

Valutazione di soluzioni tecniche ad alte prestazioni ambientali

Laterlife è uno strumento di calcolo *on line*, tra breve gratuitamente disponibile sul sito www.laterizio.it, in grado di fornire all'utente per una determinata soluzione costruttiva in laterizio, definita componendo strati di elementi tecnici in spessori variabili, i valori corrispondenti alle prescrizioni normative in materia di risparmio energetico, qualità dell'aria, inquinamento acustico, nonché i parametri descrittivi della qualità ambientale secondo l'approccio LCA

Il progetto edilizio si trova oggi ad affrontare problematiche che impongono una visione integrata di più aspetti prestazionali e un approccio proiettato oltre le condizioni specifiche del contesto, siano esse legate al sito in cui l'opera verrà realizzata o all'impiego che ne verrà fatto. Questa complessità investe l'insieme delle attività tecnologiche e delle trasformazioni che ne derivano, ma nel settore delle costruzioni ha assunto una rilevanza a tutti ormai nota nelle sue motivazioni: impatto sull'uso delle risorse energetiche e materiali, importanza della qualità dell'ambiente costruito per garantire la qualità della vita, incidenza economica sul PIL e sul totale della forza lavoro, globalizzazione dei mercati, ecc. Le normative tecniche per l'edilizia, cogenti e non, hanno messo in evidenza questa complessità, fornendo utili strumenti di supporto al progetto, ma al contempo generando un quadro di riferimento spesso poco efficace e non facile da applicare, proprio per la numerosità delle norme stesse e la loro continua evoluzione. “*Better Regulation: simplification strategy*” è un'impostazione che la Commissione Europea stessa ha lanciato nel 2005⁽¹⁾ e che sta portando ad una ormai prossima revisione della Direttiva Prodotti da Costruzione (89/106/EEC) che diventerà Regolamento (CPR)⁽²⁾. In questo quadro, gli aspetti legati alle problematiche del risparmio energetico, dell'ambiente, della sostenibilità in genere sono diventati centrali per il progetto degli edifici e per il mercato dei prodotti. Tra questi, particolare attenzione viene posta nei confronti di ambiti specifici, quali:

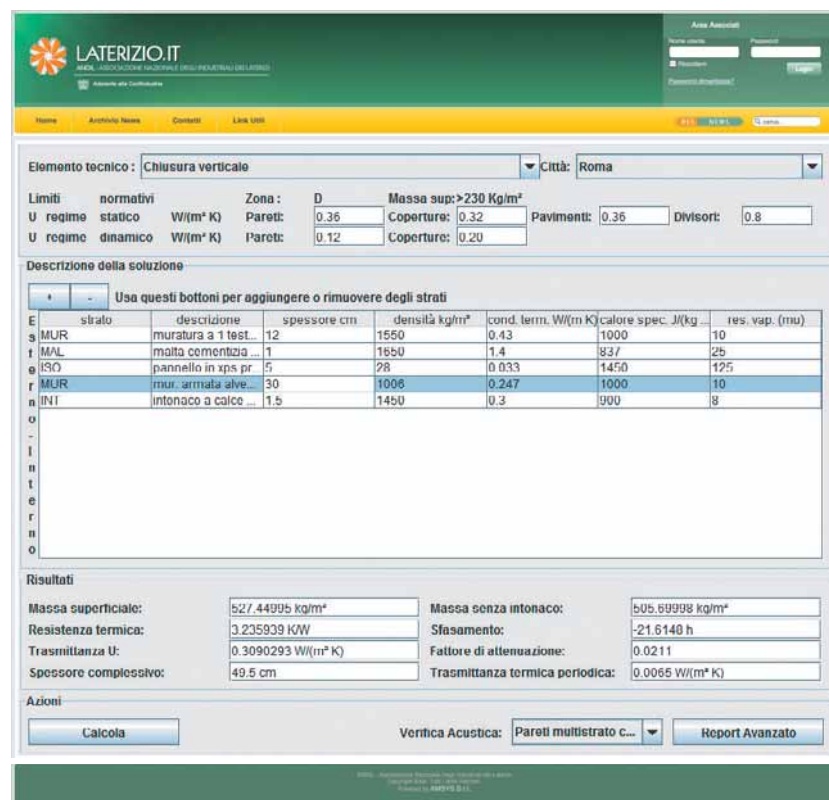
- l'efficienza energetica degli edifici;
- la protezione contro il rumore;
- la riduzione delle emissioni dannose e, *in primis*, dei “gas a effetto serra” (CO₂equivalenti) imputabili alle costruzioni e al loro utilizzo e dismissione;

- l'uso sostenibile delle risorse energetiche naturali.

Il tema dell'efficienza energetica degli edifici in ambito europeo è normato in rapporto al “consumo di energia durante l'utilizzazione dell'opera” senza pregiudicare il “benessere termico degli occupanti”. Da tale criterio ha avuto origine la Direttiva sulle “prestazioni energetiche degli edifici, sulla certificazione energetica e sul controllo degli impianti”, alla quale l'Italia si è adeguata con le disposizioni contenute nei D.lgs. 192/2005, D.lgs.311/2006 e i nei successivi DPR attuativi⁽³⁾. La Direttiva europea sulle prestazioni energetiche degli edifici (EPBD) è attualmente in fase di revisione e la nuova versione, che dovrebbe essere rilasciata nel 2010⁽⁴⁾, oltre ad estendere le disposizioni ad un più ampio ambito del recupero, introduce i concetti di “livello ottimale di costo nel ciclo di vita” delle soluzioni impiantistiche e tecniche⁽⁵⁾, per il rispetto delle prestazioni energetiche, e di edifici a “zero energia e zero CO₂”.

La protezione contro il rumore in ambiente abitativo è un requisito “passivo” degli edifici i cui livelli prestazionali di riferimento vanno ricondotti nel quadro più ampio delle disposizioni in materia di inquinamento acustico e rumore ambientale⁽⁶⁾. In relazione alle recenti normative su questo argomento, il Governo dovrà riformare le norme in materia, di cui al DPCM 5 dicembre 1997: la situazione è quindi al momento sospesa in un quadro normativo in evoluzione. Per quanto riguarda la riduzione dei gas a effetto serra e, più in generale, dell'impatto dannoso sull'ambiente e sulla salute dovuto alle costruzioni, al di là di quanto viene prescritto nelle norme relative alle prestazioni energetiche nelle fasi di uso degli edifici, la problematica viene ancora affrontata in ambito di norme non cogenti e di sistemi di certificazione, richiamati ormai sempre più spesso in capitolati e specifiche per gli appalti di opere pubbliche e nei criteri per le incentivazioni. In relazione a ciò, la

Commissione Europea ha dato mandato all'Ente di Normazione Europea (CEN) nel 2004 di "individuare un metodo per la diffusione volontaria di informazioni ambientali a supporto della costruzione di opere sostenibili, tanto per i nuovi interventi che per il costruito esistente"⁽⁷⁾. Su questo obiettivo sta lavorando il CEN TC 350 ed entro il 2011 saranno emanate le norme definitive per armonizzare le "dichiarazioni ambientali di prodotto" (EPD) che, in diversi contesti nazionali, costituiscono già un efficace strumento di certificazione, e i metodi di valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici. Tali norme fanno riferimento alla valutazione nel ciclo di vita, *life cycle* (LCA), della sostenibilità ambientale e permettono di qualificare le prestazioni ambientali con riferimento ad indicatori di impatto, riconosciuti come significativi e scientificamente fondati. L'impatto ambientale delle costruzioni, valutato nell'intero ciclo di vita (dalla produzione alla dismissione) è oggetto anche del 7° requisito essenziale introdotto dal nuovo Regolamento europeo sui prodotti da costruzione (CPR), precedentemente citato, concernente appunto l'uso sostenibile delle risorse naturali in edilizia, declinato in termini di: a) riciclabilità delle opere e dei materiali, b) durabilità delle opere, c) uso di materie prime e secondarie, ambientalmente compatibili. Quanto detto evidenzia come l'attuale sistema di regolamenti e norme, pur importante per la sostenibilità del costruito, vada ad incrementare una struttura normativa che già si presenta in molte parti pletorica e incongruente e che, dai livelli sovranazionali a quelli locali, crea barriere e frammentazioni che certo non favoriscono la sostenibilità delle costruzioni e non promuovono la ricerca di soluzioni efficaci. L'introduzione dell'approccio *life cycle* applicato alle prestazioni ambientali è senza dubbio uno strumento valido, ma progettisti, committenti, consumatori devono poterlo utilizzare in modo semplice, senza che per questo esso perda la sua validità scientifica. È questa la sfida raccolta da ANDIL, l'Associazione italiana dei produttori di laterizi: informare adeguatamente e allo stesso tempo semplificare, perché chi deve decidere di promuovere la sostenibi-



1. L'homepage del software Laterlife.

lità delle costruzioni (committenti, progettisti, imprese, enti locali, ecc.) abbia a disposizione dati utili ed efficaci per operare. Le ricerche, condotte dal 2005 per conto di ANDIL dal Dipartimento Tecnologie dell'Architettura e Design (TAeD) "Pierluigi Spadolini" dell'Università di Firenze, hanno permesso di mettere a punto uno strumento informatizzato tra breve disponibile *on line* per la qualificazione energetica-acustica-ambientale di soluzioni tecniche in laterizio. Lo strumento, che si avvale di una banca dati riferita a prodotti italiani, permette di definire differenti tipologie di pareti, solai, coperture e di quantificarne i livelli prestazionali forniti, confrontandoli con le disposizioni normative vigenti. Esso è concepito per poter essere aggiornato con i dati che scaturiscono dal suo

1 Le verifiche effettuate dal software Laterlife

verifica	norma	indice	unità di misura
Termica	DPR 59/2009	Massa superficiale M_s	[kg/m ²]
	DPR 59/2009	Trasmittanza termica U	[W/m ² K]
	DPR 59/2009	Trasmittanza termica periodica Y_{IE}	[W/m ² K]
	DM 26/06/2009	Sfasamento s	[h]
	DM 26/06/2009	Fattore di attenuazione f_a	[--]
Igrometrica	DPR 59/2009	Tabella delle pressioni di saturazione	[Pa]
		Tabella della quantità di condensa accumulata per strato/mese	[kg]
Acustica	DPCM 5/12/1997	Potere fonoisolante R_w	[dB]
Ambientale	TC 350 prEN15804	Acidificazione	[kg SO ₂ eq]
		Eutrofizzazione	[kg PO ₄ --- eq]
		Riscaldamento globale (GWP ₁₀₀)	[kg CO ₂ eq]
		Riduzione dello strato di ozono (ODP)	[kg CFC ⁻¹¹ eq]
		Ossidazione fotochimica	[kg C ₂ H ₄]
		Uso di risorse energetiche in produzione	[MJ eq]

2 Stratigrafia verificata della soluzione tecnica 1.

codice		spessore [cm]	densità [kg/m ³]	conducibilità termica [W/mK]	calore specifico [J/kgK]	resistenza al passaggio del vapore [m]	durata di vita [anni]
MUR	muratura a 1 testa in laterizio pieno faccia a vista	12,00	1550	0,430	1000	10,00	90
MAL	rinzaffo con malta di calce e cemento	1,00	1650	1,400	837	25,00	35
ISO	strato termoisolante con pannelli in XPS	5,00	28	0,033	1450	125,00	50
MUR	muratura in laterizio alleggerito in pasta murato a malta tradizionale	30,00	1006	0,247	1000	10,00	90
INT	intonaco a calce e gesso	1,50	1450	0,300	900	8,00	35

stesso impiego e a seguito di variazioni intervenute in sede normativa. Il progettista, in fase di pre-progetto esecutivo, può utilizzare questo strumento per orientare le scelte progettuali; il committente, in fase di programmazione di un intervento, può associare alle soluzioni tecniche rispondenti alle norme i costi e le prescrizioni di capitolato; l'impresa può utilizzare lo strumento per formulare le proposte in procedure di aggiudicazione basate sull'offerta "più vantaggiosa".

Il software *Laterlife*, disponibile gratuitamente per gli utenti del sito www.laterizio.it, si propone quale strumento in grado di valutare il profilo ambientale di soluzioni tecniche in laterizio, intendendo come tale la valutazione di tutti quei parametri, relativi alla soluzione tecnica stessa, che ne definiscono e caratterizzano le *performance* dal punto di vista termico, igrometrico, acustico ed ecologico.

Il profilo ambientale, definito attraverso l'uso dello strumento, consente quindi all'utente di confrontare contemporaneamente le prestazioni di una o più soluzioni, in risposta non soltanto ad istanze di tipo normativo (DPR n. 59/2009; DM 26/06/2009; Legge n. 447/1995, dopo la sospensione del DPCM 5/12/1997), ma anche ad esigenze più ampie di scelta e verifica della compatibilità ambientale dei prodotti e delle soluzioni adottate nel progetto in un'ottica di ciclo di vita. *Laterlife*, quindi, è in grado di qualificare, con una unica operazione di calcolo, la soluzione tecnica che l'utente definisce componendo strati di elementi tecnici in spessori variabili, restituendo i valori corrispondenti alle prescrizioni normative in materia di risparmio energetico, qualità dell'aria, inquinamento acustico, oltre ai parametri descrittivi della qualità ambientale del componente secondo l'approccio LCA.

La *tool*, sulla base della procedura di calcolo descritta più avanti, può effettuare, per le soluzioni tecniche individuate dall'utente, le verifiche delle caratteristiche e delle prestazioni riportate in tabella 1. Mentre per le verifiche di tipo igrometrico ed acustico il riferimento per i modelli di calcolo è stato dedotto dalle normative nazionali vigenti e dalle specifiche norme tecniche UNI, non essendo ad oggi disponibile una banca dati LCA dei materiali da costruzione, il gruppo di ricerca del TAeD ha condotto una indagine specifica sul mercato italiano al fine di costruire, in armonia con le indicazioni del prossimo standard per l'elaborazione di "dichiarazioni ambientali di prodotto" (EPD), in fase di redazione presso il WG3 del CEN/TC 350, un *database* omogeneo di dati ambientali attraverso l'impiego del software Simapro e a partire dalle banche dati internazionali disponibili. I *record* presenti nella banca dati sono stati analizzati e modificati (in termini di scenari e processi) in relazione alle informazioni specifiche relative alle modalità di produzione dei materiali selezionati, raccolte direttamente presso aziende. In riferimento ai prodotti in laterizio, in particolare, sono stati impiegati i profili ambientali specificatamente elaborati dal gruppo di ricerca, su incarico di ANDIL, a partire dai dati sensibili forniti dagli stessi produttori⁽⁸⁾.

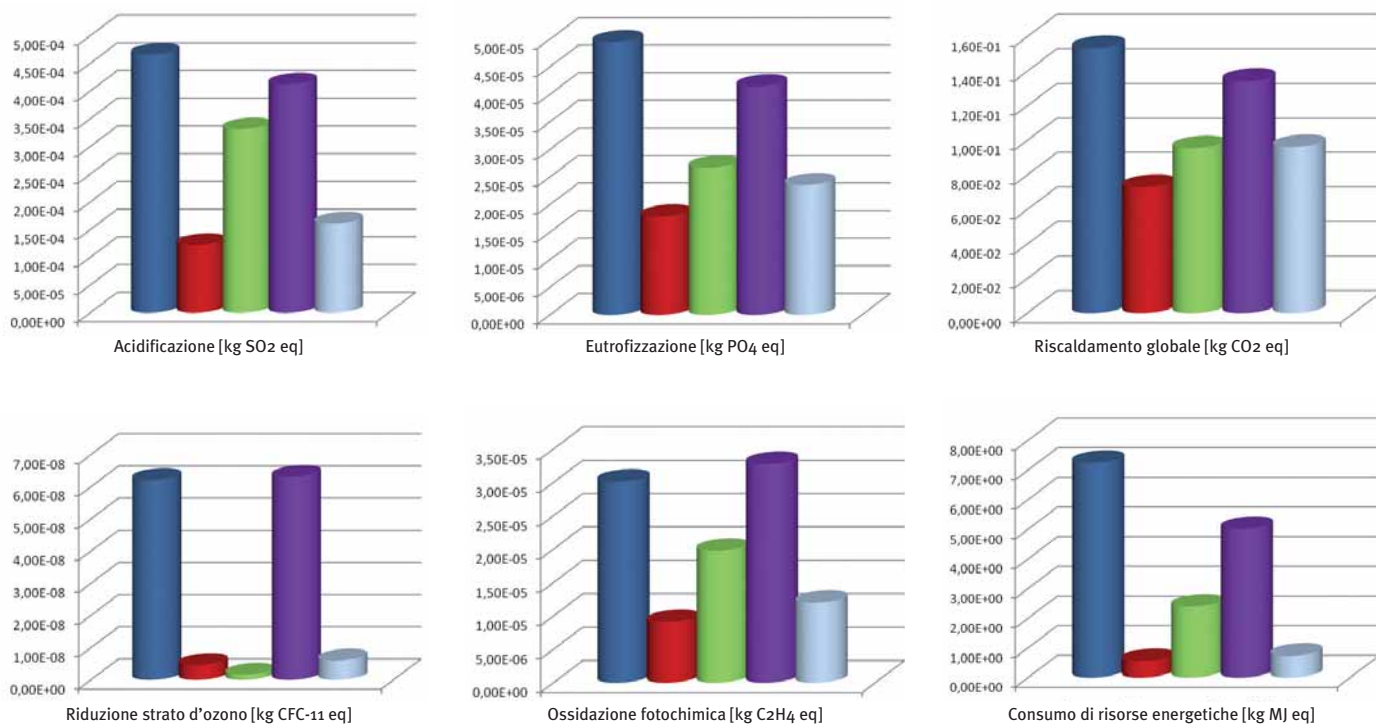
L'architettura del software è strutturata su apposito *database*, che l'utente può consultare al fine di comporre le diverse soluzioni tecniche specifiche, articolato in quattro distinte sezioni: dati geografici, dati climatici, normativa e materiali.

Attraverso la combinazione dei diversi elementi, l'utente è in grado di simulare e verificare il comportamento ambientale dei principali elementi di involucro selezionati.

Il database Ai fini del calcolo delle prestazioni ambientali della specifica soluzione tecnica, poiché il prodotto in laterizio generalmente concorre alla prestazione dell'elemento tecnico componendosi con altri i materiali per realizzare una stratificazione più o meno complessa (muratura e solaio), i dati relativi a tali soluzioni sono stati aggregati con quelli dei materiali complementari (ad esempio, malta, getto in cls, armatura). I dati primari relativi alle caratteristiche geometriche ed igrotermiche dei prodotti in laterizio (dimensioni, spessore, densità, conducibilità termica equivalente, calore specifico, resistenza alla diffusione del vapore, peso del laterizio, peso della malta) sono stati ricavati direttamente dalla documentazione tecnica delle aziende. Per quanto riguarda la caratte-

3 Profilo prestazionale della soluzione tecnica 1.

Massa superficiale	527,45 [kg/m ²]
Massa superficiale senza intonaco	505,70 [kg/m ²]
Spessore totale	49,50 [cm]
Resistenza termica	3,236 [m ² K/W]
Trasmittanza termica	0,309 [W/m ² K]
Trasmittanza termica periodica	0,007 [W/m ² K]
Sfasamento	21,61 [h]
Fattore di attenuazione	0,0211 [-]
Potere fonoisolante	56,443 [dB]



2. Profilo LCA della soluzione tecnica 1. Il totale è calcolato, per ognuno dei 6 indicatori, sulla base dell'impatto annuo valutato in relazione alla vita utile del materiale e successivamente ponderato al rapporto tra il valore $Y_{IE,lim}$ e il valore Y_{IE} di progetto. **Legenda:** ■ MUR ■ MAL ■ ISO ■ MUR ■ INT

rizzazione del profilo ambientale dei prodotti in laterizio, è stata eseguita una valutazione degli impatti nel ciclo di vita di blocchi, normali e alleggeriti, per muratura, blocchi per solaio, mattoni per faccia a vista, elementi per coperture, a partire dai dati specifici laterizio forniti dall'Associazione di categoria. Analogamente, sono stati selezionati dal mercato materiali complementari correntemente impiegati nella realizzazione di soluzioni costruttive in laterizio, privilegiando prodotti con prestazioni standard, che presentino però qualità ambientali dichiarate.

Il foglio di calcolo *on-line* delle prestazioni ambientali

L'interfaccia web di *Laterlife*, accessibile dal portale dell'ANDIL (www.laterizio.it), agevola l'utente nella procedura di valutazione della soluzione tecnica prospettata. Una guida al software, contenente tutte le informazioni dettagliate sui contenuti del *database*, sulle procedure di calcolo e sulle modalità di lettura e interpretazione dei risultati ottenuti, è scaricabile in formato PDF direttamente dalla pagina iniziale. Attraverso questa maschera, è possibile comporre la stratigrafia dell'elemento da verificare; per questo, all'utente si richiede, inizialmente, di selezionare dalla finestra a scomparsa la località di riferimento e la tipologia di soluzione tecnica da verificare (chiusura verticale, chiusura orizzontale, partizione verticale, partizione orizzontale). Successivamente, è chiamato a comporre la stratigrafia della soluzione selezionando prima la categoria di elemento e successivamente, all'interno della categoria selezionata, il materiale preferito tra quelli compresi nell'elenco. Selezionando la categoria "custom", l'utente può inserire un nuovo materiale non presente in banca dati, purché abbia a disposizione

tutti i dati richiesti dal software per il calcolo specifico.

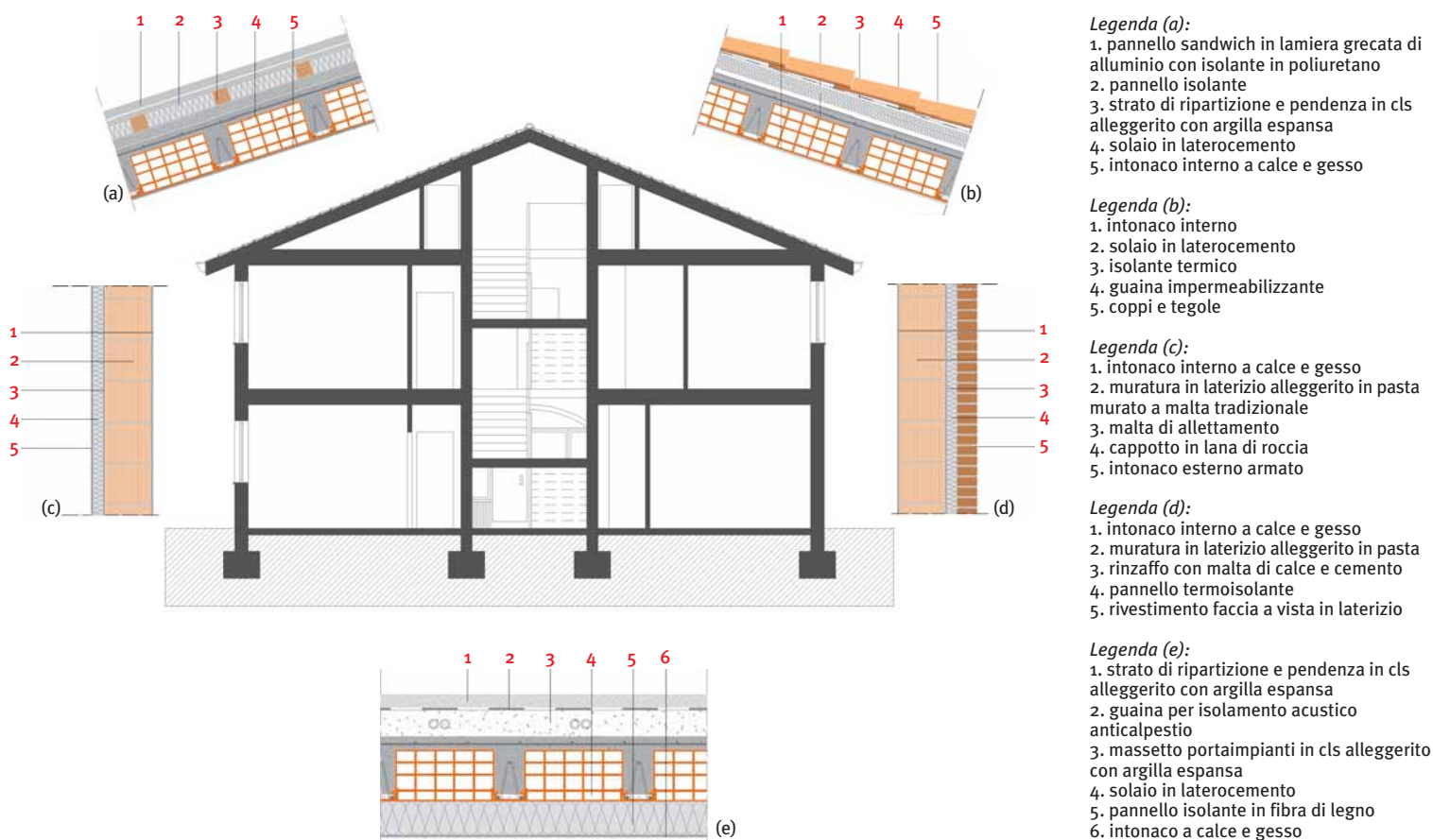
Una volta inseriti correttamente tutti gli strati, il software calcolerà in maniera automatica i valori di massa superficiale M_s , trasmittanza termica U , trasmittanza termica periodica Y_{IE} , sfasamento s e fattore di attenuazione f_a .

In questo modo, prima di procedere con il calcolo completo dei restanti parametri igrometrici, acustici ed ambientali, l'utente può verificare la rispondenza della prestazione alle esigenze progettuali e ai requisiti minimi previsti dalla normativa nazionale cogente ed apportare le eventuali modifiche alla stratigrafia, prima di generare il report completo del profilo ambientale.

Terminata questa prima fase, è possibile generare il documento PDF del profilo ambientale completo della soluzione tecnica, che include le indicazioni di *input* fornite (tab. 2), i valori delle prestazioni termiche, igrometriche e acustiche (selezionando la procedura di calcolo idonea; tab. 3), nonché il profilo LCA (fig. 2), da salvare, se lo si desidera, su supporto personale.

Il software si propone quale strumento di supporto alla progettazione, in grado di offrire al progettista non soltanto una verifica dei dati prestazionali significativi delle soluzioni tecniche di involucro previste dal progetto, ma soprattutto gli elementi utili al confronto tra soluzioni alternative sulla base del profilo ambientale in relazione alla prestazione termica in regime estivo.

Tenendo conto, infatti, della specificità climatica dell'ambito mediterraneo, i risultati del profilo LCA delle soluzioni vengono rielaborati dal software in relazione alla durata di vita utile di ogni singolo materiale e, successivamente, ponderati sulla base del rapporto tra la trasmittanza termica periodica limite $Y_{IE,lim}$, prevista dalla



3. Il caso studio. Progetto per una residenza: sezioni e dettagli esecutivi delle configurazioni di involucro.

normativa nazionale, e il valore della trasmittanza termica periodica di progetto Y_{IE} .

Il caso studio, considerato nel seguito, riporta l'analisi comparata di un progetto per una residenza, con struttura a telaio in cls e tamponamento in muratura, per la quale sono state messe a confronto due diverse soluzioni di tamponamento, calcolate a parità di trasmittanza termica $U = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$:

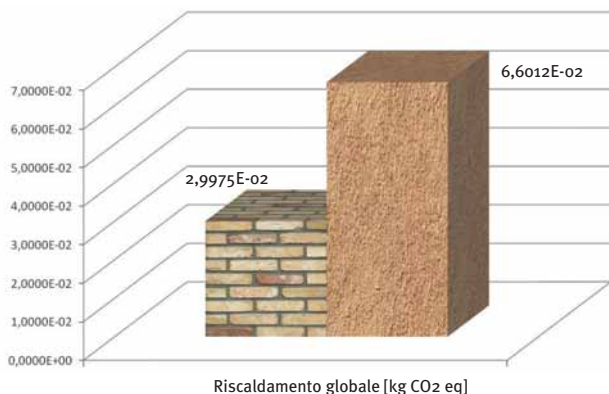
- tamponamento in laterizio alleggerito con rivestimento in laterizio faccia a vista
- tamponamento in laterizio alleggerito con cappotto esterno e due diverse soluzioni di copertura (valutate anch'esse a parità di trasmittanza termica $U = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$):
- copertura ventilata isolata con manto in elementi di laterizio
- copertura isolata con manto in lamiera grecata.

I grafici da fig. 4 a fig. 7 riportano i valori comparati dei profili ambientali delle quattro soluzioni tecniche, relativi ai due indicatori di impatto di riferimento: riscaldamento globale e consumo di risorse energetiche. La valutazione generale, che premia, per il tamponamento di chiusura verticale, la *performance* della soluzione faccia a vista e, per la copertura, quella con manto in elementi di laterizio, è condizionata principalmente dalla diversa vita utile dei materiali: la maggiore durata degli elementi in laterizio comporta infatti, nella prospettiva di una vita utile prevista dal progetto per l'edificio di almeno 80 anni, una riduzione significativa degli impatti ambientali tenuto conto delle operazioni di sostituzione e manutenzione. Nel

contesto mediterraneo, la scelta della soluzione con rivestimento in "faccia a vista", combinata alla migliore prestazione termica in regime estivo, indica, infatti, una diminuzione di circa il 55% degli impatti relativi al surriscaldamento globale e del 21% del consumo di risorse. Analogamente per la copertura, pur avendo entrambe le soluzioni pari trasmittanza e massa superficiale, la soluzione in laterizio risulta maggiormente vantaggiosa in termini ambientali, con un risparmio che si attesta nell'ordine dell'80% per quanto concerne il riscaldamento globale e del 30% in riferimento all'uso di risorse.

Conclusioni Il software *Laterlife* si propone quale strumento in grado di rispondere e soddisfare le crescenti necessità progettuali di disporre di un numero sempre maggiore di informazioni "quantificate" e comparabili sulle caratteristiche di materiali ed elementi tecnici, in risposta alle esigenze di un mercato edilizio e di uno scenario progettuale sempre più orientati verso la sostenibilità ambientale. Dall'analisi dei dati numerici e dei grafici, il progettista è in grado di ricavare tutte le informazioni utili alla caratterizzazione della *performance* energetica ed ecologica della soluzione scelta e di tracciare, conseguentemente, un profilo ambientale dell'edificio nel suo complesso in relazione allo scenario definito.

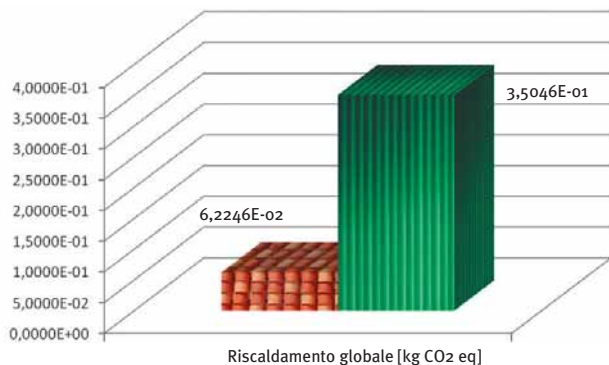
Il *tool* si propone anche un secondo e più ampio obiettivo scientifico, ovvero di costituire uno strumento di indagine e classificazione dei profili ambientali della pratica corrente del costruire in laterizio, dato che è in grado di archiviare le valutazioni generate dagli



■ tamponamento in muratura di laterizio alleggerito con rivestimento faccia a vista

■ tamponamento in muratura di laterizio alleggerito con cappotto esterno

4. Soluzioni di muratura a confronto: *riscaldamento globale*.



■ copertura ventilata isolata con manto in coppi e tegole

■ copertura isolata con rivestimento in lamiera grecata

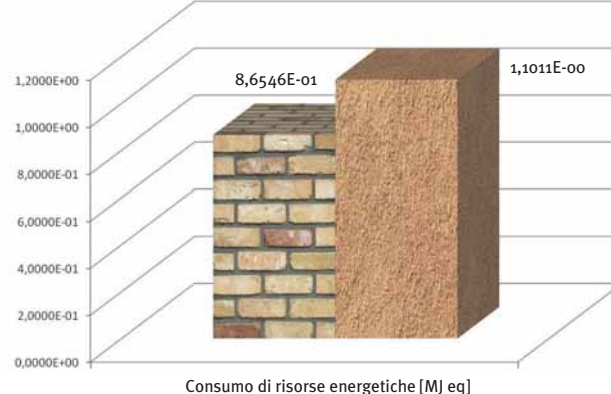
6. Soluzioni di copertura a confronto: *riscaldamento globale*.

utenti per le diverse soluzioni tecniche simulate.

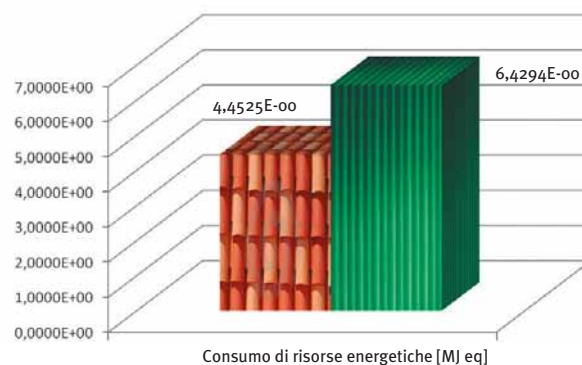
L'analisi di questo *database* ampliato consentirà da un lato di individuare le soluzioni tecniche che costituiscono la pratica corrente (BAU, *Built As Usual*) e la migliore pratica (BAT, *Best Available Technologies*), in termini di spessori, stratigrafia e materiali impiegati, dall'altro di ottenere una esauriente raccolta delle *performance* delle suddette soluzioni come valori caratterizzanti per determinati contesti climatici. Per quanto in specifico riguarda la prestazione ecologica calcolata in termini di LCA (*cradle to gate*), dall'analisi di tale *database*, sarà quindi possibile ricavare una scala di *benchmark*, attualmente assente in letteratura e nelle stesse disposizioni normative, particolarmente interessante per sviluppare sistemi di etichettatura e di punteggio in fase di forniture per appalti orientati al *Green Procurement* (acquisti verdi). Ciò permetterà di elaborare una tabella dei profili LCA di soluzioni tecniche in laterizio, che potrà costituire il primo strumento nazionale di giudizio "quantificato" della sostenibilità ambientale di sistemi edilizi, basato sull'approccio LCA. ¶

Note

1. European Commission (2005), COM (2005) 535 final: *A Strategy for Simplification of the Regulatory Environment*, Brussels.
2. Construction Product Regulation -CPR-, cfr. Commission of the European Communities "Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised conditions for the marketing of the construction products" (il nuovo CPR dovrebbe uscire nel 2010).
3. D.lgs. 192/05, "Attuazione della Direttiva 2002/91/CE"; D.lgs. 311/06, "Disposizioni correttive al D.lgs.192/05"; DPR 59/09; DM 26/06/2009 (linee guida nazionali).



5. Soluzioni di muratura a confronto: *consumo di risorse*.



7. Soluzioni di copertura a confronto: *consumo di risorse*.

4. Directive P6_TA(2009)0278 Energy performance of buildings – recast.

5. "Cost-optimal level" significa, secondo la nuova direttiva, il livello al quale l'analisi costi-benefici calcolata sull'intero ciclo di vita è positiva, considerando il valore attuale netto dell'investimento, i costi di gestione e manutenzione, eventuali guadagni da produzione di energia e i costi di fine vita.

6. Decreto Legislativo 19/08/ 2005 n. 194 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".

7. European Commission: Standardization Mandate to CEN - M/350 EN, *Development of horizontal standardized methods for the assessment of the integrated environmental performance of buildings*, marzo 2004.

8. Confini del sistema per l'analisi LCA sono stati stabiliti sulla base della regola "cradle to gate" ed includono quindi tutti i processi a partire dalla fase di approvvigionamento delle materie prime fino al confezionamento del prodotto prima dell'uscita dal cancello dello stabilimento di produzione. Non includono la fase di trasporto del materiale al cantiere, né alcuno scenario di fine vita, né il contributo della soluzione tecnica all'impatto ambientale durante la fase di uso dell'edificio in cui è collocata. L'analisi tiene in considerazione il consumo di risorse primarie, energetiche e di materiali, le emissioni in aria e in acqua lungo l'intero ciclo di vita. Il *mix* energetico impiegato negli scenari si riferisce al contesto italiano.

Bibliografia

1. Torricelli M.C., E. Palumbo (2008), *Soluzioni tecniche in laterizio per progettare nel ciclo di vita*, Costruire in Laterizio, n. 125, pp. 61-69, ISSN: 0394-1590.
2. Torricelli M.C. (2007), *I vantaggi per i produttori e il ruolo delle imprese*, in: Neri P. (a cura di), *Linee guida per un approccio life cycle alla progettazione eco-sostenibile degli edifici*, pp. 43-45, Firenze, Alinea Editrice, ISBN/ISSN: 978-88-6055-174-0.
3. Torricelli M.C., C. Gargari, E. Palumbo (2007), *The life cycle assessment of italian clay brick products*, in: CIB, iisBE, UNEP.TURIN, 7-8 giugno 2007, n. 1, pp. 319-328, ISBN/ISSN: 10 88-7661-748-5.
4. Torricelli M.C., C. Gargari, E. Palumbo (2007), *Valutazione ambientale nel ciclo di vita dei prodotti in laterizio*, Costruire in Laterizio, n. 116, pp. 158-166, ISSN: 0394-1590.