorso all'uso di energie rinnovabili e che non producono gas climalteranti.

Risparmiare energia è utile quindi ad affrontare due enormi sfide: quella di mantenere l'attuale qualità della vita utilizzando meno energia e contemporaneamente quella di contribuire a non incrementare all'attuale fase di modifica globale del clima.

A fronte di queste due necessità in modo molto responsabile i paesi dell'Unione Europea nel 2003 hanno ratificato il protocollo di Kyoto che, da sottoscrizione volontaria dei paesi sottoscrittori è divenuta prassi obbligatoria per i paesi di area UE.

## **2.2) Risparmio energetico ed edilizia**

Dal 30 al 40% dell'energia totale prodotta a livello nazionale è utilizzata per costruire edifici e per la loro gestione, questo trend è in continuo aumento; le attività connesse alla climatizzazione degli edifici, alla illuminazione artificiale ed al funzionamento di macchine elettriche ed elettrodomestici si sta velocemente incrementando e questo specialmente nella residenza.

Per avviare un processo di sostenibilità della gestione della residenza è necessario migliorare l'isolamento degli edifici, far maggior ricorso alla illuminazione naturale, incrementare l'efficienza degli elettrodomestici ed il loro uso, ricorrere alle energie rinnovabili.

L'insieme di queste modalità di risparmio energetico può consentire di risparmiare sino al 70% dell'energia legata al costruire ed all'abitare.

Nei paesi del nord Europa l'efficienza energetica degli edifici è maggiore rispetto all'Italia, l'importanza che questo comparto può avere per il conseguimento degli obiettivi di riduzione della produzione di CO2 definiti dal protocollo di Kyoto è tale che sia il Parlamento Europeo che quello Nazionale hanno emesso una serie di normative destinate a modificare radicalmente gli usi energetici legati agli edifici.

In particolare la direttiva Comunitaria sulla Certificazione Energetica degli Edifici: **DIRETTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia pubblicata il 4.1.2003 sulla Gazzetta** ufficiale delle Comunità europee L 1/65 IT.

Questa direttiva che entro il 4 gennaio 2006 dovrà essere recepita dagli stati membri prevede che gli edifici nuovi e quelli in ristrutturazione di definita superficie siano forniti di certificazione energetica e che questa certificazione, obbligatoria per gli edifici pubblici, debba essere resa disponibile in fase di compravendita degli edifici o di loro affitto, contribuendo con ciò a determinarne il valore economico.

A livello nazionale una serie di decreti, alcuni già pubblicati, altri in fase di pubblicazione sono finalizzati a produrre profondi effetti relativamente alla produzione di CO2 in rapporto agli edifici.

In particolare i Decreti **Ministeriali DM 20-07-04 Ele e Gas, pubblicati su G.U. del 01-09-04**, di fatto oltre che definire gli obiettivi di riduzione di CO2 in relazione all'incremento di efficienza energetica nella produzione e negli usi dell'energia, istituisce i titoli di efficienza energetica (certificati bianchi), rendendo obbligatori ai grandi distributori di servizi di energia il conseguimento annuale dei titoli stessi da recepire anche sul libero mercato.

Viene indicato tra l'altro che concorrono alla produzione dei titoli di efficienza energetica anche l'isolamento termico degli edifici, il controllo della radiazione solare attraverso le superfici vetrate nei mesi estivi, le applicazioni delle tecniche dell'architettura bioclimatica e del solare e del raffrescamento passivo.

A livello regionale il PIER Piano di Indirizzo Energetico Regionale, approvato dalla Giunta regionale in **data.....** gli indirizzi generali delle politiche territoriali, queste linee guida di indirizzo ed incentivazione dell'edilizia sostenibile confermano e ribadiscono la precisa volontà della Regione di conseguire gli obiettivi fissati dal Protocollo di Kyoto.

Relativamente alle presenti linee guida e ai contenuti dei DM prima indicati si ritiene utile evidenziare la definizione ufficiale di Architettura Bioclimatica prodotta dal Ministero dell'Ambiente, e a cui si può fare riferimento orientare la progettazione di un edificio "bioclimatico" anche in relazione ai contenuti delle schede di certificazione relative a questa specifica area di valutazione.



*Ministero dell' Ambiente*

Servizio Inquinamento Atmosferico e Rischi Industriali

## **ARCHITETTURA BIOCLIMATICA**

Possiamo definire "architettura bioclimatica" quel tipo di architettura che ottimizza le relazioni energetiche con l'ambiente naturale circostante mediante il suo disegno architettonico. La parola "bioclimatica" vuole mettere in relazione l'uomo, "bios", come utente dell'architettura davanti all'ambiente esterno, il "clima", essendo l'architettura un risultato della interazioni fra entrambi. L'architettura bioclimatica è quella che sfrutta le brezze estive per raffrescare e ventilare gli ambienti interni, quella che si apre al sole in inverno e si chiude in estate. In questa architettura le superfici vetrate si orientano verso sud e si schermano durante la notte per evitare le fughe di calore. La forma dell'edificio e le sue aperture si adeguano in modo da difendersi dal freddo e dai venti invernali. L'edificio si adatta alle caratteristiche dell'ambiente circostante (vegetazione, rilievi, edifici esistenti, ecc.) per ottenere il maggior vantaggio dal punto di vista termico e luminoso, e sfrutta lo stesso "intorno" per migliorare le proprie condizioni di comfort.

È sufficiente un veloce sguardo alle strategie architettoniche popolari applicate nel passato per renderci conto che i principi bioclimatici non sono affatto nuovi. Infatti, davanti alla scarsità di risorse energetiche e alla limitazione tecnologica, l'unico modo in cui l'uomo poteva proteggersi dalle condizioni climatiche avverse era attraverso l'architettura stessa. Ma purtroppo, dopo la scoperta dell'energia elettrica, tutti questi principi sono andati perduti. Per citare solo alcuni esempi italiani antichi: nella Villa di Adriano a Tivoli, i cortili e le stanze venivano orientati a seconda delle diverse esigenze termiche estive e invernali, nelle ville di Costozza in Veneto, costruite a partire del 1550, un interessantissimo sistema di raffrescamento sfrutta l'aria fredda proveniente da grandi cavità sotterranei ("covoli") situate all'interno delle colline in cui sorgono le Ville; il noto "trullo pugliese" sfrutta la capacità termica dei materiali dell'involucro edilizio per mantenere quasi costante la temperatura interna.

Ora però tutto è cambiato. Il problema energetico ci influenza solo in modo relativo e le risorse tecnologiche costruttive sono numerose e diverse. Oggi sono i problemi legati soprattutto all'inquinamento ambientale quelli che ci costringono a ripensare il modo in cui usiamo le risorse energetiche. Basta pensare che attualmente il 22% delle emissioni di CO<sub>2</sub> della Unione Europea è legato al settore edilizio; inferiore è la produzione di emissioni dell'intero settore industriale. Dobbiamo quindi affrontare la situazione sotto un'ottica diversa, cercando di offrire buoni livelli di comfort ambientale ma allo stesso tempo minimizzando l'uso delle risorse energetiche inquinanti e aumentando l'uso di fonti energetiche rinnovabili pulite, come l'energia solare.

Condotti d'aria sotterranei per climatizzare l'aria, superfici vetrate o serre rivolte a sud per intrappolare il calore in inverno, materiali trasparenti innovativi per "selezionare" la radiazione solare ed aumentare l'uso dell'illuminazione naturale negli ambienti interni, camini solari per aumentare la ventilazione naturale, uso di pannelli fotovoltaici per produrre elettricità ed uso di pannelli solari per produrre l'acqua calda, sono solo alcune delle strategie progettuali che possono essere applicate per diminuire i nostri consumi energetici, ma soprattutto migliorare la nostra qualità di vita.

Ecco alcuni esempi significativi di architettura bioclimatica contemporanea: il padiglione inglese della Expo '92 di Siviglia, in Spagna, progettato dall'architetto Sir Nicholas Grimshaw dove ogni facciata è stata studiata a seconda dell'orientamento: elementi di ombreggiamento a strati a sud, superfici bagnate dall'acqua per rinfrescare l'ambiente circostante ad est, elementi fotovoltaici per la produzione di energia elettrica sono solo alcune delle strategie utilizzate in questo curioso edificio. Un altro esempio, un edificio per uffici a Lubeck, in Germania, progettato dagli architetti tedeschi Behnisch & Behnisch, dove una grande serra come hall d'ingresso riscalda gli uffici in inverno mentre in estate viene rinfrescata da una accurata ventilazione naturale, che conta tra l'altro anche con una originalissima "fontana di aria fredda" che espelle l'aria proveniente dal sottosuolo e che aumenta la sua efficacia tramite un alto camino solare che ha anche il compito di mantenere sotto pressione la hall. Infissi non più in alluminio (fonte esauribile e di lavorazione energivora) e fissi, bensì in legno (materiale totalmente rinnovabile e di più semplice ed economica lavorazione) e apribili per permettere all'utente di regolare il proprio microclima interno senza consumare energia per gli impianti di climatizzazione. Anche l'architetto Richard Rogers, nel complesso edilizio da lui progettato a Berlino a Postdamer Platz, e attualmente in costruzione, sfrutta i flussi d'aria naturale all'interno dell'atrio per migliorare le condizioni di comfort interne, elementi di ombreggiamento e mensole riflettenti per assicurare il comfort visivo.

Ci sono anche gli insediamenti bioclimatici, spesso chiamati eco-villaggi, e cioè, interi quartieri che vengono progettati in modo da assicurare il comfort non solo all'interno degli edifici, ma anche all'interno dell'intero quartiere; al riguardo si realizzano studi accurati delle ombre portate dagli stessi edifici e dai venti invernali e brezze estive, sfruttando la vegetazione come elemento moderatore del microclima e dei rumori ed anche per il miglioramento della qualità dell'aria e, quindi, una maggiore qualità ambientale urbana.

### **2.3) Uso consapevole dell'acqua**

L'acqua è per eccellenza l'elemento indispensabile alla vita ma, dell'enorme quantità di acqua presente sul globo terrestre più del 97% è salata, meno del 3% è dolce e, di questa acqua dolce la maggior percentuale è racchiusa nelle calotte polari, solo meno dell'1% è presente nell'atmosfera, nei fiumi, nei laghi e nelle falde idriche.

Il ciclo idrogeologico ed evapotraspirativo dell'acqua riesce a mettere continuamente in circolo la quantità d'acqua dolce sul pianeta rendendola sempre ed ancora disponibile ai cicli ecologici e questo apparentemente ininterrottamente.

In realtà negli ultimi venti anni l'influenza delle attività umane ha minato fortemente l'ecosistema del ciclo dell'acqua dolce ed il ciclo naturale delle acque stà entrando in crisi in molte parti del mondo.

L'impatto delle attività antropiche sugli ecosistemi acquatici ha avuto una enorme accelerazione nell'ultimo mezzo secolo in parallelo all'incremento demografico ed all'aumento di consumi tanto che oggi la domanda mondiale di acqua dolce si è triplicata.

Relativamente ai consumi di acqua dolce, a livello globale questa viene utilizzata al 70% per usi agricoli, al 22% per usi industriali e per l'8% nelle aree urbane.

Ma come per l'energia anche per l'acqua la maggior parte dell'acqua potabile viene utilizzata nei paesi post industriali ed al contrario in molti dei paesi in via di sviluppo ogni giorno più di un miliardo di persone si scontra con la carenza di acqua.

Relativamente all'uso dell'acqua potabile e quindi di quella che viene utilizzata nelle aree urbane la sua percentuale del 10% sul globale delle acque dolci utilizzate non deve trarre in inganno, potabilizzare e portare acqua per i consumi urbani concentrati impone grandi investimenti di capitali e la realizzazione di infrastrutture complesse per la sua captazione, adduzione, potabilizzazione, utilizzo e depurazione.

A fronte di questo enorme impegno di risorse le statistiche attribuiscono nelle aree urbane quote di acqua dispersa che si aggira intorno al 40% della fornitura totale.

A fronte di quanto sopra appare evidente la necessità di avviare una politica di sostenibilità in riferimento alla risorsa acqua.

#### **2.3.1 I carichi ambientali e l'uso sostenibile dell'acqua nelle città e negli edifici.**

Per quanto riguarda il rapporto che lega l'uso dell'acqua e l'edilizia è facile evidenziare come le problematiche legate all'utilizzo dell'acqua in ambiente urbano riguardano essenzialmente gli usi dell'acqua potabile la corretta gestione delle acque meteoriche, ed il recupero delle acque grigie e l'uso di sistemi naturali di depurazione.

Di seguito quindi si evidenziano separatamente queste problematiche proponendo tecniche di utilizzazione sostenibile della risorsa idrica in ambiente urbano.

### 2.3.2 La riduzione dei consumi di acqua potabile e più in generale dei consumi idrici

Numerosi sono gli interventi praticabili che consentono un notevole risparmio idrico e verso i quali si è avuto recentemente una crescita di interesse da parte sia del mondo scientifico che delle autorità competenti.

Esistono in commercio, apparecchiature molto semplici che consentono di risparmiare fino al 50% sul consumo di acqua fredda e acqua calda: dimezzare i consumi di acqua consente di risparmiare non solo acqua potabile ma anche il combustibile per riscaldarla, con un conseguente risparmio energetico (ed economico) e una diminuzione dell'inquinamento dell'aria e dell'effetto serra.

### 2.3.3 Le materie prime e l'edilizia

All'interno di una importante comunicazione della Commissione Europea intitolato "Verso una strategia tematica sull'ambiente urbano" Bruxelles, 11.02.2004 COM(2004) COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL CONSIGLIO, AL PARLAMENTO EUROPEO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI

Il punto 2.3 di questa comunicazione affronta il tema dell'edilizia sostenibile e la individua come una priorità; di seguito si riporta un estratto della Comunicazione

#### **Perché l'edilizia sostenibile è una priorità**

*Gli edifici e l'ambiente costruito sono gli elementi che caratterizzano l'ambiente urbano; tali elementi conferiscono a ciascuna città una sua particolare fisionomia e una serie di punti di riferimento che creano un senso di identità e di riconoscibilità, rendendo la città un luogo attraente per vivere e per lavorare. Pertanto, la qualità dell'ambiente costruito ha una forte influenza sulla qualità dell'ambiente urbano, ma tale influenza non si limita a semplici considerazioni di carattere estetico.*

*Il riscaldamento e l'illuminazione degli edifici assorbono la maggior parte del consumo di energia (42%, di cui il 70% per il riscaldamento) e producono il 35% delle emissioni complessive di gas serra. Gli edifici e l'ambiente costruito utilizzano la metà dei materiali estratti dalla crosta terrestre e producono ogni anno 450 milioni di tonnellate di rifiuti da costruzione e da demolizione, ossia più di un quarto di tutti i rifiuti prodotti.*

*La comunicazione intermedia "Verso una strategia tematica di prevenzione e riciclo dei rifiuti" segnala l'aumento dei volumi dei rifiuti da costruzione e demolizione e la loro sempre maggiore complessità, dovuta alla crescente varietà dei materiali utilizzati negli edifici.*

*Ciò limita le possibilità di riutilizzo e di riciclo (il cui tasso è attualmente pari appena al 28% circa) e rende necessaria la costruzione di discariche e l'ulteriore estrazione di minerali.*

**COM(2003) 301 def. ....omissis"**



Si evidenzia l'importanza di perseguire politiche tese al diffondersi dell'edilizia sostenibile e l'incidenza che l'edilizia ha sul prelievo di materiali dall'ambiente naturale e le problematiche relative ai rifiuti da costruzione e da demolizione.

Evitando di entrare nel merito delle problematiche relative alla salubrità dei materiali da costruzione, di cui si tratta in altra parte del presente manuale, è opportuno evidenziare gli aspetti di ecosostenibilità che devono caratterizzare i materiali da costruzione e più in particolare relativi al riutilizzo di materiali edili ed alla loro riciclabilità.

Si evidenzia quindi un criterio base utile alla individuazione di come effettuare una selezione di materiali in edilizia, ed è interessante esaminare i primi risultati di un progetto comunitario di Ricerca e sviluppo (V° programma di R&S), il progetto SHE – Sustainable Housing Europe, il quale pone a base della scelta dei materiali per l'edilizia una corretta analisi del ciclo di vita dei materiali stessi.

.....omissis "In un approccio edilizio sostenibile i materiali devono essere valutati in maniera completa.

Questo significa considerare sia le conseguenze ambientali collegate con l'acquisizione, il trasporto e la manifattura di materiali di costruzione insieme agli effetti sulla salute degli abitanti e sul tipo di emissioni di sostanze nocive dai materiali da costruzione (pitture, adesivi, trattamenti del legno..). Anche i problemi relativi alla qualità dell'ambiente interno associati con gli elementi edilizi e le prestazioni tecnologiche devono essere considerati (protezione dal rumore, isolamento termico, ecc...).

Nelle costruzioni convenzionali i materiali sono tipicamente valutati solo secondo il costo di base primario, senza prendere in considerazione i costi ambientali e sociali relative alla loro produzione, uso e destinazione.

L'approccio corretto è quello di considerare gli edifici attraverso i costi del ciclo di vita, considerando i costi ambientali associate alla creazione, rifornimento e assemblaggio, tanto quanto il loro impatto sugli abitanti dell'edificio nel momento in cui la costruzione è terminata.

Selezionare i materiali per l'edilizia sostenibile richiede quindi una considerazione equilibrata di molti fattori.

I decisori del progetto devono misurare le prestazioni e i servizi a lungo termine di un materiale insieme con i fattori tipo il costo primario e l'impatto ambientale.

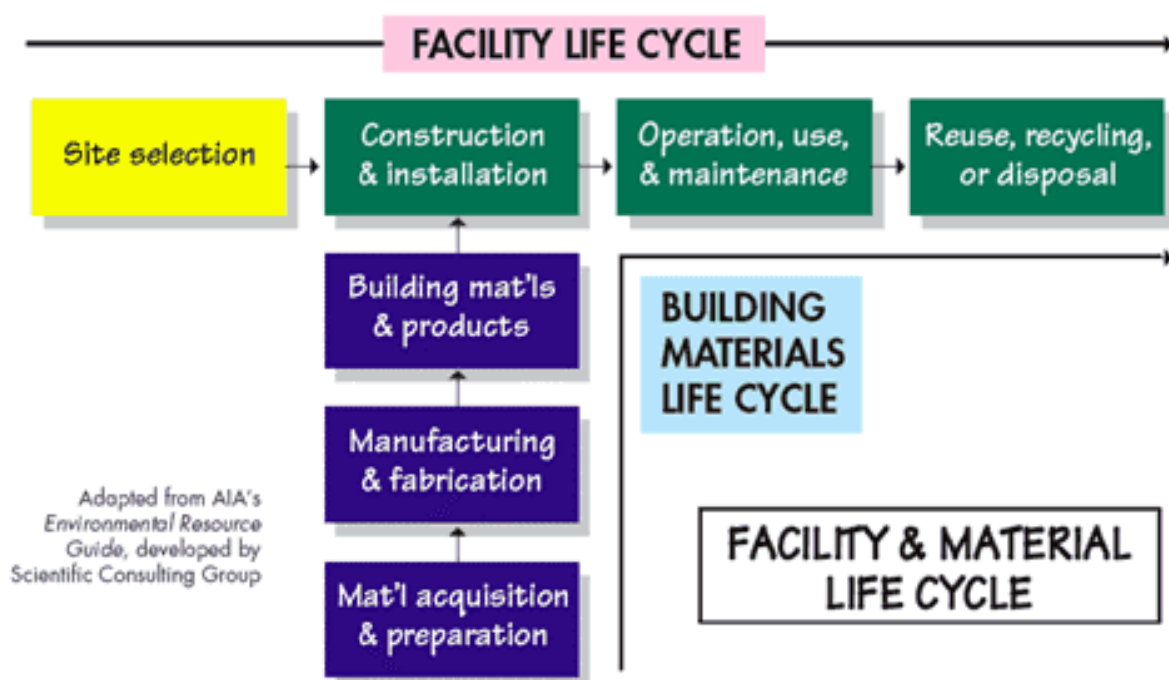
L'estetica, la manutenzione e la qualità globale dell'aria interna sono anche essi direttamente collegati con la scelta dei materiali.

#### **2.4.1 Valutazione del ciclo di vita e costo del ciclo di vita**

Tutti i prodotti possono in qualche modo degradare l'ambiente in base alla loro manifattura, uso o destinazione. La Politica Integrata di Prodotto (IPP) tende a minimizzare tutto ciò prestando attenzione a tutte le fasi del ciclo di vita dei prodotti e agendo dove ce n'è bisogno.

La Valutazione del Ciclo di Vita (LCA) è una tecnica di valutazione degli aspetti ambientali dei potenziali impatti di un prodotto, processo o attività, attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti ceduti all'ambiente, e di valutare ed implementare le possibilità di migliorare i possibili impatti ambientali.

Spesso il ciclo di vita di un prodotto è lungo e complicato. Riguarda molte fasi che vanno dall'estrazione delle risorse naturali, alla progettazione, manifattura, assemblaggio, marketing, distribuzione vendita ed uso degli eventuali scarti. Allo stesso tempo esso coinvolge anche i diversi attori, quali i progettisti, l'industria, il mercato, i venditori al dettaglio e i consumatori. IPP vuole stimolare tutte le parti a migliorare le proprie prestazioni ambientali.



LCA considera l'intera vita di un materiale, dal processo di estrazione, all'uso allo scarto nel momento in cui il suo ciclo di vita termina. In questa analisi devono essere considerate le seguenti fasi.

#### Fase 1: acquisto del materiale e preparazione, materiali da costruzione e prodotti.

Il materiale di base estratto è giudicato in base a fattori tecnici, economici ed ambientali. L'estrazione provoca spesso un danno sulla natura (per esempio estrazione di legno duro, bauxite,...), emissioni nocive (le miniere di carbone) o il rischio di disastri ambientali (estrazione e trasporto di petrolio e cloro). La quantità di energia utilizzata per l'estrazione di materiali e per la trasformazione in prodotti viene definita "energia incorporata" di un materiale o prodotto. Di solito i materiali che provengono da industrie di estrazione quali strip mining or clear cutting sono meno consigliati di quelli manufatti usando processi meno dannosi per l'ambiente. I

materiali che non subiscono forti processi o che provengono da sintesi sono preferibili a quelli che fanno affidamento su processi energetici.

#### Fase 2: manifattura e fabbricazione

I processi di produzione provocano emissioni dannose per il suolo, l'aria e l'acqua e durante questo processo vi è consumo di energia e produzione di rifiuti.

In generale ad un maggior numero di processi corrisponde un maggiore danno all'ambiente.

#### Fase 3: costruzione ed installazione

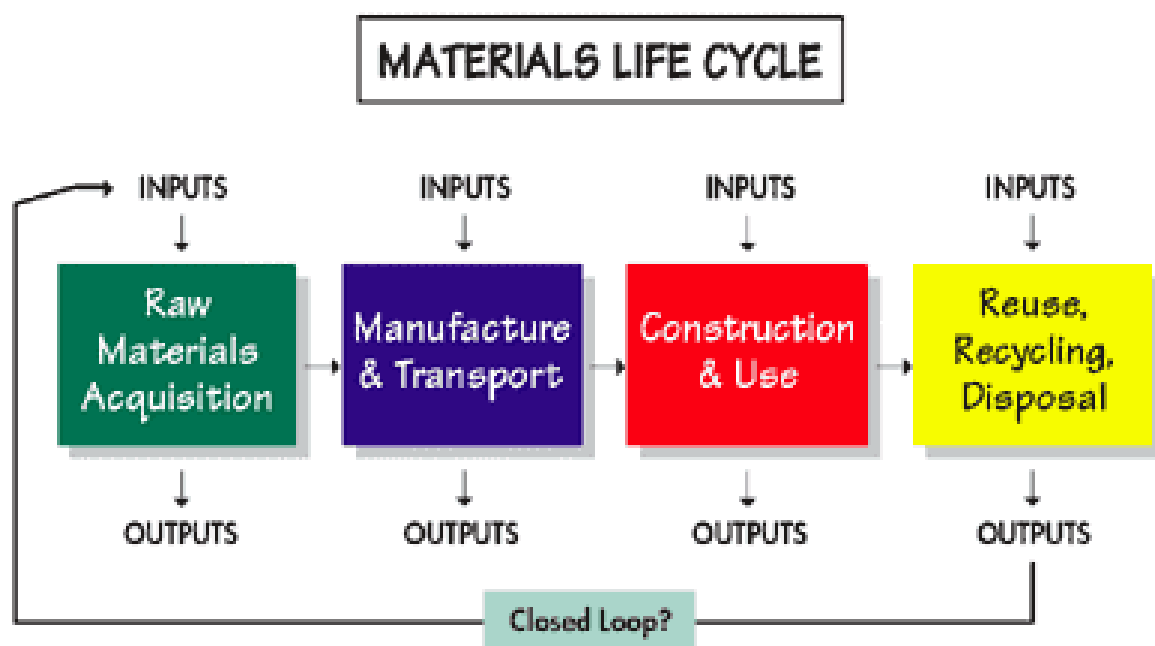
Implica consumo di energia e produzione di rifiuti ed inquinamento (rumore, vibrazioni, polvere...) associati alla fase di costruzione.

#### Fase 4: operazione, uso e manutenzione

Dipende dalla scelta fatta in fase progettuale. Queste scelte hanno un grande impatto sulla salute degli abitanti (emissione di sostanze nocive) e qualità interna. Inoltre il consumo di energia e di acqua e la produzione di rifiuti domestici sono strettamente legati con l'uso dell'edificio.

#### Fase 5: demolizione (riuso, riciclaggio o sistemazione)

Con la demolizione si creano un sacco di rifiuti. Il rifornimento e la manutenzione allungano la vita dell'edificio, quindi riducono la produzione di rifiuti. Per il riciclaggio è importante che i materiali siano separati e puliti.



Ci sono già diversi strumenti di supporto decisionale basati su un orientamento edilizio LCA, in uso o in fase di sviluppo, in varie parti del mondo, per esempio Envest in UK, EcoQuantum nei

Paesi Bassi, e ATHENA in Nord America. Nonostante usino approcci modulari diversi e siano specifici per una determinata regione, tutti questi strumenti lavorano a livello di edificio globale ed usano dati embedded LCI per sviluppare indicatori del punto medio delle implicazioni ambientali delle alternative progettuali.

Per esempio ATHENA ha considerato, per uno studio recente su una torre di uffici di 18 piani, progettati utilizzando una struttura convenzionale rinforzata in calcestruzzo con una schermatura esterna di protezione del muro, i seguenti indici per ogni componente edilizio:

- Energia Incorporata (Gj);
- Rifiuti solidi (tonnellate);
- Inquinamento dell'aria (indice);
- Inquinamento dell'acqua (indice);
- GWP (Tonnellate equivalenti di CO<sub>2</sub>);
- Uso di risorse pesanti (tonnellate)

[Wayne B. Trusty, Scot Horst., "Integrating LCA Tools in Green Building Rating Systems", ATHENA Sustainable Materials Institute].

#### ***L'economicità dell'edilizia sostenibile si basa sull'analisi del costo del ciclo di vita.***

I costi primari sempre più alti dei materiali e dei sistemi possono essere giustificati se valutati relativamente agli impatti ambientali, alla prestazione termica o ai costi di manutenzione ridotti associati ad una migliore qualità dei materiali. Le decisioni di investire sul costo primario riguardante i materiali influiscono sulla vita dell'edificio in diversi modi.

Un materiale da costruzione sostenibile può costare di più in termini di approvvigionamento e installazione rispetto ad un'alternativa che considera solo il costo primario, ma avrà i suoi vantaggi nel lungo termine. Un costo primario basso può nascondere costi di riparazione, di eventuale demolizione e di sostituzione. Inoltre si può verificare un lungo periodo di deperimento tra la comparsa dei primi segni sul materiale ed la sostituzione finale. I materiali durevoli sono più piacevoli alla vista e hanno una durata pari a quella dell'edificio.

#### ***Materiali con contenuto riciclato e procedure di riciclaggio***

I prodotti edilizi fatti con materiali riciclati riducono il problema dei rifiuti solidi ed il consumo energetico della manifattura e dell'uso delle risorse naturali.

In alcuni di essi compare ormai la percentuale di contenuti riciclati del prodotto.

Anche se le procedure di riciclaggio devono essere migliorate, l'inclusione di sostanze riciclate non è di per sé una garanzia di sostenibilità, bisogna perciò investigare tramite procedure di analisi del costo del ciclo di vita. Sul mercato ci sono molti prodotti in cui il bilanciamento tra vantaggi e svantaggi del prodotto riciclato è quello preferibile: prodotti in legno composto, pannelli isolanti in fibra naturale, prodotti di isolamento acustico, ecc.... I materiali che non possono essere assolutamente riciclati al termine del loro ciclo di vita sono da evitare.

Le procedure di riciclaggio devono essere valorizzate sul sito di costruzione attraverso la minimizzazione della quantità di rifiuti. Questo si può ottenere scegliendo prodotti con un imballaggio minimo, possibilmente con prefabbricazione fuori dal sito e acquisizione all'ingrosso. E' sempre importante approfondire le questioni relative all'imballaggio ed il trasporto. Un numero crescente di produttori sono disposti a riprendere in dietro il materiale di imballaggio dopo la consegna. Altri hanno scelto di utilizzare imballaggi riciclati o biodegradabili. Evitando l'accumulo di materiali inutilizzati sul sito di costruzione e durante le operazioni di manutenzione si riducono i costi di collocazione.

Durante la costruzione è importante organizzare un piano di riciclaggio sul sito di costruzione dove i materiale scartati possono essere suddivisi in frazioni. Questo tipo di operazioni centralizzate aiutano a ridurre i rifiuti e ne semplificano la suddivisione. E' importante disporre di recipienti marcati per la raccolta dei diversi tipi di rifiuti (legno da ardere, segatura per compost, ecc.) e trovare un posto dove i vari materiali possono essere depositati per il riciclaggio, educando inoltre gli operatori alla raccolta differenziata.

Il miglior tipo di riciclaggio è il riutilizzo diretto dei componenti all'interno del sito o nelle vicinanze. Questo è possibile anche nel caso di una nuova costruzione (per esempio scavi del suolo, materiali inattivi che provengono da demolizione, strutture in metallo per corrimano e simili, pietre e mattoni recuperati, tegole, legno per strutture primarie e secondarie, ecc...).

#### ***Materiali riutilizzabili o riciclabili***

Bisognerebbe privilegiare i materiali che possono essere facilmente smantellati e riutilizzati o riciclati al termine dell'uso. Per perseguire questo obiettivo è necessario tenere a mente:

- Le quantità di materiali;
- Se i materiali sono direttamente utilizzabili o hanno bisogno di essere separati ;
- Il possibile uso in seguito alla demolizione.

Bisogna quindi usare il più possibile materiali durevoli. “

Le schede con le quali è possibile evidenziare le attenzioni ed i relativi input di progetto tesi a tener conto dei fattori ambientali presenti ed a prevenire aggressioni all'ambiente esterno generato dalla costruzione sono:

- ✓ ***Scheda 2.1 - Isolamento termico***
- ✓ ***Scheda 2.2 - Sistemi solari passivi***
- ✓ ***Scheda 2.3 - Produzione acqua calda***
- ✓ ***Scheda 2.4 - Fonti non rinnovabili e rinnovabili***
- ✓ ***Scheda 2.5 - Riduzione uso acqua potabile***
- ✓ ***Scheda 2.6 - Riutilizzo dei materiali edili***
- ✓ ***Scheda 2.7 - Riciclabilità dei materiali edili***
- ✓ ***Scheda 2.8 - Riutilizzo di strutture esistenti***

Per ciascuna scheda si rende evidente come questa debba essere interpretata, elaborata e documentata per giustificare l'assegnazione del punteggio a questa eventualmente attribuito.

## **Scheda 2.1 Isolamento termico**

### **SPECIFICHE**

*Categoria di requisito: CONSUMI ENERGETICI*

#### *1) Inquadramento della problematica*

Il bilancio energetico dell'edificio ai fini della valutazione del fabbisogno di energia per il riscaldamento prevede il calcolo:

- delle perdite di calore per trasmissione attraverso l'involucro opaco e trasparente; quindi le perdite di calore attraverso le pareti verticali opache, i soffitti e/o pavimenti verso locali non riscaldati o a temperatura fissa, il tetto ed il pavimento;
- delle perdite di calore per ventilazione;
- degli apporti gratuiti solari
- degli apporti gratuiti dovuti alla presenza delle persone e ad apparecchiature

I parametri che influiscono sul bilancio sono:

- tipologia edilizia;
- destinazione d'uso e numero di occupanti
- tipologia di impianto di riscaldamento
- localizzazione per tipo di clima e gradi giorno della zona
- esposizione dell'edificio e di ciascuna parete opaca e trasparente esterna;
- trasmittanza delle pareti opache e trasparenti

#### *2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica*

La conoscenza del fabbisogno di energia per il riscaldamento invernale ed il raffrescamento estivo sono base indispensabile per la certificazione energetica dell'edificio.

La **certificazione energetica** è l'atto che documenta il consumo energetico convenzionale di riferimento di un edificio o di una unità immobiliare, ma prima di divenire tale, la certificazione energetica è soprattutto diagnosi energetica.

La **diagnosi energetica** è l'elaborato tecnico che documenta lo "stato di salute" del sistema edificio-impianto. Attraverso la diagnosi è possibile individuare e classificare le dispersioni energetiche dell'involucro edilizio: dal pavimento, dalle pareti, dalle finestre, dai vani sotto finestra o da altre strutture dell'edificio. È possibile quindi individuare i quattro rendimenti medi stagionali: di emissione, di regolazione, di distribuzione e di produzione del calore. I valori anomali segnalano le parti "sofferenti" dell'edificio o dell'impianto, che risultano bisognosi di interventi migliorativi.

La Diagnosi Energetica degli edifici è:

- un insieme sistematico di rilievo, raccolta ed analisi dei parametri relativi ai consumi specifici e alle condizioni di esercizio dell'edificio e dai suoi impianti;
- una valutazione tecnico-economica dei flussi di energia.

I suoi obiettivi sono quelli di:

- definire il bilancio energetico dell'edificio, individuare gli interventi di riqualificazione tecnologica e valutare per ciascun intervento le opportunità tecniche ed economiche;
- migliorare le condizioni di comfort e di sicurezza, riducendo le spese di gestione.

L'attuale normativa italiana (Legge 9 gennaio 1991, n. 10; DPR 26 agosto 1993, n. 412 e successivo DPR 21 dicembre 1999, n. 551) prevede per il sistema edificio-impianto il calcolo e la verifica del Fabbisogno Energetico Normalizzato (**FEN**) e del Coefficiente di Dispersione Volumica (**Cd**). Il FEN che è calcolato come rapporto fra il Fabbisogno

Energetico Convenzionale diviso per il volume riscaldato e i gradi-giorno della località. L'unità di misura utilizzata è il  $\text{kJ/m}^3 \text{ GG}$ . Il Fabbisogno Energetico Convenzionale è la quantità di energia primaria richiesta in un anno per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria di un edificio o di una unità immobiliare nelle condizioni convenzionali climatiche, di benessere e d'uso previste dalla normativa, espresso in  $\text{GJ/anno}$ . Per il calcolo del consumo energetico convenzionale di riferimento si possono utilizzare le norme UNI 10344 (aggiornata dalla UNI EN 832), UNI 10379 e UNI 10349.

Il Fabbisogno Energetico Normalizzato Limite (**FEN<sub>lim</sub>**) deve essere calcolato secondo la formula, riportata nel DPR 412/93

Il calcolo del coefficiente di dispersione volumica (espresso in  $\text{W/m}^3\text{°C}$ ) per trasmissione dell'involucro edilizio deve essere effettuato utilizzando le norme UNI 7357 e non deve superare i valori che saranno fissati dai regolamenti di cui ai commi 1 e 2 dell'art. 4 della legge 9 gennaio 1991, n. 10. Tali coefficienti restano attualmente fissati in conformità di quanto disposto dal decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, di concerto con il Ministro dei lavori pubblici del 30 luglio 1986 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 20 ottobre 1986, n. 244

### *3) Suggerimenti sul come conseguire gli obiettivi di progetto*

Le perdite per trasmissione di un edificio rappresentano una quota importante del totale delle dispersioni, e per un edificio di nuova realizzazione possono essere fortemente ridotte progettando l'involucro dell'edificio con ridotta trasmittanza [UNI EN ISO 6946, UNI EN ISO 10077-1]. Questo è possibile utilizzando materiali con elevate prestazioni di isolamento termico.

E' necessario sottolineare che affrontare il problema dell'isolamento in regime stazionario, ovvero considerare soltanto la conducibilità termica di un materiale, significa "dare per scontato" un apporto continuo di calore (in regime invernale) od una sottrazione continua di calore (in regime estivo) da un ambiente al fine di evitare che la sua temperatura interna non raggiunga un punto di equilibrio con la temperatura esterna (installazione di impianti di riscaldamento e condizionamento). Se vogliamo ridurre i consumi energetici per climatizzare un edificio e migliorare il benessere al suo interno, occorrerà affrontare lo scambio termico di una struttura in regime transitorio, cioè occorrerà tenere conto oltre che del suo grado di isolamento anche della velocità con cui questa scambia il calore con gli ambienti limitrofi. Per questo occorrerà introdurre tre nuovi parametri, quali la diffusività termica, lo Smorzamento e lo Sfasamento termico.

La diffusività termica  $a$  [ $\text{m}^2/\text{s}$ ] è data dalla relazione,  $a = \lambda / \rho c$  dove  $\lambda$  è la conducibilità termica [ $\text{W/mK}$ ],  $\rho$  è la densità [ $\text{kg/m}^3$ ] e  $c$  è il calore specifico [ $\text{J/kg K}$ ] del materiale, e rappresenta la velocità con cui il calore viene scambiato dalla struttura con gli ambienti che la circondano; minore è il suo valore, maggiore è il tempo impiegato per scambiare il calore.

Materiali con bassa diffusività garantiscono elevati valori di smorzamento termico e di sfasamento termico. Al fine di migliorare il comportamento energetico delle strutture degli edifici (sia in regime estivo che invernale) è opportuno utilizzare strutture che abbiano bassa conducibilità globale e bassa diffusività.

#### Pareti opache verticali

Nell'isolare questo elemento costruttivo, a parità di trasmittanza termica, la posizione dell'isolante influenza in modo significativo il comportamento dell'insieme della parete. Sotto questo punto di vista ci si può ricondurre a tre differenti tecniche d'isolamento:



- L'isolamento dall'ESTERNO è la soluzione più efficace per isolare bene un edificio. È consigliato per ambienti riscaldati in continuo con interruzione notturna. Durante il funzionamento dell'impianto si ha un notevole accumulo di calore nelle pareti e il suo rilascio avviene nelle ore notturne, col riscaldamento spento, migliorando notevolmente il comfort termico. Altra caratteristica positiva di questa soluzione è la totale eliminazione di ponti termici causati dalle travi e dai solai. Le metodologie più diffuse nell'isolamento dall'esterno sono: SISTEMA A "CAPPOTTO" e FACCIATA VENTILATA.
- L'isolamento dall'INTERNO è una tecnica poco costosa con una insignificante diminuzione di spazio abitabile. Questo tipo di isolamento è consigliabile per ambienti riscaldati saltuariamente e che quindi devono essere riscaldati rapidamente come per esempio gli uffici, le seconde case e più in generale edifici con impianti termo-autonomi. Le metodologie più diffuse dell'isolamento perimetrale dall'interno sono: CONTROPARETE PREACCOPPIATA, CONTROPARETE SU STRUTTURA METALLICA.
- L'isolamento in INTERCAPEDINE è solitamente costituito dall'inserimento dell'isolante nell'intercapedine fra il tamponamento esterno e la muratura a vista interna. Questa è la tipologia di isolamento più utilizzata nelle nuove costruzioni poiché la spesa è modesta e l'intervento risulta conveniente. Particolari interventi di isolamento dovranno essere, in questo caso, effettuati su pilastri e solette per ridurre la dispersione termica attraverso questi ponti termici. Le metodologie più diffuse dell'isolamento in intercapedine sono: INTERCAPEDINE CON PANNELLI A FACCIAVISTA e INTERCAPEDINE CON LATERIZI A FACCIAVISTA

### Superfici vetrate

Prescindendo dalla radiazione solare, che per le superfici trasparenti costituisce una fonte gratuita di guadagno termico per l'ambiente interno, le finestre sono responsabili di una consistente parte delle dispersioni termiche dell'involucro. Sicuramente già la scelta di serramenti vetrati con bassi valori di trasmittanza termica assicura livelli accettabili di dispersioni di calore in rapporto alle dispersioni dei componenti opachi, e contribuisce ad un miglioramento del comfort interno. Si parla quindi di serramenti con vetro camere se possibile basso-emissivi o speciali (con intercapedine d'aria multipla realizzata con pellicole, con intercapedine riempita con gas a bassa conduttività, con materiali isolanti trasparenti, ecc.), telai in metallo con taglio termico, in PVC, in legno e di cassonetti porta avvolgibile con isolamento termico.

### Tetto piano

Vi sono varie soluzioni fra cui è possibile citare "isolamento in intradosso", "isolamento in estradosso", soluzione di un tetto "verde" ad alta resistenza e inerzia termica complessiva.

### Tetto a falde

Vi sono varie soluzioni fra cui è possibile citare "isolamento in estradosso", "isolamento in intradosso", "isolamento in estradosso solaio contro-tetto non praticabile".

Nel caso di interventi di ristrutturazione è opportuno attuare le verifiche di legge previste per il Cd convenzionale dell'edificio rispetto a quello limite ammesso e quindi del FEN convenzionale rispetto a quello limite. Il FEN limite per le abitazioni comprese nelle fasce climatiche della Toscana è mediamente di 83 kJ/m<sup>3</sup> GG mentre il FEN del parco abitativo delle abitazioni di età compresa da prima del 1945 al 1980 (ovvero sino all'entrata in vigore delle prime leggi sul risparmio energetico nelle abitazioni, legge 373/76 e seguenti) è pari a circa 133 kJ/m<sup>3</sup> GG. Il risparmio teorico limite, qualora tutte le abitazioni si adeguassero al FEN di legge è quindi pari al 37,59% [ENEA, Potenzialità da FRE e MURE, 1998]. Come è noto la diminuzione del FEN si consegue migliorando il livello di isolamento delle abitazioni sia di nuova costruzione che esistenti, **quindi in tutti i casi di ristrutturazione edilizia-impiantistica.**

## **Scheda 2.2 Sistemi solari passivi**

### **SPECIFICHE**

Categoria di requisito: CONSUMI ENERGETICI

#### **1) Inquadramento della problematica**

Per sistemi solari passivi intendiamo la possibilità di usufruire di *riscaldamento naturale* ovvero dell'ambiente interno di un edificio attraverso l'irraggiamento solare incidente sulle superfici dell'involucro edilizio e dei meccanismi naturali indotti – cioè, senza l'ausilio d'energia prodotta da impianti termici o importata dalla rete – per il trasferimento, del calore assorbito, all'interno dell'edificio. Di seguito si elencano e si spiegano in modo sintetico in cosa consistono questi sistemi e la necessità per poterne usufruire, di avere un controllo delle ombre sull'involucro degli edifici.

### **MASCHERE DI OMBREGGIAMENTO**

IL metodo di verifica delle ombre attraverso le maschere di ombreggiamento sono stati oggi superati dall'avvento di software facilmente accessibili e di maggiore precisione.

Si tratta di calcolare su un edificio che si vuole analizzare, le ombre portate di eventuali ostruzioni dovute all'orografia del territorio, alla vegetazione e agli edifici.

Per la realizzazione di una maschera di ombreggiamento manuale bisogna prima di tutto disegnare il profilo dell'orizzonte quindi trovare le altezze angolari da riportare sulla carta, infine tracciare le ombre.

Gli strumenti: un goniometro, una livella a bolla d'aria che servirà a fornire l'altezza di ogni inclinazione (Azimuth), una bussola, copia del diagramma solare per la località in esame, una carta topografica per determinare il sud geografico; quindi ci si pone nel punto del sito dove s'intende realizzare o analizzare l'edificio. Si disegna il profilo dell'orizzonte (da quel punto) sul diagramma solare e si procede come segue:

1. con la carta topografica si determina un elemento rilevante del paesaggio e lo si utilizza per stabilire il sud geografico;
2. orientando verso il sud geografico la livella, si determina l'altezza del profilo dell'orizzonte. Si segna quindi il punto sul diagramma solare sopra l'angolo azimutale 0° (sud geografico);
3. analogamente si determinano e segnano le altezze angolari del profilo dell'orizzonte per ogni 15° (angolo azimutale) lungo l'orizzonte a est e a ovest dei 0° (sud), fino ad almeno 120°, per un totale di 17 rilevamenti. Le altezze angolari rilevate vengono segnate sul diagramma solare sopra i rispettivi angoli azimutali, quindi si collegano tutti i punti segnati;
4. per gli oggetti isolati che bloccano il sole durante l'inverno, come edifici o altri alberi sempreverdi, si determinano per ogni oggetto altezza e angolo azimutale e si segnano questi punti sul diagramma;
5. le piante caducifoglie si segnano sul diagramma con una linea tratteggiata.

Dal disegno del profilo dell'orizzonte si può individuare facilmente seguendo il percorso del sole nelle diverse stagioni le parti in ombra e quelle soleggiate di ciascun elemento riportato.

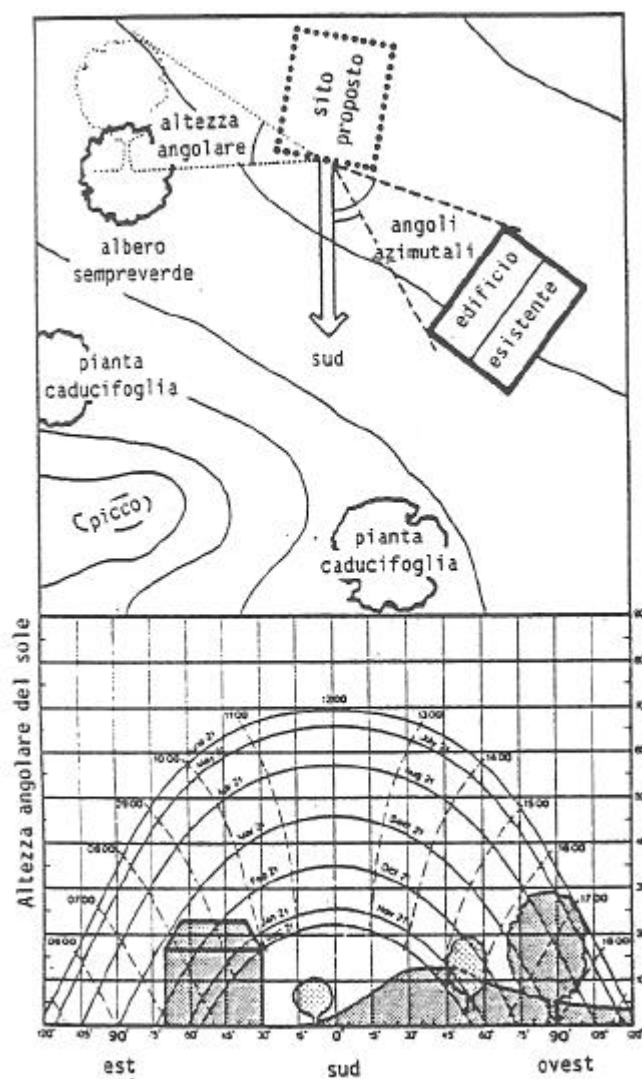


FIGURA1

## 2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica

### Sistemi di sfruttamento passivo

Gli elementi tecnici "speciali" dell'involucro edilizio che possano garantire un apporto gratuito dell'energia solare constano principalmente di una parete vetrata rivolta a sud per la captazione solare e una massa termica per l'assorbimento accumulo e distribuzione del calore (la parete).

### A guadagno DIRETTO

È il sistema più semplice di guadagno solare, l'assorbimento dell'energia solare avviene per irraggiamento e per convezione. La radiazione solare passa attraverso le superfici vetrate opportunamente orientate e sotto forma di calore si trasferisce direttamente all'ambiente interno, e si accumula nella massa termica di pavimenti, pareti, soffitti che a loro volta per irraggiamento e convezione trasferiranno il calore all'ambiente interno comportandosi da volano termico.

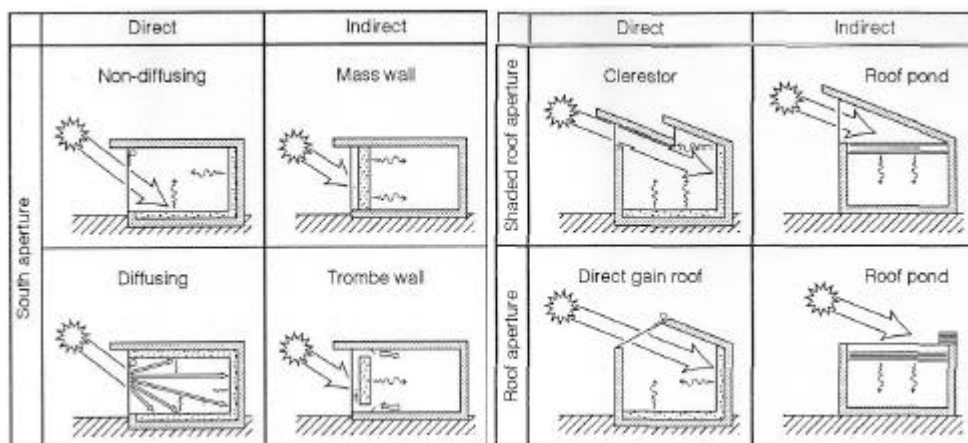


FIGURA 2

Il guadagno diretto può avvenire attraverso superfici vetrate

1. verticali : finestre, vetrate,...
2. orizzontali: lucernai, shed solari,...

In entrambi i casi va privilegiata l'esposizione a sud.

L'esposizione a sud è quella che privilegia la massima irradiazione in inverno e la minima in estate.

Occorrono ampie superfici vetrate verticali per permettere un buon guadagno, e l'utilizzo di vetri camera o vetri bassoemissivi.

Lucernai a shed se opportunamente dimensionati consentono l'ingresso della radiazione solare in modo da ottenere una luce diffusa e un buon controllo del fenomeno di abbagliamento.

Determinante per l'assorbimento termico è la scelta del colore della superficie esposta alla radiazione solare, il nero(0,9) ad esempio ha un coefficiente di assorbimento maggiore del bianco(0,2), mentre per l'accumulo è determinante la capacità termica.

L'isolamento termico dell'involucro è determinante per il rendimento dell'intero sistema, e varia a seconda della

**Posizione dell'isolamento all'interno:** il calore in entrata riscalda l'ambiente interno nelle ore di sole, ma non si accumula efficacemente sulle pareti essendo queste isolate, quindi non accumulando calore, al venir meno del sole si raffredderanno velocemente.

**Posizione dell'isolamento all'esterno:** il calore in entrata nelle ore di sole riscalda l'aria e le masse termiche presenti nell'ambiente, al calar del sole il calore accumulato viene lentamente restituito all'ambiente interno e difficilmente disperso all'esterno per la presenza dell'isolamento.

**Posizione dell'isolamento all'esterno:** il calore in entrata nelle ore di sole riscalda l'aria e le masse termiche presenti nell'ambiente, al calar del sole il calore accumulato viene lentamente restituito all'ambiente interno e difficilmente disperso all'esterno per la presenza dell'isolamento.

### A guadagno INDIRETTO

Questo sistema è costituito come quello a guadagno diretto dell'elemento trasparente e dell'elemento captante di accumulo. Quest'ultimo è qui parte integrante dell'involucro dell'edificio, pertanto non permette alla radiazione solare di raggiungere direttamente lo spazio interno; l'elemento captante intercetta la radiazione solare prima che questa raggiunga l'ambiente interno per accumulare il calore e restituirlo lentamente.

I principali sistemi a guadagno indiretto sono:

1. muro trombe;
2. tetto solare o roof pond.

Il **muro trombe** è costituito da una parete vetrata (vetro singolo o doppio) e da una parete captante in cls o mattoni o altro materiale che può avere anche funzione strutturale, posti a distanza di cm.10-15 tra di loro. Anche qui il principio è quello di accumulare il calore sulla

parete e distribuirlo all'ambiente interno per irraggiamento. Una variante di questo sistema è l'inserimento sulla parte inferiore e superiore della parete captante delle griglie di aerazione che nei momenti di maggiore calore (giornate molto assolate e non molo fredde) per convezione trasferiscano l'aria presente nell'intercapedine direttamente nell'ambiente interno. Durante la notte le griglie devono invece restare chiuse per evitare la dispersione del calore accumulato dalle pareti.

Per aumentare l'efficienza del sistema è opportuno scegliere per la parete captante un materiale di elevate capacità termiche, che possano funzionare da buon volano termico nell'arco delle ventiquattrore e usare un colore molto scuro sulla stessa in modo da migliorarne la capacità di assorbimento. Questo sistema può funzionare anche nel periodo estivo, praticando delle aperture nella parte inferiore e superiore anche della parete vetrata, si creano dei moti convettivi tali che l'aria calda dell'ambiente interno viene attirata all'interno dell'intercapedine per effetto camino, viene espulsa attraverso le griglie presenti sulla superficie trasparente.

Il **roof pond** è un sistema valido sia per il trattamento estivo che invernale. È costituito da una massa termica d'acqua (spessore cm. 10-40) racchiusa in contenitori di polietilene scuro e sottile, appoggiati sul solaio di copertura dell'edificio. La capacità di accumulo termico dell'acqua è superiore a parità di volume a qualsiasi materiale usato per le murature (ad es. è pari al doppio di quella del laterizio). Durante l'inverno l'acqua accumula il calore e lo trasferisce all'ambiente sottostante attraverso il solaio di copertura. Durante la notte un sistema di pannelli isolanti impacchettabili viene disteso sulla copertura, evitando in tal modo le dispersioni.

In estate invece il processo avviene esattamente all'inverso, ovvero durante il giorno il sistema di pannelli isolanti copre la massa termica d'acqua evitando il surriscaldamento, e durante la notte viene aperto per disperdere il calore accumulato dagli ambienti interni all'esterno.

## SERRA

Si definiscono<sup>1</sup> come serre solari gli spazi ottenuti mediante la chiusura con vetrata trasparente di logge o terrazze, quando detti spazi chiusi siano unicamente finalizzati al risparmio energetico e siano conformi alle seguenti prescrizioni :

- a) una serra solare non deve determinare nuovi locali riscaldati o comunque locali a consentire la presenza continuativa di persone (locali di abitazione permanente o non permanente, luoghi di lavoro, ecc.).
- b) Il risparmio energetico si valuta calcolando il guadagno energetico, tenuto conto dell'irraggiamento solare, su tutta la stagione di riscaldamento. Come guadagno energetico si intende la differenza tra *l'energia dispersa in assenza Q<sub>0</sub>* e quella *dispersa in presenza della serra, Q* Deve essere verificato (rif. UNI 10344 e 10349):

$$\frac{Q_0 - Q}{Q_0} = 25\%$$

- c) La struttura di chiusura deve essere completamente trasparente, fatto salvo l'ingombro della struttura di supporto.
- d) La serra solare deve essere apribile ed ombreggiabile (cioè dotata di opportune schermature mobili o rimovibili) per evitare il surriscaldamento estivo

---

<sup>1</sup> Regolamento Edilizio del Comune di Firenze - cap XX *norme finali e transitorie* § 196 e segg.-

### 3) Suggerimenti sul come conseguire gli obiettivi di progetto

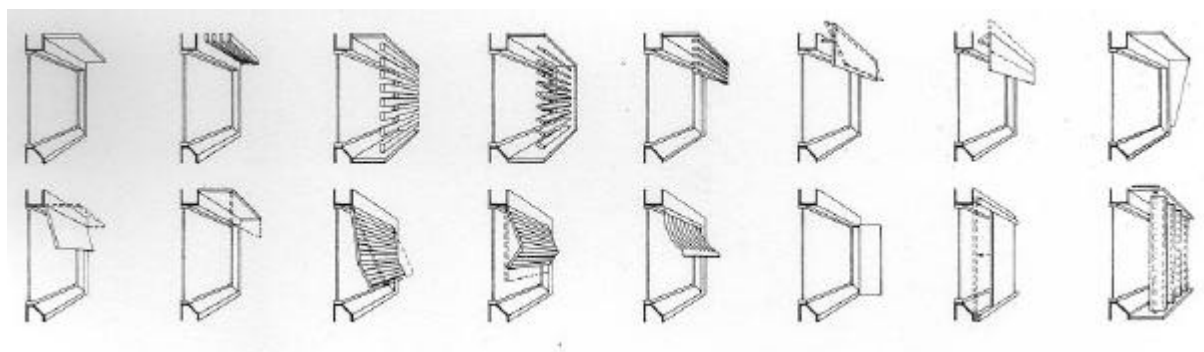
#### SCHERMATURE

Gli aggetti orizzontali per riparare le finestrate sono fortemente raccomandati sulle facciate con orientamento sud, sud-est, e sud-ovest, dove le superfici vetrate devono essere mantenute completamente in ombra durante le ore centrali della giornata. Le schermature possono essere strutture semplici e relativamente leggere sia dal punto di vista strutturale che architettonico, contribuendo ad arricchire visualmente la facciata. L'effetto sul carico termico e sul comfort (riduzione della temperatura esterna ed interna delle superficie vetrate) è rilevante, senza penalizzare il contributo delle vetrate alla componente naturale dell'illuminazione. La riduzione della temperatura della superficie interna delle vetrate consente un utilizzo completo dello spazio interno.

In alternativa, o aggiunta, la schermatura delle parti vetrate ed opache delle facciate può essere realizzata tramite vegetazione decidua.

Frangisole orizzontali o verticali in: acciaio, alluminio, legno, cotto o vetro possono contribuire a risolvere in maniera efficace problemi per i quali in passato era necessario utilizzare tecnologie pesanti oppure affidarsi a potenti sistemi di condizionamento.

FIGURA 3



In particolare i frangisole esterni con lamelle vetrate sono un'alternativa efficace alle cosiddette veneziane interne; l'uso del vetro riflettente anziché del metallo permette di avere una veduta verso l'esterno anche quando queste sono chiuse. Nei giorni coperti le lamelle portate in posizione orizzontale, guidano la luce naturale all'interno e provvedono ad illuminare in modo uniforme l'ambiente.

Il vantaggio rispetto alle tende e alle persiane si ritrova anche nel caso si voglia mantenere le finestre aperte in un giorno ventilato, trattandosi infatti di un sistema fisso l'ombreggiamento non cambia.

Il funzionamento del sistema è assicurato attraverso la possibilità data alle lamelle di poter ruotare (attraverso comandi manuali o meccanici) attorno a supporti di acciaio ancorati su appositi profili antistanti alle finestre.

Esistono numerosi altri sistemi che permettono di ombreggiare e al contempo di migliorare persino l'illuminazione naturale, evitando in questo modo di aumentare il surriscaldamento estivo durante la stagione più calda.

#### ***sinergia con altri requisiti***

- 2.1 Isolamento termico
- 4.1 Comfort visivo: illuminazione naturale
- 4.6-4.7- Comfort termico; Inerzia termica
- 5.1 Manutenzione edilizia ed impiantistica, protezione dell'involucro esterno



## **Scheda 2.3 Produzione acqua calda**

### **SPECIFICHE**

Categoria di requisito: CONSUMI ENERGETICI

#### ***1) Inquadramento della problematica***

L'utilizzo dell'energia solare per la produzione di acqua calda dispone di una tecnologia collaudata e largamente impiegata in paesi in cui la radiazione solare incidente annuale sul territorio risulta consistente minore rispetto quanto misurato in media per la regione toscana. L'acqua calda prodotta dai pannelli solari possiede un utile impiego per la produzione di acqua calda ad uso sanitario per le utenze civili e non, per la produzione di acqua calda per riscaldamento ambientale, per il riscaldamento dell'acqua delle piscine, per la produzione di acqua refrigerata ad uso di climatizzazione ambientale mediante l'impiego di macchine frigorifere a ciclo termico.

#### ***2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica***

Un impianto solare termico è un sistema di produzione di energia termica mediante conversione diretta della radiazione solare, in calore; esso è costituito da uno o più circuiti indipendenti. I sistemi solari sono classificati dagli standard EN in due categorie; "Monoblocco" (Factory Made) ossia impianti tipo "prodotto" cioè impianti collettore - accumulo, impianti monoblocco a circolazione naturale, impianti kit a circolazione forzata; "Costruiti in loco" (Custom Built) sistemi a circolazione forzata assemblati in loco con componenti anche forniti da diversi produttori.

Nei sistemi a circolazione forzata tipicamente i collettori solari vengono collegati tra loro in parallelo a formare banchi di collettori. Più banchi di collettori solari vengono connessi in sistemi serie-parallelo. Il circuito primario dell'impianto è costituito dall'insieme dei collettori solari collegati in serie/parallelo al fine di ottenere il riscaldamento del fluido termovettore secondo temperature e portate prefissate, e l'insieme dei dispositivi atti al trasferimento del calore raccolto dai collettori allo scambiatore di calore che rappresenta l'interfaccia tra circuito primario e secondario. Nei sistemi a circolazione forzata il circuito primario è costituito da un dispositivo dedicato alla circolazione del fluido (pompa di circolazione), dispositivi di controllo del funzionamento dell'impianto, organi di sicurezza (vaso di espansione, valvole di sicurezza, valvole di sfogo aria, valvole di non ritorno), lo scambiatore di calore che cede l'energia termica raccolta dal circuito primario al circuito secondario con una configurazione diversa a seconda del tipo di utilizzo dell'energia termica raccolta.

Il calcolo dell'irraggiamento sul piano dei collettori, sia per sistemi "Costruiti in loco" che per sistemi "Monoblocco", dovrà essere effettuato secondo quanto stabilito dalla norma UNI 8477 parte 1ª a partire dai dati sull'orizzontale desunti dalla norma UNI 10349 oppure dai dati dell'Atlante Europeo della Radiazione Solare o, infine, dalle pubblicazioni "La radiazione Solare globale al suolo in Italia" a cura dell'ENEA. Per quanto riguarda la produzione di acqua calda sanitaria è necessario stimare il fabbisogno di acqua calda sanitaria dell'utenza in esame. Il calcolo dell'energia termica deve essere stimato dalle bollette energetiche dei precedenti tre anni. Qualora non siano disponibili o rappresentativi, dati specifici sul consumo di acqua calda sanitaria, i consumi energetici possono essere valutati secondo le indicazioni riportate nella seguente tabella:



	<i>litri/giorno procapite</i>	<i>Kcal/giorno procapite</i>	<i>MJ/giorno procapite</i>	<i>KWhth/giorn o procapite</i>	<i>NOTE litri/giorno procapite</i>
Abitazione	50	1650	6,9	1,92	--
Ospedale	60	1980	8,29	2,30	Per posto letto
Case di riposo	40	1320	5,52	1,53	--
Scuole	5	165	0,69	0,192	--
Caserme	30	990	4,14	1,15	--
Industrie	20	660	2,76	0,767	--
Uffici	5	165	0,69	0,192	--
Campeggi	30	990	4,14	1,15	Per persona
Hotel alta cat.	160	5280	22,1	6,14	Per stanza
Hotel bassa cat.	100	3300	13,82	3,84	Per stanza
Palestre	35	1155	4,84	1,34	Per utilizzatore
Lavanderie	6	198	0,83	0,23	Per Kg. Lavato
Ristoranti	10	330	1,38	0,38	Per pasto
Bar	2	66	0,27	0,076	Per consumazione

**ipotesi: T acqua in ingresso 12°C T di fornitura 45°C.**

### 3) Suggerimenti sul come conseguire gli obiettivi di progetto

Nel caso di impianti dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria e al riscaldamento dell'acqua delle piscine presso utenze ad uso continuativo il dimensionamento della superficie captante può essere effettuato sulla minima superficie in grado di garantire nel mese di maggio l'intera copertura del fabbisogno per mezzo della sola fonte solare.

Nel caso di impianti dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria presso utenze ad uso stagionale (aprile – ottobre) e al riscaldamento dell'acqua delle piscine estive, il dimensionamento della superficie captante può essere effettuato sulla minima superficie in grado di garantire nel mese a più alta insolazione l'intera copertura del fabbisogno per mezzo della sola fonte solare.

Per quanto riguarda l'orientamento dei collettori non sono efficaci orientamenti verso il quadrante Nord (Est, Nord-Est, Nord, Nord-Ovest, Ovest). Orientamenti ad Est e ad Ovest possono essere considerati solo se non esistono altre opzioni di orientamento dei collettori verso il quadrante Sud.

Nel caso di installazioni su tetto a falda (esclusi gli edifici industriali), al fine di rispettare criteri di corretto inserimento architettonico dei collettori, devono essere valutate attentamente installazioni di collettori solari con orientamenti e inclinazioni diversi dall'inclinazione e orientamento della falda.

Nel caso di installazione di collettori solari su superficie piana valgono le seguenti raccomandazioni indicative:

- Al fine di ottenere le migliori efficienze per il collettore solare i collettori dovrebbero essere orientati a Sud con una tolleranza massima pari a  $\pm 10^\circ$  sessagesimali.
- Nel caso in cui il carico sia all'incirca costante durante i mesi dell'anno, l'inclinazione preferibile è quella pari alla latitudine del luogo  $\pm 5^\circ$  sessagesimali.
- Nel caso in cui il carico sia prevalentemente estivo l'inclinazione preferibile è quella pari alla latitudine del luogo diminuita di 10 – 15 gradi sessagesimali.
- Nel caso in cui il carico sia prevalentemente invernale l'inclinazione preferibile è quella pari alla latitudine del luogo aumentata di 10 – 15 gradi sessagesimali.

Per impianti solari che integrino produzione di acqua calda sanitaria e riscaldamento degli ambienti l'inclinazione potrà essere superiore a quella sopra indicata al fine di privilegiare la produzione invernale di energia termica per il riscaldamento degli ambienti.

Per il calcolo della resa termica degli impianti, per i sistemi "Costruiti in loco", il calcolo delle rese mensili e annuale dell'impianto solare termico dovrà essere effettuato secondo quanto richiesto dalla norma UNI 8477 parte 2a (metodo f-chart), o mediante programmi di simulazione (come TSOL o TRNSYS).

Per i sistemi "Monoblocco" la resa energetica dell'impianto deve essere calcolata in accordo alla EN 12976-2 utilizzando il metodo CSTG.

Gli impianti dovranno in generale rispettare le prescrizioni delle norme EN 12975-1, EN 12976-1, EN12977-1. In particolare:

**Qualità dell'acqua:** il sistema deve essere progettato in modo da impedire la contaminazione dell'acqua calda sanitaria contenuta nel serbatoio di accumulo, per cui dovrà avere opportuno trattamento anticorrosivo per idoneità alimentare tipo teflonatura, smaltatura vetrificazione o utilizzo di acciaio inox.

**La resistenza al congelamento:** il costruttore deve garantire, per le parti esterne, quanto necessario al mantenimento di una temperatura minima onde evitare ogni tipo di danneggiamento. Inoltre per le parti collocate all'interno, queste devono essere installate in luoghi con temperatura superiore ai 0°C, qualora ciò non fosse possibile, le parti stesse devono essere adeguatamente protette. Il costruttore deve definire la composizione del liquido di scambio termico impiegato per il sistema, utilizzando miscele di acqua e Glicole MonoPropilenico inibito, nelle seguenti percentuali in volume: Temperatura di Congelamento in rapporto al variare: % Acqua % Glicole MonoPropilenico per - 10°C, 75, 25; per - 15°C, 64, 32; per - 32°C, 50, 50; per - 40°C, 45, 55.

Ogni precauzione deve essere presa per tener conto del deterioramento del liquido antigelo utilizzato a seguito del funzionamento del sistema in condizioni di sovra-temperatura e di durata nel tempo (è necessario verificare ogni anno l'acidità della miscela).

E' comunque vietato l'uso del Glicole MonoEtilenico di natura tossica.

**La protezione dalle sovra-temperature:** il sistema deve essere progettato in modo da evitare che l'utente finale sia costretto a effettuare operazioni particolari nel caso in cui il sistema permanga per lungo tempo esposto ad alti livelli di insolazione con conseguente aumento della temperatura del fluido termovettore. Se il sistema è dotato di un apparato in grado di espellere acqua calda dal serbatoio sostituendola con acqua di rete, ogni precauzione deve essere presa per evitare danneggiamenti al sistema, agli impianti preesistenti e alle persone.

**La prevenzione dalle inversioni del flusso:** il sistema deve essere dotato di protezioni idonee ad impedire inversioni di flusso che incrementerebbero le perdite termiche.

**La resistenza alle sovra-pressioni:** il sistema deve essere progettato in modo da non eccedere la massima pressione stabilita per ogni suo componente. Ogni circuito chiuso del sistema deve essere dotato di valvola di sicurezza.

**La sicurezza elettrica:** tutte le parti elettriche in dotazione al sistema devono essere conformi alle normative elettriche vigenti.

**La qualità dei materiali e componenti installati:** la documentazione relativa alla certificazione dovrà contenere la curva di efficienza e quella delle perdite di carico, ottenute secondo lo Standard ISO 9806 – 1 per i collettori vetrati e ISO 9806 – 3 per quelli scoperti. Nella documentazione dovrà essere chiaramente indicata l'area di riferimento utilizzata per l'ottenimento della curva di efficienza. A partire dal 1 Gennaio 2004 il collettore ed i sistemi nel loro complesso devono essere conformi a quanto richiesto nei "General Requirements" delle norme EN e dovranno essere testati in accordo ai "Test Methods" prescritti dagli stessi Standard ( si fa presente che per i collettori oltre a richiedere le prove di efficienza e perdite di carico, le norme EN prescrivono tutta una serie di prove atte a testare la resistenza del collettore alle sovra pressioni e sovra temperature, agli shock termici, all'invecchiamento, alle azioni del vento, ai sovra carichi dovuti alla neve e agli effetti della grandine etc.). Il

laboratorio esecutore delle prove dovrà essere necessariamente accreditato. A partire dal 1 Gennaio 2004 tutte le aziende produttrici dovranno aver avviato la pratica di certificazione ISO9000 (VISION 2000) e dovranno essere certificati comunque entro il 31/12/2004.

*Gli equipaggiamenti di sicurezza:* le valvole di sicurezza utilizzate devono essere idonee alle condizioni operative del sistema.

**Prescrizioni strutturali:** per la struttura di supporto deve essere specificato il carico massimo dovuto alla neve o all'azione del vento. Le dimensioni, il numero ed il peso dei sistemi di pannelli solari installati devono risultare compatibili alle caratteristiche dimensionali e strutturali del manufatto oggetto dell'intervento. In particolare:

- i carichi derivanti dai suddetti sistemi devono garantire la stabilità del solaio di copertura;
- il fissaggio dei sistemi solari deve conservare l'integrità della copertura esistente ed escludere il rischio di ribaltamento da azioni eoliche, anche eccezionali, da sovraccarichi accidentali e deve garantire l'impermeabilizzazione della superficie di appoggio.

I serbatoi impiegati saranno per uso acqua calda sanitaria ed idonei per acqua potabile con trattamento interno anticorrosivo e collaudati per una pressione massima di esercizio di almeno 6 bar. Per ciò che riguarda l'isolamento i serbatoi dovranno essere conformi al DPR 412/93.

Ogni singolo serbatoio dovrà essere dotato di:

- Sfiato aria automatico
- Vaso di espansione a membrana intercambiabile di tipo alimentare sul circuito di alimentazione acqua fredda
- Valvola di sicurezza con taratura inferiore alla pressione massima di esercizio del serbatoio di accumulo
- Indicatore temperatura dell'acqua calda sanitaria (solo per i sistemi "Costruiti in loco")
- Manometro per l'indicazione della pressione di rete e, qualora necessario, un riduttore di pressione.

Per gli impianti dotati di più serbatoi, ogni serbatoio dovrà essere collegato alla rete idraulica di distribuzione in modo da poter essere messo fuori servizio e mantenuto senza che questo impedisca la funzionalità della restante parte dell'impianto solare.

Per gli impianti a circolazione forzata, i serbatoi saranno del tipo verticale. Potranno essere utilizzati serbatoi orizzontali qualora, per motivi logistici, i serbatoi verticali non potessero essere utilizzati.

I sistemi solari a circolazione forzata devono essere regolati con centraline elettroniche specifiche che prevedano, oltre la gestione del funzionamento della pompa di circolazione, anche la protezione antigelo; la protezione temperatura massima collettore; la protezione temperatura massima bollitore.

Gli impianti solari termici destinati alla produzione di acqua calda sanitaria dovranno essere dotati di valvola miscelatrice termostatica per contenere la temperatura di utilizzo al di sotto dei limiti prescritti dal DPR 412/93.

Si consiglia infine di adottare, quando possibile, insieme all'installazione degli impianti solari termici, misure di risparmio energetico quali ad esempio l'utilizzo di caldaie a condensazione, di sistemi solari passivi per la riduzione dell'energia necessaria per il riscaldamento e/o il raffrescamento di ambienti, di dispositivi di copertura del pelo libero dell'acqua delle piscine nei momenti di non utilizzo, etc.

Per il monitoraggio della percentuale di copertura si richiede l'installazione di sistemi di monitoraggio

Per i sistemi "monoblocco" (circolazione naturale, o ad accumulo integrato): di taglia inferiore agli 8 mq si richiede l'installazione di un contabilizzatore idraulico, immediatamente a valle del serbatoio di accumulo a monte del sistema tradizionale di

riscaldamento; di taglia tra gli 8 e 20 mq, si installa un contabilizzatore di calore immediatamente a valle del serbatoio di accumulo a monte del sistema tradizionale di riscaldamento; di taglia superiore ai 20 mq si richiede l'installazione di due contabilizzatori di calore di cui il primo immediatamente a valle del serbatoio di accumulo a monte del sistema tradizionale di riscaldamento; l'altro presso l'utenza finale al fine di valutare l'apporto solare ed il consumo energetico complessivo.

Per i sistemi a circolazione forzata:

di taglia inferiore agli 8 mq si richiede l'installazione di un contabilizzatore idraulico sul circuito primario; di taglia tra 8 e 20 mq occorre installare un contabilizzatore di calore sul circuito primario tra i collettori solari e lo scambiatore di calore; di taglia superiore ai 20 mq occorre installare: un contabilizzatore di calore sul circuito primario tra i collettori solari e lo scambiatore di calore; un secondo contabilizzatore presso l'utenza finale al fine di valutare l'apporto solare ed il consumo energetico complessivo.

## **Scheda 2.4 Energia elettrica da fonti non rinnovabili e rinnovabili**

### **SPECIFICHE**

Categoria di requisito: ENERGIA ELETTRICA

#### ***1) Inquadramento della problematica***

Il problema della gestione dell'energia, coinvolge tutti i settori di vita: industria, agricoltura, civile, terziario, pubblica amministrazione. La gestione energetica non riguarda solo il rifornimento e la distribuzione, ma comprende una razionalità nell'uso finale dell'energia nei punti di utilizzazione. Pertanto il risparmio energetico è una esigenza vitale della società moderna, che può essere perseguita sia mediante adozione di sistemi e tecnologie a più alta efficienza e miglior controllo, ma anche modificando le abitudini dell'utente.

La fotografia attuale dei consumi di energia elettrica indica una percentuale di circa 30% di utilizzo in ambito residenziale, in uffici e aree commerciali; buona parte di questa energia è destinata alla climatizzazione dei locali; altra voce importante di spesa energetica è rappresentata dagli elettrodomestici ed apparati elettrici ed elettronici come tv radio, computer ecc; anche i sistemi frigo hanno una considerevole necessità di energia mentre l'illuminazione rappresenta una piccola quota dei consumi totali (circa il 2%) ma non irrilevante, in quanto rappresenta comunque il 15% dei costi dell'energia elettrica mediamente consumata in uso residenziale.

Un'analisi annuale evidenzia che nelle abitazioni la media di spesa per l'energia elettrica è di circa 650 €, con un consumo medio di 3.500 kWh. L'energia elettrica consumata per illuminazione può costituire da sola il 15% della bolletta di una famiglia con un consumo annuo di 800-850 kWh ed una spesa di circa 170 €.

Il risparmio energetico si basa su un consumo intelligente, sul sapere quanto ci costa energeticamente ciò che utilizziamo, e su come possiamo migliorare tali consumi.

#### ***2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica***

Le modalità e le soluzioni per affrontare la problematica del risparmio energetico sono molteplici. Elenchiamo di seguito le principali

- utilizzo di elettrodomestici di classe A
- utilizzo di dispositivi per il controllo automatico delle sorgenti luminose
- realizzazione di un buon rifasamento
- gestione dei motori elettrici nell'industria
- utilizzo di impianti di condizionamento più efficienti
- utilizzo di impianti di produzione di energia rinnovabile

### 3) Suggerimenti sul come conseguire gli obiettivi di progetto

#### Elettrodomestici

Gli elettrodomestici di classe A sono apparecchi costruiti in modo tale da consumare meno energia e quindi già con l'utilizzo di questi elettrodomestici a basso consumo (a risparmio energetico), si può ridurre i consumi.

Elettrodomestico	Apparecchi tradizionali (kWh/anno)	Apparecchi classe A (kWh/anno)
Frigorifero	560	320
Congelatore	520	300
Illuminazione	420	84
Lavatrice	570	360
Lavastoviglie	672	504
Forno elettrico	156	78
Forno Microonde	0	39
Televisore funzionamento	130	130
Televisore stand-by	105	0
Videoregistratore funzionamento	55	55
Videoregistratore stand-by	110	0
Computer	160	120
Computer stand-by	100	0
Hi-Fi funzionamento	20	20
Hi-Fi stand-by	60	0
Altri apparecchi	423	265
<b>TOTALE</b>	<b>4061</b>	<b>2275</b>

#### Illuminazione

Nell'illuminazione si possono attuare molti accorgimenti per risparmiare in termini di energia elettrica. Innanzi tutto conviene ricordare che con la semplice sostituzione delle lampadine e lo spegnimento dei vari televisori, computer, quando inutilizzati, otteniamo già un risparmio di circa 600-700 kWh/anno.

Inoltre il settore delle tecnologie per l'illuminazione efficiente è in continua evoluzione e consente di conseguire risparmi energetici molto elevati, spesso compresi fra il 30% ed il 50%, offrendo contestualmente un comfort visivo migliore. Gli interventi realizzabili ricadono in due categorie principali:

- sostituzione di componenti e sistemi con altri più efficienti (lampade, alimentatori, corpi illuminanti, regolatori);
- adozione di sistemi automatici di regolazione, accensione e spegnimento dei punti luce (sensori di luminosità e di presenza, sistemi di regolazione e controllo come crepuscolari e timer con programmazione digitale).

Lampade a confronto	Ad incandescenza	A fluorescenza
Consumo (Watt)	100	20
Rendimento (Lumen)	1.300	1.300
Durata (Ore)	1.000	8.000
Costo (Euro)	1,3	18
Costo per 8000 ore di esercizio	130 Euro	42 Euro

Il regolatore di flusso luminoso è un sistema modulare per l'ottimizzazione della gestione dei consumi negli impianti di illuminazione con lampade a scarica (neon, vapori di mercurio, vapori di sodio, alogenuri). La caratteristica particolare di gestione dell'energia fornita al carico, consente di effettuare risparmi di consumo fino al 50%.

La peculiarità nasce dal fatto che le lampade a scarica hanno una caratteristica "potenza di alimentazione/illuminazione resa" non lineare. Sfruttando questa caratteristica è possibile limitare il flusso di potenza ceduto alle lampade.

E' possibile utilizzare questo sistema in tutte quelle strutture che utilizzano la tipologia di lampade citate quali supermercati, grandi magazzini, strade, gallerie, piazze, grandi aree coperte in genere, parcheggi, centri commerciali, capannoni industriali.

I vantaggi possono quindi essere individuati in:

- Risparmio energetico fino al 50% dei costi di manutenzione degli impianti
- Arresto pressoché totale del decadimento delle caratteristiche delle lampade dovuto al loro invecchiamento
- Controllo dell'inquinamento luminoso
- Funzionamento ridotto dell'impianto di condizionamento per la minore quantità di calore emessa dalle lampade
- Possibilità anche di correlare la funzione di ottimizzazione di tensione con l'intervento di un orologio; in tal modo si può operare una drastica riduzione del flusso luminoso nei periodi in cui non esiste la necessità di piena potenza luminosa.

### Rifasamento

Nei circuiti con particolari utilizzatori come le lampade a filamento, gli scaldacqua, certi tipi di forni, la *potenza apparente* assorbita è tutta *potenza attiva*.

Nei circuiti con utilizzatori che hanno al loro interno avvolgimenti come i motori, le saldatrici, gli alimentatori delle lampade fluorescenti, i trasformatori, una parte della potenza apparente

assorbita viene impegnata per eccitare i circuiti magnetici e non è quindi impiegata come potenza attiva ma come potenza generalmente chiamata *potenza reattiva*.

Il *fattore di potenza* (si indica con  $\cos\phi$  e si legge  $\cos\phi$ ) è il rapporto tra potenza attiva e potenza apparente: è uguale a 1 nel primo caso di circuiti considerato, è inferiore a 1 nel secondo caso.

Un apparecchio utilizzatore con basso fattore di potenza richiede alla rete più potenza apparente (e quindi più corrente) di quella che richiederebbe qualora avesse un fattore di potenza più elevato. Un basso  $\cos\phi$  causa nell'impianto diversi inconvenienti che si riflettono, oltre che sul rendimento, anche sui costi di esercizio:

- diminuzione della potenza disponibile sugli impianti di alimentazione e sovradimensionamento degli impianti a parità di potenza attiva;
- aumento delle cadute di tensione, con conseguenze negative sul funzionamento degli apparecchi utilizzatori;
- aumento delle perdite di energia nei conduttori a causa della maggiore intensità di corrente in circolazione a parità di potenza;
- maggior costo dell'energia a causa delle maggiorazioni tariffarie previste in relazione all'energia reattiva fornita.

Per migliorare il  $\cos\phi$  si può agire con una serie di accorgimenti tecnici quali:

- usare motori e trasformatori correttamente dimensionati, in modo che non debbano funzionare troppo a lungo a carico ridotto;
- non lasciare motori e trasformatori in funzione senza carico;
- non mantenere in esercizio motori difettosi.

Se ciò non fosse sufficiente occorre rifasare. Per rifasare si ricorre ai condensatori (detti rifasatori) che compensano quella potenza reattiva sopra citata. E' quindi importante ricordare che il rifasamento è un valido mezzo per il risparmio energetico.

### Gestione dei motori elettrici

Da uno studio svolto sulle risorse energetiche si è potuto stimare che i consumi di energia elettrica nell'industria sono dovuti per il 74% all'utilizzo di motori elettrici. Non esiste infatti macchina o impianto di produzione che non abbia al suo interno almeno un motore elettrico necessario al suo funzionamento.

Un modo per realizzare un risparmio energetico è quello di utilizzare motori elettrici ad alta efficienza.

I motori elettrici ad alta efficienza sono motori che hanno minori perdite (meccaniche, per effetto Joule, perdite nel ferro) rispetto a quelli tradizionali. I costi iniziali di acquisto ed installazione sono ammortizzati dal risparmio di energia elettrica consumata.



Un altro modo per razionalizzare i consumi di energia elettrica è quello di attuare una regolazione elettronica di funzionamento dei motori elettrici.

Generalmente, i motori industriali funzionano solo al 50% della loro capacità nominale. In molte situazioni funzionano in continuo a basso carico in quanto sono dimensionati per far fronte a condizioni di carico massime che si incontrano soltanto raramente. Tutto questo si traduce in spreco di energia.

Esistono per questo in commercio speciali apparecchiature (soft-start/soft-stop) in grado di adattare dinamicamente (con tempi di reazione fino a 1/100 di secondo) la potenza del motore alle variazioni di carico, con conseguente risparmio energetico.

Queste apparecchiature effettuano in qualsiasi istante un "dimensionamento elettronico" del motore a seconda del lavoro che è chiamato a svolgere. Ciò significa che il motore funziona sempre in "condizioni ideali di pieno carico" con livelli di efficienza prossimi al 100%.

#### Utilizzo di impianti fotovoltaici

Mediante l'installazione di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica è possibile ottenere energia elettrica convertendo la radiazione solare incidente sul pannello fotovoltaico. Le soluzioni impiantistiche sono essenzialmente due:

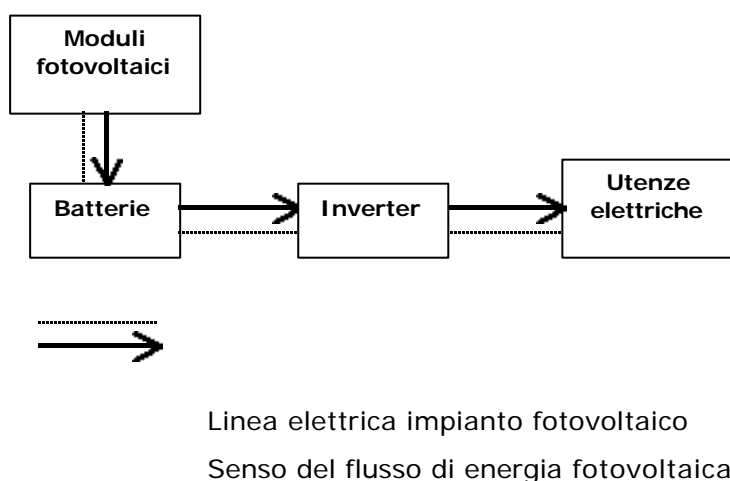
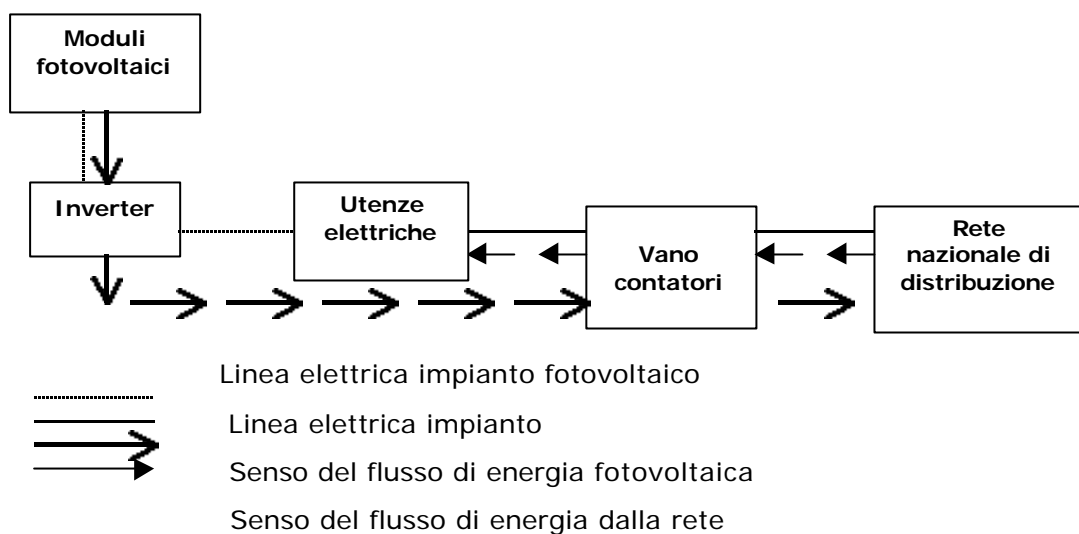
#### **1) Impianto a moduli fotovoltaici con connessione alla rete elettrica nazionale (grid connected):**

questi tipi di impianti solari fotovoltaici producono corrente elettrica che viene immessa, una volta convertita in corrente alternata a 220 Volt, nella rete del Gestore.

Questo avviene attraverso un contatore speciale installato in parallelo al contatore tradizionale per la misura dei consumi.

Installare questo tipo di impianto comporta:

- vantaggi ecologici in quanto si ha produzione di energia pulita con un risparmio di CO<sub>2</sub> immessa in atmosfera (0,75 kg/kWh);
- risparmio economico nel tempo in quanto l'impianto fotovoltaico produrrà energia che verrà venduta all'ente fornitore per tutto l'anno.
- Installare un sistema solare fotovoltaico significa comprare in anticipo l'energia elettrica che si userà nei prossimi decenni, avendo così la certezza che tale costo rimarrà costante (diversamente da quanto avviene acquistando l'energia tradizionale);
- l'assenza di batterie di accumulo dell'energia prodotta porta ad un rispetto ulteriore dell'ambiente in quanto si evitano problemi di manutenzione e smaltimento delle stesse;
- manutenzione praticamente nulla.



## **2) Impianto a moduli fotovoltaici per utenze isolate (stand alone):**

questi tipi di impianti solari fotovoltaici producono corrente elettrica, che viene utilizzata per caricare delle batterie, normalmente a 12-24 Volt, in modo da poter utilizzare l'energia elettrica, prodotta dai moduli fotovoltaici, in un qualsiasi momento della giornata. Normalmente questi tipi di impianti sono usati laddove la fornitura di energia elettrica dalla rete pubblica non arriva con i propri cavi, quindi baite di montagna, o case in campagna, oppure nel caso ci si voglia staccare completamente o parzialmente dalla rete nazionale. Anche se in realtà, staccarsi completamente, può creare seri problemi nel momento in cui ci siano guasti, o giornate particolarmente nuvolose, oltre al fatto che comunque in linea di massima, risulta più conveniente cedere l'energia prodotta direttamente al Gestore della Rete, piuttosto che conservarla in batterie costose e che una volta in disuso diverranno materiale altamente inquinante.

## **Scheda 2.5 riduzione consumi idrici**

### **SPECIFICHE**

Categoria di requisito: CONSUMO DI ACQUA POTABILE

#### **1) Inquadramento della problematica**

Il ciclo delle acque deve essere progettato in modo da garantire il minor consumo possibile dell'acqua potabile, di alta qualità, mantenendo un elevato grado di comfort per gli utenti, e l'utilizzo di sorgenti alternative di minor qualità (acque grigie ed acque meteoriche) per tutti gli utilizzi concessi dalle normative vigenti all'interno ed all'esterno delle abitazioni.

Per la riduzione dei consumi idrici possono essere utilizzate differenti strategie tra le quali si ricordano:

- Monitoraggio dei consumi;
- Raccolta e recupero di acqua piovana o di acque grigie.
- Adozione di adeguati strumenti tecnologici (miscelatori, interruttori automatici ecc.)

#### **2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica**

Numerosi sono gli interventi praticabili che consentono un notevole risparmio idrico e verso i quali si è avuto recentemente una crescita di interesse da parte sia del mondo scientifico che delle autorità competenti. Esistono apparecchiature molto semplici che consentono di risparmiare fino al 50% sul consumo di acqua fredda e acqua calda: dimezzare i consumi di acqua consente di risparmiare non solo acqua potabile ma anche il combustibile per riscaldarla, con un conseguente risparmio energetico (ed economico) e una diminuzione dell'inquinamento dell'aria e dell'effetto serra. Di comune e semplice utilizzo sono i sistemi di riduzione dei flussi idraulici applicabili sulla rubinetteria ed i sistemi per il risciacquo dei WC.

### **SISTEMI PER RUBINETTERIA**

Nel mercato esiste un'ampia offerta di rubinetteria e di dispositivi adattabili che razionalizzano il consumo dell'acqua. Fra i sistemi di rubinetteria si trovano i rubinetti monocomando, i rubinetti con temporizzatore, con chiusura elettronica, ecc. Ci sono anche dispositivi che possono essere adattati a differenti sistemi di rubinetteria: diffusori, riduttori di flusso e interruttori di flusso. Molti modelli nuovi di rubinetteria hanno già incorporati questi dispositivi.

Anche se le diverse marche commerciali utilizzano spesso terminologie differenti, il principio di funzionamento è lo stesso. Inoltre, questi dispositivi sono quasi sempre compatibili fra loro; ad esempio è possibile trovare modelli che possiedono, allo stesso tempo, un sistema a monocomando con riduttore di flusso e con diffusore incorporato. Nella successiva tabella sono

riportati valori realistici e comprovati di percentuali di riduzione dei consumi con l'adozione dei diversi dispositivi di risparmio idrico per rubinetteria.

<b>Risparmi da sistemi di rubinetteria</b>	
Limitatori di flusso	50%
Diffusori/ aeratori	30-70%
Interruttori meccanici di flusso	10-40%
Rubinetti monocomando	30-40%
Rubinetti con temporizzatore	30-40%
Rubinetti elettronici	40-50%
Rubinetti termostatici	50%

## **SISTEMI PER WATER**

Esistono diversi sistemi per il risparmio dell'acqua nell'uso dei water. In generale, i moderni sistemi di scarico regolano le quantità di scarico a 6 litri, con interruzione opzionale a 3 litri, rispetto a una cisterna convenzionale di 9 litri. Questi dispositivi fanno in modo che il risparmio d'acqua arrivi fino a un 60%, però la maggior parte ottengono un risparmio fra il 35 e il 50%, visto che non sempre vengono utilizzati adeguatamente.

Alcuni di questi sistemi, per diminuire il consumo dell'acqua nell'uso dei water, possono essere installati all'interno della cisterna senza bisogno di cambiarla, come nel caso dell'introduzione di un oggetto (es. bottiglie piene d'acqua) che, occupando un determinato volume, diminuiscono la quantità d'acqua che entra. Tuttavia, alcuni dei water più moderni posseggono dei meccanismi più sofisticati, che permettono di economizzare acqua regolando il riempimento della cisterna e limitando lo scarico con un doppio pulsante. I risparmi d'acqua che si ottengono variano in funzione delle dimensioni della cisterna e del corretto uso che viene fatto del dispositivo (pulsanti a doppio scarico).

## **SISTEMI PER RUBINETTERIA**

### **Limitatori di flusso**

Sono dispositivi che permettono di regolare il flusso dell'acqua in funzione delle necessità e della pressione. Alcune marche commerciali li chiamano anche regolatori d'apertura. Si tratta di dispositivi meccanici che limitano il passaggio massimo dell'acqua. La loro regolazione è meccanica e devono essere installati fra la chiave di chiusura e il flessibile, nel caso dei rubinetti dei lavandini e dei bidet, e fra il rubinetto e il flessibile nel caso delle docce.

I modelli più moderni di rubinetteria possono averlo incorporato all'interno della cartuccia, così che possono essere regolati solamente dopo aver smontato la parte superiore. La loro manipolazione per la regolazione del flusso è semplice, basta girare una vite con un cacciavite regolando l'apertura secondo le necessità in funzione del tipo di rubinetto (lavandino, doccia, ecc.).

Il risparmio d'acqua che si può ottenere dipenderà dalla modificazione del flusso, generalmente questi dispositivi permettono di ridurre il flusso massimo fino a un 50%.

## Diffusori

Sono dispositivi che miscelano aria con l'acqua, anche quando il flusso dell'acqua presenta una pressione bassa.

Hanno una forma cilindrica e si collocano all'estremità del rubinetto.



Oltre all'aeratore, sono forniti anche di un limitatore di flusso, ed entrambi i dispositivi polverizzano l'acqua a una pressione continua (funzionano anche con 1 bar di pressione). Quest'effetto produce un aumento di volume dell'acqua, in modo che, con un flusso minore, si ottengono lo stesso effetto e la stessa comodità.

Sul mercato esistono molte marche di modelli adattabili ai diversi tipi di rubinetteria (per lavandini, docce, cucina, ecc.) e s'installano mediante una vite interna o esterna.

Alcuni di questi dispositivi sono stati concepiti anche per evitare i blocchi causati dall'accumulazione del calcare, e ciò aiuta a mantenere in buono stato la rubinetteria e ne allunga la sua vita utile.

Il loro prezzo sul mercato è basso e s'installano facilmente. Consentono di ridurre il consumo d'acqua dal 30 al 70%, per cui l'installazione viene raccomandata in tutti i rubinetti, dato che aumentano la loro efficacia. I sistemi di rubinetteria più moderni li hanno incorporati dalla fabbricazione.



## Limitatori di pressione

I limitatori di pressione sono dei dispositivi che possono essere collocati nella tuberia d'entrata dei bagni o anche nella tuberia d'entrata di tutto un piano.

Questi dispositivi sono valvole che riducono la pressione dell'acqua. Anche se non consentono un risparmio netto d'acqua, sono utili in quanto evitano i bruschi cambi di pressione della rete, prodotti dall'uso massiccio di docce e di lavandini in determinate ore della giornata.

Queste valvole possono essere regolate secondo le necessità di ogni piano o di ogni bagno, limitando la pressione massima d'entrata dell'acqua.

La loro installazione è raccomandabile non soltanto nelle installazioni alberghiere, dove si consuma molta acqua in determinate ore del giorno, ma anche in eventuali aree separate (es. palestre), dove siano presenti docce collettive, per evitare le differenze di pressione che si producono quando la doccia è utilizzata contemporaneamente da più persone.



**Alcuni tipi di riduttori di pressione in commercio**

### **Interruttori meccanici di flusso**

Sono dispositivi che si chiudono o si aprono, semplicemente, azionando una leva.

È un sistema raccomandato per le docce con due entrate d'acqua, dato che questi dispositivi permettono d'interrompere il flusso dell'acqua al momento d'insaponarsi e di riattivare la doccia senza necessità di regolare nuovamente la temperatura. In questo modo si evitano il corrispondente spreco d'acqua e di energia che si produce mentre si regolano di nuovo la temperatura ed il flusso.

Il risparmio che si può ottenere varia in funzione dell'utilizzo da parte dell'utente, dato che sarà lui ad interrompere il flusso azionando il dispositivo. Tuttavia, è possibile ipotizzare una riduzione del consumo d'acqua che varia dal 10 al 40 % .



### **Rubinetti monocomando**

I sistemi di rubinetteria monocomando offrono importanti vantaggi, non soltanto perché la maggior parte dei modelli disponibili sul mercato possiedono già dispositivi di risparmio dell'acqua incorporati, come limitatori di flusso o diffusori, ma anche perché permettono di regolare meglio e più velocemente il flusso dell'acqua e la sua temperatura evitando sprechi.

I risparmi che si ottengono dipendono dal limitatore di flusso e dal diffusore di cui sono forniti; in generale, è ipotizzabile che possano raggiungere una quota pari al 50%.

### **Rubinetti con temporizzatore**

I temporizzatori sono dei meccanismi che chiudono il flusso automaticamente, dopo un determinato periodo di tempo. Esistono rubinetti con temporizzatore sia per lavandini che per docce e, usualmente, hanno incorporato un limitatore di flusso.

I rubinetti con temporizzatore possiedono un pulsante che, quando viene premuto, fa scendere un pistone interno dentro un piccolo cilindro; questo cilindro si riempie poco a poco e fa salire nuovamente il pistone. Il tempo che viene impiegato dal cilindro a riempirsi d'acqua costituisce la dimensione della "temporizzazione".

I temporizzatori per lavandini hanno quasi sempre un cilindro che si riempie in 10/15 secondi circa (a seconda del modello e del flusso); mentre quelli per docce hanno un cilindro che si riempie, usualmente, in circa 30 secondi.

Sul mercato ci sono marche di rubinetteria che commercializzano rubinetti con temporizzatore sia per lavandini sia per docce, e che permettono di regolare il tempo d'uscita dell'acqua da 5-7 secondi fino a 40-45 secondi.

I risparmi d'acqua possono costituire una quota pari al 30-40% per le docce e al 20-30% per i lavandini.



### Rubinetti elettronici

Nella rubinetteria convenzionale, quando ci si lava le mani, si apre un rubinetto all'inizio e non lo si chiude fino alla fine; in un rubinetto elettronico il flusso s'interrompe automaticamente ogni volta che si ritirano le mani dal lavandino.

Il flusso e la temperatura sono pre-regolati, anche se l'utente può modificarli con il comando apposito.

Come sistema di sicurezza, nel caso della presenza continua di un oggetto, il rubinetto si chiude automaticamente dopo circa 30 secondi.

È importante tener conto che, per la loro collocazione, è necessario che l'installazione elettrica arrivi fino al rubinetto, a meno che questo non funzioni a batterie (dipende dal modello).

Il loro prezzo è più elevato rispetto ad altri modelli; tuttavia, consentono di risparmiare circa un 40-50% del consumo dell'acqua.

### Rubinetti termostatici

I rubinetti termostatici possiedono un preselettore di temperatura che mantiene l'acqua alla temperatura selezionata, in modo che, quando si chiude e si riapre il rubinetto, l'acqua mantiene la stessa temperatura.



Questi rubinetti vengono utilizzati soprattutto nelle docce e consentono di risparmiare non soltanto acqua ma anche energia, dato che non viene consumata acqua al momento di regolare nuovamente la temperatura. Sono inoltre forniti di

limitatori di flusso e diffusori.

I fabbricanti assicurano la possibilità di ottenere risparmi nel consumo d'acqua fino a un 50%.

## SISTEMI PER WATER

### Limitatori di scarico

Possono essere collocati nelle cassette di scarico per wc convenzionali. Sono dispositivi che vengono incorporati nel bacino di traboccamento o sopra la valvola di scarico del water. Quando si aziona normalmente la cisterna, il dispositivo fa in modo che si chiuda la valvola dopo uno scarico di pochi litri. Se si ha bisogno di uno scarico maggiore, si deve azionare la cisterna per tre o quattro secondi.

### Cassette per wc con interruzione di scarico

Sono cassette di scarico che possiedono un unico pulsante con un meccanismo che interrompe lo scarico dell'acqua quando viene premuto una seconda volta oppure quando si smette di premerlo.

Questo sistema è disponibile per quasi tutte le marche di sanitari conosciute.

Poiché la cisterna si svuota di meno, impiega anche meno tempo a riempirsi e, ovviamente, diminuisce la quantità d'acqua utilizzata.

Lo scarico breve può svuotare metà della cisterna (da 4 a 6 litri); quello lungo la svuota completamente (da 9 a 12 litri a seconda della cisterna).

### **Scarico WC con doppio pulsante**

Sono scarichi che possiedono un doppio pulsante che permette due quantità di scarico: uno scarico lungo che produce lo svuotamento completo della cisterna e uno breve che produce uno svuotamento parziale. Le quantità di scarico possono essere regolate.



### **Limitatori di riempimento**

Determinati elementi che si possono adattare o introdurre nelle cisterne limitano il riempimento o evitano uno scarico d'acqua eccessivo, alcuni di questi dispositivi sono:

- introdurre una molla nella parte inferiore della catena della cisterna, in modo che eserciti una pressione costante su questa e che, quando la catena viene rilasciata, blocchi l'uscita dell'acqua. Inoltre questa molla evita che le catene rimangano bloccate lasciando aperto lo scarico dell'acqua;
- regolare il tubo del bacino di traboccamento, impedendo che la cisterna si riempia al massimo della sua capacità; allo stesso tempo dev'essere regolato il livello del galleggiante della cisterna;
- introdurre all'interno della cisterna un oggetto (es. una bottiglia piena d'acqua e chiusa) che occupi parte del volume dell'acqua. Quando verrà azionata la cisterna, si risparmierà l'acqua equivalente al volume dell'oggetto introdotto.

### **Riferimenti normativi:**

DPR 236/88; DL 152/99

### **sinergia con altri requisiti:**

- 3.1 riutilizzo acque meteoriche
- riutilizzo acque grigie



## **Scheda 2.6 Riutilizzo dei materiali edili**

### **SPECIFICHE**

Categoria di requisito: USO DI MATERIALI DI RECUPERO

#### ***1) Inquadramento della problematica***

Il riutilizzo dei materiali da costruzione nasce dall'esigenza di ridurre al minimo l'energia incorporata (lett. dall'inglese embody energy) sia nei materiali che nei processi costruttivi, e dalla necessità di ridurre le quantità di materiali in uso; l'edilizia consuma ogni anno miliardi di tonnellate di materie prime, produce inquinamento per l'estrazione e la produzione dei materiali e richiede un'enorme quantità di energia e acqua, con inevitabili sprechi per l'ambiente, il suolo e l'aria.

Nelle costruzioni convenzionali i materiali sono tipicamente valutati solo secondo il costo di base primario, senza prendere in considerazione i costi ambientali per produzione, uso e destinazione.

L'approccio corretto è quello di valutare gli edifici attraverso i costi dell'intero ciclo di vita (LCA), considerando i costi ambientali associati alla creazione, rifornimento e assemblaggio, ma anche il loro impatto sugli abitanti dell'edificio nel momento in cui la costruzione è terminata.

Per una scelta consapevole dei materiali bisognerebbe privilegiare quelli che possono essere facilmente smantellati e riutilizzati o riciclati al termine dell'uso. Per perseguire questo obiettivo è necessario considerare:

- Le quantità di materiali scelti;
- Se i materiali sono direttamente utilizzabili o hanno bisogno di essere separati gli uni dagli altri;
- Il possibile uso in seguito alla demolizione;
- L'uso di materiali durevoli.

Nella scelta dei prodotti la quantità di componenti che lo costituiscono è preferibile che sia costituita da materiali non eccessivamente eterogenei, cioè in grado di svolgere delle funzioni integrate (ad esempio isolamenti termo-acustici di buona prestazione per entrambe le categorie), a parità di prestazioni.

#### ***2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica***

In generale per agevolare il perseguimento di tali obiettivi si può partire considerando che i materiali assemblati insieme e uniti uno all'altro sono difficili da separare e riusare, e che invece progettare l'edificio in modo che i materiali possano essere separati e riusati con facilità, comporta una riduzione degli sprechi e dei conseguenti costi.

I materiali smontabili e separabili possono essere riutilizzati o anche riciclati (reimmissione nel ciclo produttivo), contribuendo a non depauperare il territorio all'origine e a non incrementare la dispersione e i rifiuti del materiale esistente.

Inoltre il riuso di materiale da demolizione riduce i costi e gli impatti dovuti al trasporto dei materiali che influiscono enormemente sui costi di energia incorporata del materiale.

Nella fase di demolizione si può adottare un **Piano di demolizione e riuso** di cantiere, individuando aree protette dagli agenti atmosferici per l'accatastamento dei materiali da riutilizzare.

Le caratteristiche generali che i materiali devono avere per poter essere facilmente riutilizzabili e/o riciclabili si possono così sintetizzare:

- i componenti devono essere costituiti di strati omogenei ben distinti tra loro;
- i materiali per il riuso o ciclico devono essere impiegati in breve tempo senza subire degradazione delle loro caratteristiche;
- gli assemblaggi devono essere reversibili con il minimo consumo energetico.

Nella fase di progettazione si può indicare nel capitolato speciale d'appalto, l'utilizzo di materiali di recupero sia per la nuova costruzione, sia per il recupero di edifici esistenti, in particolare:

- inerti da demolizione da reimpiegare per sottofondi, riempimenti, opere esterne; malte, calcestruzzi, murature a sacco;
- infissi interni ed esterni;
- legno per strutture principali e secondarie;
- travi e putrelle in ferro;
- ferro e strutture metalliche per ringhiere e simili;
- rubinetterie, raccordi tubazioni;
- sanitari;
- mattoni e pietre di recupero per murature;
- strutture divisorie leggere;
- elementi di copertura coppi, tegole;
- pavimenti (cotto, graniglia, legno, pietra);
- pietra da taglio (soglie, gradini, paramenti);
- impianti di riscaldamento;
- eventuale terreno proveniente da sterro.

Si tratta in sostanza di considerare la **separabilità dei componenti a monte nella fase progettuale** concependo le componenti di un edificio come parti indipendenti che lavorano in

modo funzionalmente integrato e specializzato. L'edificio, in questo modo, non risulta semplicemente costruito, ma "assemblato" utilizzando materiali ed elementi tecnici che sono frutto di processi industriali controllati, che garantiscono un'alta corrispondenza tra progetto esecutivo e processo costruttivo, che consentono di rimuovere in fase di manutenzione e demolizione preliminarmente materiali classificati come pericolosi e tossico-nocivi e che permettono di rendere prioritariamente disponibili i materiali con un più alto grado di riciclabilità.

In tal modo si tratta di :

- adottare sistemi costruttivi prefabbricati e/o direttamente posabili in opera nelle strutture di elevazione verticali, orizzontali ed inclinate;
- progettare sistemi indipendenti rispetto alle strutture nelle chiusure perimetrali verticali, privilegiando sistemi assemblati a secco costituiti da strati di materiali indipendenti in grado di svolgere funzioni di isolamento termico ed acustico;
- privilegiare i sistemi ventilati nelle coperture, nelle pareti verticali realizzati secondo stratigrafie a secco o parzialmente a secco caratterizzate da materiali isolanti, a taglio acustico ed impermeabilizzanti;
- nelle partizioni interne verticali privilegiare sistemi costituiti da pannelli da posare direttamente in opera;
- privilegiare sistemi a secco o con getto di calcestruzzo collaborante nelle partizioni interne orizzontali costituiti da strati di materiali a taglio acustico e termoisolanti;
- impiegare giunti meccanici e colle reversibili (colle animali, naturali prive di emissioni nocive) nelle partizioni esterne ed interne, verticali ed orizzontali;
- adottare impianti di fornitura dei servizi (climatizzazione, idrosanitari, di smaltimento), in canaline ispezionabili e/o esterne.

### ***3) Suggerimenti su come conseguire gli obiettivi di progetto***

Il tema del riuso e del riciclo è fortemente connesso agli studi sulla Demolizione Selettiva, su cui si stanno muovendo gruppi di ricerca e progetti dimostrativi a cura di pubbliche amministrazioni<sup>2</sup>. A tal proposito è utile ricordare in ambito UNI, è stata elaborata una Guida alla Demolizione Selettiva, dal gruppo di lavoro UNI GL VII, all'interno della quale sono contemplate indicazioni progettuali ed esecutive finalizzate alla regolamentazione del processo di demolizione delle opere edilizie e di ingegneria civile.

La guida, individua i compiti degli operatori coinvolti e fornisce informazioni in merito a:

- tecniche di demolizione e di separazione;
- operazioni di stoccaggio in cantiere;
- trattamento delle diverse frazioni omogenee;

- operazioni di smaltimento delle frazioni non idonee al recupero.

L'attività del gruppo di lavoro si è, inoltre, indirizzata all'aggiornamento della norma CNR UNI 10006. La norma, introduce la possibilità, nell'ambito della redazione dei Capitolati Speciali da parte delle stazioni appaltanti, di utilizzare materiali inerti in sostituzione di quelli naturali nella realizzazione di strade, sottofondi stradali e nella realizzazione delle opere in terra.

È importante sottolineare che dagli scarti edili provenienti anche dalle attività di microdemolizione, che sono le più difficili da controllare e dove maggiormente ne sfugge una gestione razionale, può derivare lo sviluppo di un reale mercato dei prodotti. Quest'ultimo si può distinguere in due "filieri":

- componenti
- materiali

dagli anni '90 si è sviluppato in Italia un settore economico dedito al recupero degli inerti. Mentre nel nord America e in alcuni paesi europei si è attivato da tempo un mercato di "seconda mano" (tegole, infissi, sanitari), per il recupero di componenti usati, in Italia questo avviene in modo sporadico e non sistematizzato, ha quindi una valenza marginale.

È indubbio che una separazione preliminare dei materiali pur portando a maggiori costi di mano d'opera per il loro recupero permetta di ricavare proventi dal risparmio sull'acquisto di nuovi prodotti e dalla vendita degli stessi una volta raccolti e trattati.

Inoltre più vantaggioso risulta una pianificazione dell'uso di materiali da demolizione inattivi e il riuso di materiali recuperati, se questo può avvenire per i **componenti edilizi prodotti localmente**.

Per quanto riguarda la provenienza dei materiali in linea con quanto precedentemente descritto sui costi ambientali, è bene scegliere di acquistare materiali da costruzione **prodotti localmente**. È evidente che la condizione ideale è quella di scegliere prodotti che vengono estratti/ricavati e assemblati localmente, ciò implica minimi costi di trasporto e di inquinamento e promozione dell'economia locale. Laddove questo non sia possibile per lo meno i prodotti scelti è bene siano assemblati localmente, per quanto più vicino possibile al luogo di impiego se non a scala provinciale, a scala regionale, se non a quest'ultima a scala nazionale e così via, inoltre si possono privilegiare quei materiali il cui trasporto è avvenuto su ferrovia piuttosto che su strada, ed evitare i trasporti via aerea.

---

2 Il progetto VAMP (Valorizzazione Materiali e Prodotti da demolizione- prog.LIFE, Ambiente) ha sviluppato e sperimentato in collaborazione con la regione Emilia Romagna un sistema informativo distribuito accessibile tramite internet che trova le corrispondenze tra domanda e offerta dei residui da C&D-costruzione e demolizione.

***sinergia con altri requisiti***

- *2.7 riciclabilità dei materiali*
- *2.8 riutilizzo di strutture esistenti*
- *5.1 Manutenzione edilizia ed impiantistica, protezione dell'involucro esterno*
- *6.1 6.2 6.3 Qualità della gestione documentazione tecnica dell'edificio; Manuale d'uso per gli utenti; Programma delle manutenzioni.*

## **Scheda 2.7 Riciclabilità dei materiali edili**

### **SPECIFICHE**

Categoria di requisito: USO DI MATERIALI RICICLABILI

#### **1) Inquadramento della problematica**

*“L’efficacia delle operazioni di riciclaggio dipende, dalla capacità di trasformare l’energia in lavoro, maggiore è questa capacità, migliori saranno le prestazioni del prodotto riciclato.”*

I prodotti edilizi fatti con materiali riciclati riducono il problema dei rifiuti solidi ed il consumo energetico della manifattura e dell’uso delle risorse naturali.

In alcuni di essi compare ormai la percentuale di contenuti riciclati del prodotto.

Anche se le procedure di riciclaggio devono essere migliorate, l’inclusione di sostanze riciclate non è di per sé una garanzia di sostenibilità, bisogna perciò investigare tramite procedure di analisi del costo del ciclo di vita. Sul mercato ci sono molti prodotti in cui il bilanciamento tra vantaggi e svantaggi del prodotto riciclato è quello preferibile: prodotti in legno composto, pannelli isolanti in fibra naturale, prodotti di isolamento acustico, ecc.... I materiali che non possono essere assolutamente riciclati al termine del loro ciclo di vita sono da evitare.

Le procedure di riciclaggio devono essere valorizzate sul sito di costruzione attraverso la minimizzazione della quantità di rifiuti. Questo si può ottenere scegliendo prodotti con un imballaggio minimo, possibilmente con prefabbricazione fuori dal sito e acquisizione all’ingrosso.

#### **2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica**

##### **Classi di materiali riciclati e percorsi di riciclaggio**

In relazione alla fase del ciclo di vita i materiali si distinguono in *pre-consumo* e *post-consumo*. I primi sono costituiti da materiali e sottoprodotti riciclati all’interno dello stesso ciclo produttivo (by-product); oppure derivano da eccedenze generate durante la fase di produzione e sono esterne al ciclo produttivo, in ogni caso questi materiali sono solitamente puliti e adatti ad un riciclo di alta qualità.

I secondi i materiali post-consumo provengono dai prodotti usati e dagli imballaggi dimessi dal consumatore finale, questi sono di bassa qualità e sono più difficili da riciclare.

Per questo uno dei punti cardine per il risparmio dei materiali è ridurre al minimo indispensabile gli imballaggi.

Esistono poi materiali di riciclaggio ad *anello chiuso* e *aperto*.

Il riciclaggio ad *anello chiuso* dove i materiali riciclati si usano in luogo di quelli vergine può autoalimentarsi per un determinato periodo di tempo senza richiedere apporto di altro materiale vergine, e questo è il caso ad esempio dei metalli il ferro, l’acciaio. Naturalmente il

ciclo non è infinito e genera sempre qualche scarto e questo impoverisce il ciclo, più evidente è il caso dei termoplastici.

Per i materiali post-consumo è difficile si possa usufruire di un riciclaggio a ciclo aperto.

Il ciclo ad *anello aperto* viene invece adottato per i materiali post-consumo. La difficoltà maggiore per questo sistema di riciclaggio è che spesso si ha a che fare con materiali non separati, un mix di prodotti con diverse caratteristiche e potenzialità che vengono poi valorizzate.

Il riciclaggio a ciclo aperto è molto più energivoro di quello a ciclo chiuso, se si considerano le seguenti fasi:

- raccolta e trasporto;
- identificazione e separazione;
- disassemblaggio e/o frantumazione;
- pulitura e/o lavaggio;
- pre-produzione di materie prime secondarie;

tuttavia il prodotto riciclato risulterà in futuro sempre più economicamente oltre che ambientalmente vantaggioso, anche perché i due aspetti coincidono.

Una serie di variabili definisce il costo dei prodotti riciclati:

- costo delle operazioni di raccolta, in termini di tempo e di mano d'opera impiegata.
- costo di disassemblaggio o di frantumazione; prodotti facilmente disassemblabili riducono i tempi e quindi i costi di separazione dei materiali.
- costo delle materie vergini; le risorse non sono infinite e presto i materiali vergini costeranno più di quelli riciclati, incrementando il mercato di questi ultimi, come per certi versi avviene già per alcuni prodotti, si pensi ad es. a certe plastiche.
- costi della discarica sempre più alti per la riduzione degli spazi e le difficoltà di gestione degli stessi.

Il valore (prezzo) del materiale riciclato essendo facilmente disassemblabile è meno contaminato, quindi più pulito e la purezza ne aumenta le sue caratteristiche ovvero il suo valore di mercato

### **Metodologie di demolizione selettiva: disassemblaggio**

Il principale criterio per una demolizione selettiva è la minimizzazione delle operazioni per il disassemblaggio e la separazione. Questo coinvolge l'*architettura generale* dei componenti, la *forma*, l'*accessibilità*.

Come per il riuso (Scheda 2.6) anche per il riciclo dei materiali ovvero per la sostituzione di uno o più componenti di cui è costituito, la modularizzazione può essere una strategia molto efficace; per le giunzioni abbiamo visto è bene evitare di usare collanti o sistemi irreversibili, quindi anche il tipo di giunzioni che si utilizzano è bene siano minime in numero e tipo, di modo da ridurre il tempo di disassemblaggio.

Nell'architettura generale è opportuno minimizzare le connessioni di dipendenza gerarchica tra i componenti, adottare strutture a sandwich semplici con pochi elementi di fissaggio meccanici, agevolare prioritariamente le parti o i materiali tossici, che comunque vanno minimizzati, ad es. i circuiti di refrigerazione dei frigoriferi, devono essere raggiungibili direttamente dall'esterno del prodotto; nella forma dei componenti e delle loro parti è bene che siano semplici e di facile movimentazione, si possono anche progettare superfici di appoggio per permettere un afferraggio adeguato per sostituire o mantenere il prodotto; nell'accessibilità è bene scegliere quei materiali dotati di componenti di fissaggio minimi, senza richiedere l'intervento di più giunzioni per numero e per tipo, è il caso di componenti assemblati con tipi di viti di dimensione e taglio della testa diversa.

Per i sistemi a giunzione reversibili basti ricordare il tipo a *snap fit*<sup>3</sup> a due vie; i bulloni indicati per i frequenti assemblaggi/disassemblaggi, sono da evitare gli usi di viti con inserti metallici in materiali polimerici, che comportano grossi problemi di separabilità dei componenti, mentre ad es. le viti a testa esagonale sono più facilmente rimovibili e non richiedono grossi problemi di pulizia.

Se si usano i sistemi a giunzione permanente è ben evitare i rivetti che lasciano contaminazione qualora le parti da unire siano di materiali incompatibili, i sistemi a pressione, le saldature hanno lo stesso limite, salvo se i materiali sono compatibili e ai fini del riciclo non è quindi indispensabile la separazione, l'incollaggio con adesivi è in generale da evitare.

Un altro importante aspetto è quello di usare materiali che possano essere facilmente separati una volta frantumati, vale ad esempio il caso degli inserti metallici ferromagnetici (ferro, acciaio, nichel) che una volta frantumati e mescolati a materiali non compatibili sono più facilmente separabili dei metallici a induzione (alluminio).

### 3) *Suggerimenti sul come conseguire gli obiettivi di progetto*

#### **Scelta dei materiali che costituiscono l'elemento tecnico**

In sintesi per la scelta dei materiali si tratta di individuare quelli che hanno un'alta percentuale di scarti riciclabili al termine della vita utile dell'edificio, e in particolare è opportuno:

- privilegiare materiali in grado di recuperare le caratteristiche prestazionali d'origine;
- selezionare materiali che non comportino processi di trattamento particolarmente inquinanti o ad alto consumo energetico;
- evitare i materiali, contenuti all'interno dello stesso elemento tecnico, che possono risultare tra loro incompatibili in termini di riciclaggio.

Sul mercato esistono prodotti ecologici dotati di un marchio o per lo meno esistono aziende produttrici che sono molto chiare sul ciclo di produzione adottato e i contenuti dei prodotti.

---

<sup>3</sup> *snap fit* a due vie componenti rimovibili dall'esterno con un utensile che faccia leva sul gancio dello snap, una delle due componenti deve avere una fessura per permettere all'utensile di entrare e fare leva (ad es.: un cacciavite)



La smaltibilità e la biodegradabilità è direttamente correlata al contenuto di sostanze chimiche nocive nel processo di produzione di un materiale ed alla loro remissività e questo un aspetto da tener presente una valutazione iniziale.

Durante l'esecuzione del progetto è utile indicare le modalità tecniche esecutive necessarie per avviare materiali ed elementi tecnici alle operazioni di riutilizzo o recupero.

La redazione di una tabella di inventario dovrebbe contenere l'elenco di tutti i materiali utilizzati espressi in percentuale rispetto all'ammontare totale, sul quale è possibile calcolare le quote che possono essere recuperate e avviate ai processi di riciclaggio e di riuso e le quantità che dovranno essere destinate alla discarica. È opportuno un livello di dettaglio che sia il più possibile approfondito e correlabile alle tabelle di quantificazione dei flussi di materiali in entrata e in uscita.

Anche nel caso di materiali da riciclare è opportuno un **Piano di demolizione** di cantiere, individuando aree protette dagli agenti atmosferici per l'accatastamento dei materiali da riciclare e quelli da portare in discarica.

Per quanto possibile **valorizzare le pratiche di riciclaggio sul sito**: Operazioni di taglio centralizzato per ridurre i rifiuti e semplificare la raccolta. Predisporre contenitori ben marcati per i vari tipi di rifiuti (pezzi di legno per accendere il fuoco, segatura per il compost, ecc.). Scoprire in quale luogo si possono riciclare i materiali e sensibilizzare alle procedure di riciclaggio. Organizzare un piano di riciclaggio sul sito in cui i materiali possano essere suddivisi in frazioni.

#### ***sinergia con altri requisiti***

- *2.6 riutilizzo di materiali edili*
- *2.8 riutilizzo di strutture esistenti*
- *4.8-4.9-4.10-4.11-4.12 Qualità dell'aria; controllo degli agenti inquinanti*
- *5.1 Manutenzione edilizia ed impiantistica, protezione dell'involucro esterno*
- *6.1 6.2 6.3 Qualità della gestione documentazione tecnica dell'edificio; Manuale d'uso per gli utenti; Programma delle manutenzioni.*

## **Scheda 2.8 Riutilizzo di strutture esistenti**

### **SPECIFICHE**

Categoria di requisito: UTILIZZO DI STRUTTURE ESISTENTI

#### **1) Inquadramento della problematica**

L'estensione del ciclo di vita di interi edifici oltre a mantenere le risorse culturali del passato come avviene per gli edifici storici ad esempio, contribuisce in modo sostanziale alla conservazione delle risorse globali, alla riduzione dei rifiuti dovuti alle demolizioni e all'impatto ambientale dovuto alla costruzione di un nuovo edificio, quindi al relativo consumo di produzione e trasporto di altro materiale.

A seconda della percentuale di edifici esistenti che è possibile salvaguardare da 0 a 100% si risparmia in termini di consumo energetico e risorse ad esempio mantenendo

- il 75% dell'edificio esistente s'intende conservare l'involucro esterno, le aperture, e si escludono gli infissi e gli elementi di copertura del tetto;
- il 100% dell'edificio esistente strutture, involucro e aperture escludendo gli infissi e gli elementi di copertura del tetto e minimo il 50% delle tramezzature interne, le porte, i rivestimenti di soffitti e i pavimenti.

In entrambi i casi il tecnico progettista incaricato dovrà compilare una tabella descrittiva di quelle parti che sono salvaguardate e riutilizzate, e a seconda dei risultati ottenuti si possono raggiungere punteggi più o meno alti.

Tuttavia non sempre è possibile riutilizzare un edificio esistente così com'è e questo non solo per difficoltà compositive ma anche legate a esigenze di adeguamento della struttura a nuove norme o a cambi di destinazione d'uso.

#### **2) Modalità e suggerimenti per affrontare la problematica**

I problemi che possono rilevare vecchi edifici influenzano talvolta la struttura per lo stato di ammaloramento in cui si trovano o per la sicurezza ovvero l'adeguamento al comportamento in caso sismico.

Per questo la Circ. Min. BBCCAA n. 1841 del 12 marzo 1991 "Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento e manutenzione dei complessi architettonici di valore storico - artistico in zona sismica Cons Sup LLPP prot. 564 del 28.11.1997 ", e successive integrazioni con in particolare i riferimenti regionali<sup>4</sup> ha

---

<sup>4</sup> l'Allegato 1 alla D.G.R. n. 78 del 18 gennaio 1999 della Regione Marche, pubblicato sul B.U.R. Marche n. 13 Edizione Straordinaria Anno XXX° del 9.04.1999. Il testo predisposto nell'ottobre 1996 dal Comitato Nazionale per la prevenzione del Patrimonio Culturale dal rischio sismico, ha rielaborato ed aggiornato la circolare n° 1841 del 12 marzo 1991 del Ministero Beni Culturali e Ambientali, contenente "Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento e manutenzione nei complessi architettonici di valore storico-artistico in zona sismica"

individuato alcuni punti da seguire per la valutazione e la documentazione dello stato di un edificio allo stato in cui si trova:

1. *Quadro delle conoscenze*

Il quadro delle conoscenze consiste in una prima lettura dell'edificio allo stato di fatto e nella indicazione delle tipologie di indagine che si ritengono appropriate e necessarie per la conoscenza del manufatto e del suo contesto storico e ambientale.

2. *rilievo dei manufatti, sia di tipo morfologico descrittivo che di tipo critico.*

3. *Diagnostica sul campo ed in laboratorio:* ove si richiede che l'intervento deve prevedere e giustificare le soluzioni progettuali, fornendo la dimostrazione della necessità della possibilità e dell'efficacia della proposta secondo il criterio dell'intervento "minimo" ed "appropriato".

4. *Individuazione del comportamento strutturale ed analisi del degrado e dei dissesti.*

Le operazioni tecniche di intervento sono di regola rivolte a singole parti del bene architettonico, nel quadro della indispensabile visione di insieme che ne estenda il beneficio all'intero manufatto edilizio. Il loro scopo può consistere:

- nella ricostituzione di capacità strutturali venute meno;
- nella cura di patologie riconosciute;
- in ulteriori provvedimenti volti alla riduzione degli effetti sismici.

In via generale essere evitate tutte le opere di demolizione-sostituzione e di demolizione-ricostruzione, operando con interventi che collaborino con la struttura esistente senza alterarla.

In particolare per le **pareti murarie** si pone attenzione a utilizzare materiali con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche analoghe e comunque il più possibile compatibili con quelle dei materiali in opera.

A seconda dei casi si procederà:

- a riparazioni localizzate di parti lesionate o degradate;
- a ricostituire la compagine muraria, in corrispondenza di manomissioni quali cavità, vani di varia natura, scarichi e canne fumarie, ecc., la cui eliminazione sia giudicata strettamente necessaria in sede di progetto di restauro;
- a migliorare le caratteristiche di murature particolarmente scadenti per tipo di apparecchiatura, e/o di composto legante.

L'inserimento di materiali diversi dalla muratura, ed in particolare di elementi in conglomerato cementizio, va operato con cautela e solo ove il rapporto tra efficacia ottenuta e impatto provocato sia minore di altri interventi, come nel caso di architravi danneggiati e sollecati.

### *3) Suggerimenti sul come conseguire gli obiettivi di progetto*

Attraverso il capitolato speciale di appalto e il computo metrico deve essere effettuata una **descrizione dettagliata dei materiali utilizzati** nell'organismo edilizio e nelle sue pertinenze, anche aperte, descrivendo in particolare:

- le quantità impiegate;
- se si tratta di materiali o componenti edilizi provenienti da una precedente demolizione;
- se i materiali utilizzati nei componenti edilizi sono in forma semplice o associati con altri materiali e quindi più o meno riciclabili in futuro, in caso di demolizione parziale o totale;
- i motivi per cui il materiale non è eventualmente riciclabile (Controllo delle emissioni nocive nei materiali delle strutture, delle finiture e degli impianti);
- le fasi che possono essere critiche per l'utilizzo o la lavorazione di detto materiale (nella manutenzione o nella eventuale demolizione anche parziale).

#### ***sinergia con altri requisiti***

- *2.1 isolamento termico*
- *2.6 riutilizzo di materiali edili*
- *2.7 riciclabilità dei materiali*
- *4.1-4.2-4.3 4.4-4.5 isolamento acustico*
- *4.6-4.7- Confort termico; Inerzia termica*
- *4.8-4.9-4.10-4.11-4.12 Qualità dell'aria; controllo degli agenti inquinanti*
- *5.1 Manutenzione edilizia ed impiantistica, protezione dell'involucro esterno*
- *6.1 6.2 6.3 Qualità della gestione documentazione tecnica dell'edificio; Manuale d'uso per gli utenti; Programma delle manutenzioni.*