

## **Progettazione di una struttura museale secondo criteri di ecocompatibilità (Metodo LCA)**

L'attività edilizia è uno dei settori a più alto impatto ambientale che si applica attraverso l'inarrestabile consumo del territorio, l'alto consumo energetico e le emissioni in atmosfera ad esso connesse.

Il corretto utilizzo delle risorse del nostro pianeta è un tema sempre più di attualità. Questo perchè per produrre l'energia necessaria alla nostra vita ed al nostro benessere, utilizziamo risorse naturali che si esauriranno in un prossimo futuro e ciò ci spinge ad uso razionale e ad un consumo senza sprechi.

L'Italia, che comprende l'1% degli abitanti del pianeta, consuma il 2% dell'energia mondiale ed è un paese caratterizzato da una bassa intensità energetica, la minore fra i grandi paesi industrializzati. Il fabbisogno totale annuale di energia è oggi di circa 190 Mtep ed aumenta di circa l'1 per cento all'anno. Questa considerazione non deve indurre un atteggiamento di trascuratezza nei confronti dei problemi energetici in quanto l'Italia importa l'84% dell'energia che consuma ed è contemporaneamente un paese ambientalmente fragile. Un altro dato da prendere in considerazione è quello fornito dall'ENEA al *Congresso ICMQ (SAIE Bo 2005)* sulla certificazione energetica degli edifici, emerge nettamente che fra i tre settori principali dell'economia (industria, trasporti, residenziale-terziario) il settore più impattante in termini di consumi energetici è quello residenziale con il 41%, valore in crescita secondo i dati riportati dal *"libro Bianco (ENEA)"*. Infatti secondo quanto attestato dal documento, i consumi del 2004 che riguardano nel complesso la costruzione e la ristrutturazione degli edifici, in termini di energia primaria è pari a circa 190 Mtep (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio) che è salito dal 41% al 45 % del fabbisogno nazionale, con un tasso dell'1% annuo di aumento. Per meglio comprendere il consumo di energia nel settore edile bisogna tenere presente che la costruzione di una abitazione costa 5 Mtep di energia; la stessa energia viene consumata mediamente in 5 anni per il solo riscaldamento, ed in 3 considerando tutti i consumi della gestione. In una scala di priorità, intervenire sui consumi di gestione è molto più importante che intervenire sui processi produttivi, anche se l'intensità energetica specifica della produzione di materiali per le costruzioni è elevata.

I consumi energetici non sono l'unica causa di insostenibilità, anche il consumo dell'ambiente va annoverato nella categoria degli insostenibili; è per questo che si

pone all'attenzione uno studio parallelo, come è stato affrontato in questa tesi, che analizzi in contemporanea gli effetti sull'ambiente (metodo LCA) a parità di prestazione del materiale e di efficienza energetica.

La standardizzazione di questi metodi per la valutazione dell'LCA (Life Cycle Assessment) è stata compiuta da "SETAC" (Society of Environmental Toxicology and Chemistry, [1993]) e da "ISO" (International Standard Organisation): quest'ultima ha definito ed emanato una norma che offre riferimenti per la corretta applicazione **dell'analisi del ciclo di vita** (norma europea UNI EN ISO 14040, approvata dal CEN, Comitato Europeo di Normazione, il 29 giugno 1997).

La definizione proposta dalla SETAC per l'LCA è la seguente:

*L'LCA è un processo che permette di valutare gli impatti ambientali associati ad un prodotto, processo o attività, attraverso l'identificazione e la quantificazione dei consumi di materia, energia ed emissioni nell'ambiente e l'identificazione e la valutazione delle opportunità per diminuire questi impatti.*

*L'analisi riguarda l'intero ciclo di vita del prodotto ("dalla culla alla tomba"): dall'estrazione e trattamento delle materie prime, alla produzione, trasporto e distribuzione del prodotto, al suo uso, riuso e manutenzione, fino al riciclo e alla collocazione finale del prodotto dopo l'uso.*

Da questa definizione risulta evidente come il concetto di valutazione che sta alla base del metodo sia strettamente connesso con quello di confronto, perciò, come suggerisce l'Agenzia Federale per l'Ambiente della Germania, l'LCA dovrebbe essere inteso correttamente come una comparazione il più possibile completa tra due o più prodotti, gruppi di prodotti, sistemi, metodi o approcci alternativi, diretta a rivelare i punti deboli, a migliorare le qualità ambientali, a promuovere prodotti e processi ecologici, a comparare approcci alternativi e dare fondamento alle azioni suggerite.

L'affermarsi dell'LCA è, quindi, in qualche modo, l'effetto simultaneo di tre eventi:

1. della crescente consapevolezza che i problemi ambientali non possono più essere affrontati per singoli comparti (aria, acqua, suolo) ma richiedono una valutazione e intervento globale;
2. della nuova attenzione alle politiche di prodotto come componente importante delle politiche ambientali;
3. della presenza di un'opinione pubblica che richiede informazioni ambientali e di consumatori che scelgono le merci e i servizi che vengono loro offerti in base a criteri di qualità ambientale.

Il metodo offre numerose possibilità di utilizzo, tra le quali:

- La valutazione dell'impatto ambientale di prodotti differenti aventi la stessa funzione.
- L'identificazione dei momenti più significativi dal punto di vista dell'impatto ambientale all'interno del ciclo produttivo o del ciclo di vita del prodotto. Si indicano in questo modo i principali percorsi verso possibili miglioramenti dei cicli produttivi e dei prodotti già esistenti intervenendo ad esempio sulla scelta dei materiali, delle tecnologie e degli imballaggi.
- Il sostegno alla progettazione di nuovi prodotti.
- La segnalazione di direzioni strategiche per lo sviluppo, che consentano risparmi sia per l'azienda sia per il consumatore.
- La dimostrazione di aver ottenuto un ridotto impatto ambientale ai fini dell'attribuzione del marchio ecologico comunitario (Ecolabel).
- La persecuzione di strategie di marketing in relazione al possesso di Ecolabel.
- L'ottenimento, dove possibile, di un eventuale risparmio energetico.
- Il sostegno nella scelta degli investimenti dei procedimenti per il disinquinamento.
- Il supporto nella scelta delle soluzioni più efficaci e idonee per il trattamento dei rifiuti.
- La base oggettiva di informazioni e di lavoro per l'elaborazione dei regolamenti che riguardano l'ambiente.

L'LCa non è quindi solo un mezzo per la salvaguardia dell'ambiente, esso può infatti diventare un importante strumento per il rafforzamento delle dinamiche competitive e di riduzione e controllo dei costi; può anche essere utilizzato come strumento coadiuvante nella progettazione architettonica, utile per tenere "monitorate" le scelte progettuali, riflettendole nell'intero arco di vita dell'edificio in qualità di impatto ambientale. Interagendo con la progettazione eco-compatibile, e l'utilizzo di materiali per la bioedilizia è possibile migliorare le prestazioni ambientali di un edificio.

Questo studio indica strade percorribili e strumento utilizzabili non solo da parte dei progettisti, ma anche delle Amministrazioni, le quali devono sostenere ed incentivare tutte quelle attività finalizzate al risparmio energetico e ad una migliore qualità ambientale delle costruzioni

## SINTESI DEL LAVORO

L'obiettivo della ricerca, svolta in questo lavoro, è la valutazione dell'impatto ambientale e dell'efficienza energetica della progettazione di una struttura museale.

I risultati di sperimentazione raggiunti sono il frutto della collaborazione della Facoltà di Ingegneria della Università della Calabria, prof. arch. Fabrizio Aggarbati, e il centro ricerche ENEA (Ente per le Nuove tecnologia, l'Energia e l'Ambiente), "Ezio Clementel", Ing. Paolo Neri, Ricercatore Tecnologo Senior della sezione PROT-INN (Progetti Innovativi) dell'Ente.

La valutazione dell'impatto ambientale e dell'efficienza energetica, della proposta progettuale, da me realizzata, di un museo ubicato nel Comune di Cosenza, è stata effettuata attraverso l'utilizzo dell'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment). Si è valutato l'impatto ambientale ed il costo economico dovuto al ciclo di vita dell'edificio quindi alla fase di costruzione, di gestione ed uso, al consumo energetico e a fine vita. Si è voluto poi dimostrare il vantaggio ambientale economico ed energetico dovuto allo stesso progetto, introducendo delle varianti eco-compatibili volte al miglioramento delle prestazioni ambientali e all'uso razionale dell'energia.

Inevitabilmente quando si parla di valutazione di impatto ambientale e di efficienza energetica nel campo architettonico/edilizio è necessario volgere lo sguardo alle tecniche della bioedilizia e della bioclimatica.

Tecniche che vengono sempre più spesso utilizzate anche nel nostro paese. È necessario quindi definire il concetto di bioedilizia:

*Progettare, costruire e ristrutturare secondo i criteri della bioedilizia significa utilizzare e gestire le risorse naturali tenendo in considerazione l'impatto globale dell'edificio, delle sue componenti e dei materiali impiegati.*

La prima fase del lavoro, dopo avere effettuato la progettazione dell'edificio museale, si è svolta con l'apprendimento degli "strumenti" utilizzati per lo svolgimento dello studio, l'Analisi del Ciclo di Vita e la valutazione dell'efficienza energetica .

L'analisi LCA è stata condotta utilizzando il codice di calcolo olandese Simar-Pro 5.0, ed i metodi Eco-indicator 99 (olandese), EPS 2000 (svedese) e EDIP 96 (danese).

La valutazione del fabbisogno energetico dell'edificio è stata effettuata utilizzando il codice di calcolo "RECAL 10" dell'ENEA appreso al corso di formazione "Progettazione del sistema edificio-impianto secondo la legge 10/91".

Dai risultati ottenuti, si è evidenziato come l'LCA e la successiva fase di Eco-design hanno permesso di individuare e valutare materiali da costruzione eco-compatibili, che in ogni fase del loro ciclo di utilizzo assicurino un basso impatto sul

sistema ecologico, hanno permesso di calcolare, interagendo con i dati ottenuti dal programma di calcolo del fabbisogno energetico (RECAL 10), l'impatto ambientale prodotto dai consumi energetici durante la vita dell'edificio e di valutare soluzioni tecnologiche atte alla progettazione di edifici a basso consumo energetico.

La prima parte del lavoro tratta la descrizione del progetto, effettuato per la realizzazione dell'edificio museale, successivamente oggetto all'analisi LCA.

Successivamente illustro "lo strumento" utilizzato per la valutazione dell'efficienza energetica degli edifici e facendo particolare riferimento alla Legge n.10 del 09/01/1991 (Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili di energia) ed i decreti attuativi ad essa collegati. Dopo una breve panoramica sugli aspetti generali della legge 10/91 molto innovativa relativamente ai principi generali per l'epoca della sua emanazione, ma largamente disattesa nella sua applicazione pratica, si illustra il contesto della politica energetica attuale, quindi l'impegno dell'Italia per il rispetto del protocollo di Kyoto le relative linee guida che propongono di risparmiare energia migliorando **l'efficienza energetica** degli edifici ossia: progettare edifici che a parità di prestazioni abbiano un valore più basso possibile di consumi energetici. L'imminente preparazione decreti applicativi dell'articolo 4, finalizzati alla definizione di limiti prestazionali relativi ai consumi energetici e alle proprietà fisico-tecniche dell'involucro. La definizione di indicatori prestazionali comprensibili con soglie massime raggiungibili, soluzioni costruttive e tecnologiche esemplificative, modalità di calcolo e di verifica dei risultati.

Si illustrano poi brevemente alcuni contenuti della nuova Direttiva Europea 2002/91/CE, quindi la certificazione energetica degli edifici e sulla spinta delle tendenze Europee anche in Italia le iniziative livello regionale che sono state avviate per la certificazione Energetica degli edifici e i relativi indicatori energetici.

Infine si illustra il programma di calcolo utilizzato per la verifica della legge 10/91 e per ottenere dati riguardanti il consumo dell'edificio oggetto di studio. La Legge 10 attribuisce all'ENEA, notevoli compiti di controllo ed indirizzo. Fra le attività dell'ENEA legate all'attuazione dell'accordo quadro con il Ministero dell'Industria, Commercio ed Artigianato, previsto dall'art. 3 della Legge, si colloca anche la preparazione e diffusione del software Recal 10 Windows, realizzato dal Settore Promozione degli Usi Efficienti dell'Energia e delle Energie Rinnovabili.

Nel lavoro viene illustrato il metodo LCA e il codice di calcolo olandese Simar-Pro 5.0, ed i metodi Eco-indicator 99 (olandese), EPS 2000 (svedese) e EDIP 96 (danese).

Vengono determinati i *fabbisogni energetici*, attraverso l'applicazione del Recal 10, della progettazione effettuata con metodologie "tradizionali" e con metodologie di ecodesign.

e descritte le unità tecnologiche dell'edificio e gli impianti adottati.

Si passa poi all'applicazione dei concetti finora enunciati all'edificio museale in oggetto. Sono stati definiti gli obiettivi e i confini dello studio per affrontare l'LCA. La fase di analisi e valutazione di impatto ambientale è stata preceduta da una fase di *data collection* presso aziende italiane del settore i dati raccolti sono stati confrontati con quelli riportati dalle banche dati europee specializzate, e sulla base di questi dati sono stati costruiti i modelli dei processi da analizzare. Si è suddivisa la "vita" dell'edificio in due fasi la fase di costruzione e la fase di gestione ed uso, per poi metterle in un confronto finale e capire in che fase un edificio impatta maggiormente sull'ambiente. È stato stilato l'inventario in base ai dati raccolti, sono definite le schede delle unità tecnologiche per ogni materiale: composizione, quantità, energie utilizzate nella produzione, nel cantiere, nei trasporti e prevedendo per tutti i materiali un fine vita, possibilmente il riciclo. Da questo inventario sono stati creati i processi per ogni singolo materiale, richiamati in ogni singola unità tecnologica, che sono parte poi del processo finale a cui fa capo tutta la fase della costruzione dell'edificio. In seguito è stato possibile effettuare l'analisi ed ottenere dei risultati relativi agli impatti delle unità tecnologiche. Questa prima analisi è stata effettuata con tutti e tre i metodi illustrati.

Successivamente è stata affrontata la fase della gestione ed uso dell'edificio utilizzando il metodo Eco-Indicator 99.

In base ai risultati ottenuti, vengono definite le proposte di ecodesign procedendo con i confronti tra alcuni materiali a parità di trasmittanza, nell'ottica della determinazione del più efficiente dal punto di vista ecocompatibile. Si interviene sulle unità tecnologiche: coperture e pareti perimetrali. Successivamente si è valutato a parità di potenza da erogare l'impatto ambientale dell'energia prodotta da una caldaia a gas e quella prodotta da una pompa di calore. Infine si sono introdotti dei pannelli fotovoltaici.

Così facendo sono state definite le scelte delle varianti che andranno a integrare la progettazione eco-efficiente della struttura museale, da analizzare e confrontare di volta in volta, scelta per scelta, con quella tradizionale studiata in precedenza.

Infine è stata studiata una nuova tecnologia costruttiva, legno cemento mineralizzato (blocco Isotex) prodotta dall'azienda C.&P. Costruzioni, utilizzata per la riprogettazione di una parte della struttura museale e analizzata con il metodo LCA.

Si valutano gli aspetti economici a confronto. Per un'esatta valutazione della contabilità ambientale, è necessario fare una distinzione tra i costi ambientali privati (valore commerciale) e i costi ambientali sociali o esternalità.

## CONCLUSIONI

La metodologia LCA, applicata al settore edilizio, consente al progettista o al costruttore di porre a confronto prodotti diversi per composizione ed origine, e di valutare in fase di progettazione, con monitoraggio continuo, gli effetti delle scelte effettuate in termini di consumi energetici e d'impatto ambientale.

Al termine dell'applicazione della metodologia, si può asserire che l'LCA è uno strumento che permette di confrontare materiali, componenti tecnologici e consumi energetici dell'edificio, in modo paritario offrendo al progettista o all'utente la possibilità di effettuare una scelta consapevole e di fare un eco-bilancio. Questo metodo, riconosciuto e normato a livello internazionale, trasferito e adeguato al settore delle costruzioni, diviene uno strumento di analisi e di guida che consente di ragionare in un'ottica di sostenibilità ambientale.

Dalla ricerca condotta, emerge come sia effettivamente possibile diminuire l'impatto ambientale e risparmiare sul fabbisogno energetico in edilizia, senza apportare significative varianti tecnico-costruttive, rispetto alle costruzioni tradizionali.

Dall'analisi dell'edificio progettato, secondo tecnologie tradizionali, emerge che il danno ambientale attribuibile alle unità tecnologiche fondazioni e solaio, dovuto alle polveri dei cementi (Dust SPM), è irrilevante se confrontato con quelli emessi nella fase d'uso e gestione dell'edificio dovuti al consumo energetico. Dai risultati della sperimentazione si può notare che:

- la progettazione ecocompatibile con caldaia confrontata con quella tradizionale raggiunge un guadagno del 34%;
- la progettazione ecocompatibile con pompa di calore confrontata con quella ecocompatibile con caldaia raggiunge un guadagno del 10,7%;
- la progettazione ecocompatibile con pompa di calore e pannelli fotovoltaici confrontata con quella ecocompatibile con pompa di calore raggiunge un guadagno del 23,5%.

L'applicazione di una procedura così fatta, *step by step*, permette di individuare per ogni processo analizzato (progettazione con caldaia, con pompa di calore ecc.) gli aspetti positivi e negativi, determinando così per ultimo quello più vantaggioso in termini di efficienza e danno ambientale.

In base a ciò si è individuata, come proposta progettuale per il Museo di Cosenza, secondo i criteri di ecocompatibilità la scelta di progettazione ecocompatibile con pompa di calore e fotovoltaico ottenendo un **guadagno del 51%** rispetto alla progettazione tradizionale.



Infine, è stata applicata per la sala congressi del museo una nuova tecnologia costruttiva (blocco di legno cemento mineralizzato - ISOTEX). L'introduzione del blocco ISOTEX permette di raggiungere, attraverso l'applicazione della metodologia LCA, un guadagno sul danno ambientale del 25% rispetto a quello ottenuto realizzando la stessa sala con muratura tradizionale. Visto il notevole guadagno conseguito, si ritiene necessario applicare per l'intera struttura museale il blocco ISOTEX.

In conclusione, quindi, il metodo dell'LCA è un valido strumento per la realizzazione di soluzioni ecocompatibili pertanto si ritiene debba essere applicato dai progettisti in modo tale da accompagnare e coadiuvare tutta la fase progettuale, nel massimo rispetto dell'ambiente e della comunità presente e futura.