

POLITECNICO DI TORINO  
Repository ISTITUZIONALE

Il ruolo dei materiali dell'involucro edilizio tra certificazione di prodotto e nuove direttive nel settore dell'efficienza energetica. The environmental assessment of building materials with

*Original*

Il ruolo dei materiali dell'involucro edilizio tra certificazione di prodotto e nuove direttive nel settore dell'efficienza energetica. The environmental assessment of building materials with regards to Product Labels and European Directive concerning the energy efficiency in the building sector / Giordano, Roberto. - In: ATTI E RASSEGNA TECNICA. - ISSN 0004-7287. - STAMPA. - LXVI-1-2-3:(2012), pp. 82-89.

*Availability:*

This version is available at: 11583/2498792 since: 2016-03-10T11:28:24Z

*Publisher:*

Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

*Published*

DOI:

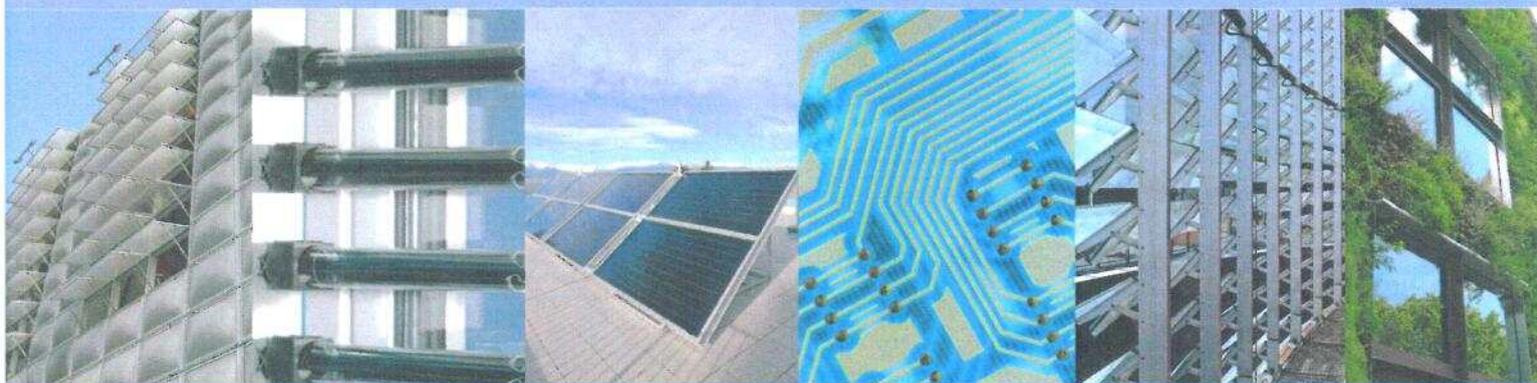
*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867  
**A&RT**



**Innovazione tecnologica sostenibile in edilizia**

***Technological innovation for sustainable building***

**ATTI E RASSEGNA TECNICA**  
DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

Anno 145

**LXVI-1-2-3**

APRILE-GIUGNO 2012

NUOVA SERIE

# ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

NUOVA SERIE - ANNO LXVI - Numero 1-2-3 - APRILE-GIUGNO 2012

*Direttore*

Carla Barovetti

*Segretario*

Davide Rolfo

*Tesoriere*

Claudio Vaglio Bernè

*Art Director*

Riccardo Franzero

*Comitato di redazione*

Domenico Bagliani, Alessandro De Magistris, Guglielmo Demichelis, Marco Filippi, Alessandro Martini, Paolo Picco, Costanza Roggero, Valerio Rosa, Andrea Rolando, Mauro Sudano, Mauro Volpiano

*Sede*

Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

Corso Massimo d'Azeglio 42, 10123 Torino, telefono 011 - 6508511 - [www.siat.torino.it](http://www.siat.torino.it)

ISSN 0004-7287

Periodico inviato gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino.



Questo numero di «A&RT» pubblica gli atti del ciclo di incontri Innovazione tecnologica sostenibile in edilizia svoltosi presso il Salone d'Onore del Castello del Valentino, Facoltà di Architettura – Politecnico di Torino nei giorni 23, 30 marzo, 6, 13, 20 aprile 2011, organizzato dalla Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino e da ITAC – Dottorato di ricerca in Innovazione Tecnologica per l'Ambiente Costruito del Politecnico di Torino

#### **con il patrocinio di**

Regione Piemonte

Provincia di Torino

Città di Torino

Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori della Provincia di Torino

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino

Green Building Council Italia

Collegio Costruttori Edili – ANCE Torino

#### **con il contributo di**

Artemide

Building Intelligence Group

E++

Fresia Alluminio

Gyproc Saint Gobain

Intesa SanPaolo

Knauf

Lavazza

OnLeco

Autodesk – Pico

Recchi Ingegneria e Partecipazione

Rockwool

Solesa

Unopor

#### **media partner**

Il Giornale dell'Architettura

Modulo

Cura del numero: Marco Filippi con Enrico Fabrizio.

**SOMMARIO**  
**SUMMARY**

Carla Barovetti	Editoriale <i>Editorial</i>	pag. 9
<b>LA COSTRUZIONE SOSTENIBILE CERTIFICATA CERTIFIED SUSTAINABLE BUILDING</b>		
Daniele Guglielmino	Introduzione <i>Foreword</i>	pag. 14
Marco Filippi, Valeria Branciforti	Green Building e Green Washing <i>Green Building and Green Washing</i>	pag. 15
Andrea Moro	ESIT: il processo di certificazione nazionale Protocollo Itaca <i>ESIT: the Italian National certification process Protocollo Itaca</i>	pag. 22
Alessandro Speccher	I protocolli LEED® per la valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici e la loro introduzione in Italia <i>I protocolli LEED® per la valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici e la loro introduzione in Italia</i>	pag. 25
Daniele Guglielmino	Green buildings: processo integrato e nuove professioni <i>Green buildings: integrated process and new professionals</i>	pag. 32
Marco Carone, Vincenzo Diego Cutugno	Responsabilità professionali per la sostenibilità certificata <i>Professionals responsibility for sustainable building certification</i>	pag. 38
Paolo Corradini	Un edificio LEED®: il nuovo Centro Direzionale Lavazza <i>A LEED® building: the new Lavazza Headquarter</i>	pag. 44
<b>L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER GLI INVOLUCRI EDILIZI. PRODOTTI, SISTEMI, CASI DI STUDIO TECHNICAL EVOLUTION OF BUILDING ENVELOPES. PRODUCTS, SYSTEMS AND CASE STUDIES</b>		
Valentina Serra	Introduzione <i>Foreword</i>	pag. 52
Marco Perino, Lorenza Bianco	Il ruolo dell'involucro nell'edificio a basso consumo energetico <i>The role of energy-efficient building envelope</i>	pag. 53
Valentina Serra, Lorenza Bianco	Involucri opachi e trasparenti di ultima generazione: prestazioni energetiche e soluzioni tecniche <i>Next generation building envelope components: energy performance and technical solution</i>	pag. 61
Gabriele Masera	Le tecnologie struttura/rivestimento per l'efficienza energetica <i>Structure/envelope technologies for energy efficient buildings</i>	pag. 69
Elena Montacchini	Involucri verdi: una tecnologia sostenibile <i>Green envelope: a sustainable technology</i>	pag. 76
Roberto Giordano	Il ruolo dei materiali dell'involucro edilizio tra certificazione di prodotto e nuove direttive nel settore dell'efficienza energetica <i>The environmental assessment of building materials with regards to Product Labels and European Directive concerning the energy efficiency in the building sector</i>	pag. 82
Massimiliano Fadin	Il futuro dei serramenti in alluminio <i>The future of aluminum frames</i>	pag. 90
Claudio Perino	Un caso di studio: edificio di legno con utilizzo di PCM: P.U.E.L.L. <i>A case study: a wood building with PCM: P.U.E.L.L.</i>	pag. 97
Stefano Cremona, Carlo Micono	Involucri trasparenti e schermature solari ad alto contenuto tecnologico: l'approccio integrato al progetto <i>Advanced transparent envelopes and solar shadings: the integrated approach in building design</i>	pag. 103

**L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA  
PER I SISTEMI ENERGETICI E GLI IMPIANTI  
TECHNICAL INNOVATION FOR PRIMARY AND SECONDARY SYSTEMS**

Marco Filippi	Introduzione <i>Foreword</i>	pag. 114
Luca Stefanutti	Gli impianti per gli edifici sostenibili <i>HVAC for sustainable building</i>	pag. 115
Massimiliano Scarpa	Impianti a radiazione per il riscaldamento e il raffrescamento <i>Radiant panels for heating and cooling</i>	pag. 121
Michele Vio	Le prestazioni delle pompe di calore <i>The heat pumps performances</i>	pag. 128
Marco Beccali	Prospettive di sviluppo degli impianti solari termici <i>Advances on solar thermal system</i>	pag. 144
Stefano Fissolo, Serena Damiano, Alice Morra, Marco Rinaldi	Prospettive di sviluppo degli impianti solari fotovoltaici <i>Advances on photovoltaic systems</i>	pag. 151
Gianluca Dho	La sfida della domotica <i>The challenge of home automation</i>	pag. 158

**L'EFFICIENZA ENERGETICA E LA QUALITÀ AMBIENTALE  
DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE  
ENERGY EFFICIENCY AND INDOOR QUALITY  
OF THE EXISTING BUILDINGS**

Stefano Paolo Corgnati	Introduzione <i>Foreword</i>	pag. 164
Vincenzo Corrado	Stato attuale della normativa nazionale e regionale in tema di contenimento dei consumi energetici in edilizia <i>Current status of national and regional legislation regarding reduction of energy consumption in buildings</i>	pag. 165
Lorenzo Balsamelli	La diagnosi e la contabilizzazione energetica nell'edilizia residenziale <i>Energy audit and accounting in residential buildings</i>	pag. 172
Mauro Tricotti	Gli interventi per l'isolamento termico degli edifici esistenti <i>Thermal insulation of existing buildings</i>	pag. 181
Stefano Paolo Corgnati	Il monitoraggio energetico e ambientale del patrimonio edilizio esistente <i>Energy and indoor environment monitoring of existing building stock</i>	pag. 187
Roberto Gerbo	Sistema di monitoraggio e interventi per la riduzione dei consumi energetici nei siti bancari <i>Monitoring and actions to reduce energy consumption in banks</i>	pag. 194
Giovanni La Bella, Paolo Strada, Attila Oldano	Efficientamento energetico dei palazzi uffici eni <i>Energy retrofitting of the eni office buildings</i>	pag. 202
Piero Bozza	ICT per l'energia: il progetto WiFi4Energy del Politecnico di Torino <i>Information and Communication Technologies applied to energy management: the WiFi4Energy project at Politecnico di Torino</i>	pag. 211
Barbara Conti, Valeria Branciforti	La responsabilità energetico-ambientale di una grande industria: le azioni per la riqualificazione del patrimonio immobiliare esistente e i nuovi progetti di Lavazza S.p.A. <i>The energy and environmental responsibility of a big firm: retrofit actions on the existing building stock and new projects of Lavazza S.p.A</i>	pag. 220

**I NUOVI APPROCCI AL PROGETTO EDILIZIO**  
**NEW APPROACHES TO BUILDING DESIGN**

Enrico Fabrizio	Introduzione <i>Foreword</i>	pag. 230
Riccardo Balbo	La progettazione parametrica: la genetica dell'architettura o fashion digitale? <i>Parametric design: architecture genetic or digital fashion?</i>	pag. 231
Massimiliano Lo Turco, Anna Osello	Il Building Information Modeling (BIM) e l'interoperabilità delle informazioni <i>Building Information Modeling (BIM) and data interoperability</i>	pag. 238
Graziano Lento	Esempi di progettazione sostenibili con il BIM <i>BIM for sustainable buildings</i>	pag. 248
Filippo De Rossi, Nicola Bianco, Giuseppe Peter Vanoli, Fabrizio Ascione, Gianluca Turni	Il calcolo delle prestazioni per i componenti di involucro innovativi <i>The energy performance evaluation of innovative building envelopes</i>	pag. 252
Enrico Fabrizio	L'Energy Modelling <i>The Energy Modelling</i>	pag. 263
Alberto Altavilla, Fabio Favoino	Esempi di progettazione energetica assistita da computer: modellazione dinamica e fonti rinnovabili per il Parco del Karakorum <i>Energy simulations for building design: dynamic simulation and renewable sources for Karakorum Park</i>	pag. 271
Anna Pellegrino	Limiti e prospettive della progettazione illuminotecnica assistita da computer <i>Drawbacks and perspectives of the use of computer simulations in lighting design</i>	pag. 281
Arianna Astolfi, Alessia Griginis	Limiti e prospettive della progettazione acustica assistita da computer <i>Limits and perspectives of computer-assisted acoustic design</i>	pag. 290
<b>INFORMAZIONE PUBBLICITARIA</b> <b>COMMERCIAL INFORMATION</b>		
Edoardo Cignoni	Sistema comfort acustico	pag. 299
Luigi Semino	Gyproc fa respirare la tua casa	pag. 301



**INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
SOSTENIBILE  
in EDILIZIA**

**CICLO DI INCONTRI  
MARZO e APRILE 2011  
SALONE D'ONORE  
DEL CASTELLO DEL VALENTINO  
FACOLTÀ DI ARCHITETTURA  
POLITECNICO DI TORINO**



**SIAT**  
SOCIETÀ  
DEGLI INGEGNERI  
E DEGLI INDUSTRIALI  
E DEGLI ARCHITETTI  
IN TORINO



**ITAC**  
ISTITUTO DI RICERCA  
IN INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
PER AMBIENTI COSTRUITI

CON IL PATROCINIO DI



**SIAT**

Nata nel 1866 come Società degli Ingegneri e degli Industriali e divenuta Società degli Ingegneri e degli Architetti nel 1886, in ogni periodo della sua storia la Siat ha partecipato al progresso del sapere tecnico e scientifico. Luogo di discussione e di confronto, diventa punto di riferimento nelle più importanti occasioni di trasformazione urbana. La Siat ha come scopo sociale la promozione di iniziative culturali nel campo dell'ingegneria e dell'architettura per contribuire allo sviluppo del dialogo tra ingegneri ed architetti tramite una continua opera di sensibilizzazione verso il progresso scientifico e culturale.

Tra le sue attività:

- pubblicazione della rivista "Atti e Rassegna Tecnica"
- visite guidate ai cantieri e realizzazioni architettoniche
- conferenze, convegni e seminari sui temi dell'ingegneria e dell'architettura contemporanea
- viaggi di studio in Italia e all'estero
- organizzazione di iniziative culturali nel campo del design, dell'ingegneria e dell'architettura

[www.siat.torino.it](http://www.siat.torino.it)

**SIAT**  
SOCIETÀ  
DEGLI INGEGNERI  
E DEGLI ARCHITETTI  
IN TORINO

CON IL CONTRIBUTO DI

**COMITATO SCIENTIFICO**

- Marco Filippi**, Politecnico di Torino (coordinatore)
- Carlo Caldera**, Politecnico di Torino
- Stefano Corgnati**, Politecnico di Torino
- Enrico Fabrizio**, Università di Torino
- Roberto Pagani**, Politecnico di Torino
- Emanuela Recchi**, vice presidente SIAT
- Antonio Recupero**, consigliere SIAT
- Valerio Rosa**, consigliere SIAT
- Valentina Serra**, Politecnico di Torino
- Claudio Vaglio Bernè**, analista SIAT

**SEGRETARIA ORGANIZZATIVA**

- Alessia Griginis**, socio SIAT
- Daniele Guglielmino**, socio SIAT
- Sara Tota**, segretario SIAT

**UFFICIO STAMPA**

**Marina Emprin Gilardini**, Studio R&E

**ITAC**

Il Dottorato "Innovazione Tecnologica per l'Ambiente Costruito" del Politecnico di Torino nasce con il XXI ciclo (2006-2008). Ha sede amministrativa nel Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali e confluiscano in esso docenti afferenti a cinque diversi dipartimenti: oltre al citato Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali, il Dipartimento di Energetica, il Dipartimento Casa-Città, il Dipartimento di Progettazione Architettonica e Design Industriale ed il Dipartimento di Scienze e Tecniche per i Processi di Innesadimento.

Esso racchiude tre aree di ricerca, connesse ai temi dell'Architettura Tecnica, della Fisica Tecnica Ambientale e della Tecnologia dell'Architettura. L'integrazione disciplinare costituisce un punto di forza del Dottorato, in quanto esso vuole essere luogo di sperimentazione di un proficuo rapporto fra architetti e ingegneri edili, ma anche ingegneri meccanici, energetici, civili, ambientali e gestionali interessati alla progettazione, alla costruzione e alla gestione degli edifici.

L'obiettivo è quello di creare un ambiente culturale in cui si formano figure scientifiche e di alta professionalità che operano nell'ambito dell'edilizia, affrontando e risolvendo problemi progettuali e tecnologici, sviluppando soluzioni tecniche e processi innovativi, concependo, progettando e sperimentando prodotti e sistemi innovativi, gestendo processi di innovazione tecnologica.

Le figure professionali che si intendono formare trovano alimento culturale nei contesti dell'evoluzione delle tecniche costruttive, della qualità e della sostenibilità e negli approcci di tipo sistemico e sperimentale.

**ITAC**  
POLITECNICO DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI RICERCA IN  
INNOVAZIONE TECNOLOGICA  
PER AMBIENTI COSTRUITI

## 1ª giornata

Mercoledì 23 marzo 2011

LA COSTRUZIONE SOSTENIBILE  
CERTIFICATA

- 14.00 Registrazione e Iscrizioni
- 14.30 Saluti  
**Francesco Profumo** Rettore del Politecnico di Torino  
**Roberto Moriondo** Direttore Innovazione, Ricerca ed Università della Regione Piemonte  
**Carla Barovetti** Presidente SIAT  
**Marco Filippi** Coordinatore del Dottorato di Ricerca in Ingegneria Tecnologica per l'Ambiente Costruito del Politecnico di Torino  
 Moderatore:  
**Roberto Pagani** Politecnico di Torino
- 15.00 Green building e green washing  
**Marco Filippi** Politecnico di Torino
- I temi progettuali della costruzione sostenibile  
**Paolo Baggio** Università di Trento
- L'esperienza italiana del protocollo ITACA  
**Andrea Moro** ISBE Italia
- L'introduzione del sistema LEED® in Italia  
**Alessandro Speccher** Green Building Council Italia
- 16.40 Coffee Break
- Innovazione delle competenze professionali per la costruzione sostenibile  
**Daniele Guglielmino** Politecnico di Torino
- Responsabilità professionali e contrattualistica per la sostenibilità certificata  
**Marco Carone** Studio Legale Carone & Partners
- Un edificio certificato LEED® a Torino: il Nuovo Centro Direzionale Lavazza  
**Marco Lavazza** Luigi Lavazza spa
- Riflessioni di **Giambattista Quirico**  
 Direttore Generale Vicum - Città di Torino
- 18.30 Dibattito
- 19.00 Aperitivo Lavazza

## 2ª giornata

Mercoledì 30 marzo 2011

L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER  
GLI INVOLUCRI EDILIZI

- 14.00 Registrazione e Iscrizioni  
 Moderatore:  
**Carlo Caldera** Politecnico di Torino
- 14.30 Il ruolo dell'involucro nell'edificio a basso consumo energetico  
**Marco Perino** Politecnico di Torino
- Involucri opachi e trasparenti di ultima generazione: prestazioni energetiche e soluzioni tecniche  
**Valentina Serra** Politecnico di Torino
- Le tecnologie Struttura / Rivestimento (S/R) per l'efficienza energetica  
**Gabriele Masera** Politecnico di Milano
- Involucri verdi  
**Elena Montacchini** Politecnico di Torino
- Il ruolo dei materiali dell'involucro edilizio tra certificazione di prodotto e nuove direttive nel settore dell'efficienza energetica  
**Roberto Giordano** Politecnico di Torino
- 16.40 Coffee Break
- Esempi di involucri opachi  
**Michael Tribus** Michael Tribus Architectur
- Il futuro dei serramenti in alluminio  
**Massimiliano Fadin** Fresa Alluminio spa
- Un caso di studio: il progetto di un edificio con pareti in legno e PCM  
**Claudio Perino** Torpedo Architeti
- Esempi di involucri trasparenti e schermature solari  
**Carlo Micone** Al Engineering srl
- 18.30 Dibattito

Mercoledì 6 aprile 2011

L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER I SISTEMI  
ENERGETICI E GLI IMPIANTI

- 14.00 Registrazione e Iscrizioni  
 Moderatore:  
**Marco Masoero** Politecnico di Torino
- 14.30 Gli impianti per gli edifici sostenibili  
**Luca Stefanutti** ACARR
- Impianti a radiazione per il riscaldamento e il raffreddamento  
**Michele De Carli** Università di Padova
- Pompe di calore per l'efficienza energetica  
**Michele Vio** Presidente ACARR
- Prospettive di sviluppo degli impianti solari termici  
**Marco Beccali** Università di Palermo
- Prospettive di sviluppo degli impianti solari fotovoltaici  
**Stefano Fissolo** Gruppo Solest srl
- 16.40 Coffee Break
- Limiti e prospettive della micro-cogenerazione/ trigenerazione nell'edilizia residenziale e terziaria  
**Ennio Macchi** Politecnico di Milano
- Il futuro dell'illuminazione di interni  
**Fabio Zanola** Artemide spa
- La sfida della domotica  
**Gianluca Dho** Building Intelligence Group srl
- Riflessioni di **Giorgio Gallesio**  
 Vice Presidente ANGE
- 18.30 Dibattito

Mercoledì 13 aprile 2011

L'EFFICIENZA ENERGETICA E LA QUALITÀ  
AMBIENTALE DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE

- 14.00 Registrazione e Iscrizioni  
 Moderatore:  
**Marco Filippi** Politecnico di Torino
- 14.30 Stato attuale della normativa nazionale e regionale in tema di contenimento dei consumi energetici in edilizia  
**Vincenzo Corrado** Politecnico di Torino
- La diagnosi e la contabilizzazione energetica nel settore residenziale  
**Lorenzo Balsamelli** Onico srl
- Gli interventi per l'isolamento termico degli edifici esistenti  
**Mauro Tricotti** Rockwool Italia spa
- Il monitoraggio ambientale e energetico del patrimonio edilizio esistente  
**Stefano Corgnati** Politecnico di Torino
- Sistema di monitoraggio e interventi per la riduzione dei consumi energetici nei siti bancari  
**Roberto Gerbo** Intesa Sanpaolo spa
- 16.40 Coffee Break
- Efficientamento energetico dei palazzi uffici ENI  
**Giovanni La Bella, Paolo Strada** ENI Servizi spa  
**Attila Oldano** Reichi Ingegneria e Partecipazioni spa
- ICT per l'energia: il progetto WiFi4Energy del Politecnico di Torino  
**Piero Bozza** Politecnico di Torino
- La responsabilità energetico ambientale di una grande industria: le azioni per la riqualificazione del patrimonio immobiliare esistente e i nuovi progetti  
**Barbara Conti** Luigi Lavazza spa
- Riflessioni di **Piero Cornaglia**  
 Responsabile Servizio Edilizia, Università di Torino
- 18.30 Dibattito

Mercoledì 20 aprile 2011

I NUOVI APPROCCI  
AL PROGETTO EDILIZIO

- 14.00 Registrazione e Iscrizioni  
 Moderatore:  
**Anna Osello** Politecnico di Torino
- 14.30 La progettazione parametrica  
**Riccardo Balbo** University of Salford
- Il Building Information Modelling (BIM) e l'interoperabilità delle informazioni  
**Massimiliano Lo Turco** Politecnico di Torino
- Esempi di progettazione sostenibile attraverso il BIM  
**Graziano Lento** Autodesk Italia
- Il calcolo delle prestazioni per i componenti di involucro innovativi  
**Filippo De Rossi** Università del Salento
- L'Energy Modelling  
**Enrico Fabrizio** Università di Torino
- 16.40 Coffee Break
- Esempi di progettazione energetica assistita da computer, modellazione dinamica e fonti rinnovabili per il Parco del Karakorum  
**Alberto Altavilla** E + A
- Limiti e prospettive della progettazione illuminotecnica assistita da computer  
**Anna Pellegrino** Politecnico di Torino
- Limiti e prospettive della progettazione acustica assistita da computer  
**Arianna Astolfi** Politecnico di Torino  
**Alessia Griginis** Grisco s.r.l.
- Riflessioni di **Giuseppe Biondo**  
 Direttore della Rivista Medusa
- 18.30 Dibattito

Il ruolo dei materiali dell'involucro edilizio tra certificazione di prodotto e nuove direttive nel settore dell'efficienza energetica

*The environmental assessment of building materials with regards to Product Labels and European Directive concerning the energy efficiency*

**ROBERTO GIORDANO**

Roberto Giordano, architetto e dottore di ricerca in tecnologia dell'architettura e dell'ambiente. Ricercatore presso il Politecnico di Torino.

roberto.giordano@polito.it

Il problema della valutazione dell'ecocompatibilità dei materiali e dei componenti edilizi è ben noto. Lo provano le ricerche che si sono avvicinate a partire dalla seconda metà degli anni '90 e che, in alcuni casi, sono ancora in corso. Gli studi avevano (o hanno) l'obiettivo di mettere a punto indicatori in grado di misurare le prestazioni ambientali dei prodotti da costruzione. I risultati raggiunti, nella maggior parte dei casi, non sono stati in grado di esprimere veri e propri strumenti di valutazione, soprattutto quando questi ultimi erano indirizzati a connotare le scelte in fase di progettazione preliminare. L'opportunità di superare tale impasse è rappresentata da due recenti direttive. La prima, rivolta a sviluppare specifiche tecniche sulle caratteristiche energetico-ambientali dei prodotti; la seconda, finalizzata a determinare il bilancio energetico di un edificio includendo il fabbisogno di energia primaria imputabile alla fase di produzione fuori opera dei materiali.

*The environmental sustainability assessment of building materials is a well known critical issue. The theoretical and technical difficulties were shown by several researches started in the nineties and sometime still ongoing. Most of the researches were (or are) addressed to develop indicators in order to provide ecological information about materials but only few outcomes can be assumed as really considerable for an environmental assessment. Such difficulties are particularly relevant for those tools addressed at helping architects to select sustainable options during the design stage. Two European directives recently issued become the opportunity to overtake such impasse. The former, aimed at carrying out building product's data sheet concerning the energy and environmental performances of product itself. The latter, aimed at developing a methodological approach including the calculation of the primary energy needs due to production stage of building materials.*

La tecnologia dell'architettura ha – da sempre – assegnato all'involucro edilizio un'importanza strategica per garantire condizioni di benessere negli ambienti confinati. E. Allen<sup>1</sup> teorizza il concetto di involucro come terza pelle a cui è demandato il compito, al pari di un indumento, di impiegare accorgimenti passivi per tenere sotto controllo le correnti naturali di calore, aria e vapore acqueo al fine di garantire il benessere di chi occupa l'edificio. La normativa vigente – e quella in via di recepimento – sia a livello nazionale sia a livello locale ha posto una particolare attenzione al tema dell'efficienza energetica introducendo requisiti connessi al fabbisogno di energia primaria del sistema edificio-impianto e, in alcuni casi, al fabbisogno di energia netta. Gli strumenti di valutazione attraverso i quali è possibile determinare tali fabbisogni considerano diversi parametri connessi alle

caratteristiche morfologiche dell'immobile, alla tipologia di impianto di riscaldamento/raffrescamento e, infine, alle prestazioni fisico-tecniche degli elementi tecnici che confinano verso l'esterno o verso gli ambienti non riscaldati. Per garantire prestazioni conformi ai requisiti normativi, ai materiali e ai componenti edilizi è richiesto di fornire adeguati valori di conducibilità e di permeabilità, in modo da controllare il flusso di calore che attraversa le chiusure e le partizioni ed eliminare fenomeni di condensa superficiale o interstiziale.

L'ottimizzazione dei fabbisogni di energia primaria del sistema edificio ha comportato l'esigenza di realizzare nuovi prodotti da costruzione contraddistinti da prestazioni superiori rispetto a quelle che venivano offerte fino a pochi anni fa. Tuttavia l'innovazione tecnologica non si è limitata a realizzare prodotti isolanti di maggiore spessore o serramenti a tenuta, l'innovazione si è concentrata, e si sta concentrando, nello sviluppo e nella sperimentazione di prodotti in grado di soddisfare i limiti di trasmittanza con spessori ridotti (aerogel), o in grado di adattare le proprie caratteristiche al mutare delle condizioni climatiche stagionali (materiali a cambiamento di fase - PCM).

La sperimentazione appena descritta si sta accompagnando a un altro fenomeno, considerato da molti "innovativo", che riguarda le caratteristiche di ecocompatibilità dei prodotti e dei componenti edilizi. Si tratta della certificazione ambientale di prodotto che negli ultimi anni è stata oggetto di una rapida evoluzione. Chi si occupa di marketing è consapevole che associare al prodotto l'aggettivo "ecologico" conferisce allo stesso una maggior attrattività per i consumatori/utilizzatori. Non si può però trascurare che alcune certificazioni ambientali si limitano a considerare aspetti parziali che possono concorrere a classificare il prodotto come ecocompatibile ma non ne garantiscono la piena sostenibilità ambientale. Inoltre, la maggioranza delle certificazioni ambientali non fornisce dati disaggregati riguardanti il fabbisogno energetico o i rilasci in aria, acqua e suolo del sistema di produzione, trasporto e smaltimento, si limita ad attestare informazioni particolari o omnicomprehensive, dichiarando, ad esempio, che il prodotto è riciclato, oppure, che per il prodotto non sono stati utilizzati clorofluorocarburi.

Se, dunque, la certificazione non è sufficiente, quali sono gli indicatori attraverso i quali valutare l'ecocompatibilità di un prodotto edilizio e, ancora, quale è l'impatto che si può attribuire alla fase di produzione fuori opera o alla fase di smaltimento, rispetto alla cosiddetta fase di esercizio? Negli scorsi anni sono state avviate numerose iniziative, alcune di ricerca, altre di carattere normativo volontario, entrambe finalizzate a sviluppare metodologie di valutazione e indicatori di misura dell'ecocompatibilità dei prodotti. I risultati raggiunti non sono stati in grado di produrre dei cambiamenti rilevanti nell'attività di progettazione. La complessità del tema ha fatto sì che i pochi sistemi di valutazione, in

cui sono stati introdotti aspetti connessi all'ecocompatibilità, abbiano sviluppato requisiti e indicatori generici, basati in massima parte su un approccio di presenza vs assenza di alcune caratteristiche. Ad esempio, contrapponendo i prodotti di origine naturale a quelli di origine petrolchimica. L'attività svolta non è, però, da considerare inefficace, può, come verrà di seguito descritto, trovare una piena valorizzazione nell'attuazione di due recenti direttive finalizzate alla progettazione dei prodotti che consumano energia (direttiva 2009/125/CE) e alla realizzazione di edifici a "energia zero".

### 1. L'impatto energetico-ambientale dei prodotti da costruzione

L'ENEA<sup>2</sup> ogni anno elabora i dati sui consumi energetici suddivisi per settori. Il rapporto del 2009 evidenzia che riscaldare e raffrescare gli edifici richiede ancora molta energia. Tale richiesta è sostanzialmente simile tra continenti, sebbene si evidenzino alcune inversioni di tendenza dei consumi di alcune nazioni.

In Europa il 30% dei consumi finali di energia è da assegnare al settore residenziale e al terziario<sup>3</sup>. Il dato è preoccupante sebbene il continente Euroasiatico nel quindicennio compreso tra il 1990 e il 2006 sia stato capace di ridurre i consumi energetici del 7,47%<sup>4</sup> mantenendo inalterate le condizioni di benessere e di produttività (i dati si riferiscono al 2007, due anni prima della crisi economica mondiale), merito, in buona parte, delle politiche di efficienza energetica messe in atto da alcuni Paesi Europei, primi fra tutti, la Germania, la Francia e l'Inghilterra.

Se i dati appena illustrati sono noti, lo sono meno quelli concernenti il settore industriale, che comprende attività siderurgiche, meccaniche, chimiche e petrolchimiche, tessili, ceramiche e, ovviamente, la produzione edilizia.

In Italia il dato sui consumi finali di energia riflette quello europeo, senza che vi siano scostamenti sensibili tra i consumi ascrivibili ai vari settori. Le attività manifatturiere richiedono circa il 27% dei consumi finali di energia, collocandosi di poco sotto il settore residenziale e terziario. La produzione siderurgica è quella che richiede più risorse energetiche, pari a circa 1786 milioni di TEP<sup>5</sup>, seguita dai materiali da costruzione, con 1155 milioni di TEP. Ciò significa che il 18% dei consumi finali di energia nel settore industriale è destinato a produrre i materiali con i quali si costruiscono e ristrutturano gli edifici (Figura 1). Sulla base delle informazioni riportate si può dedurre che i consumi di energia destinati alla produzione edilizia costituiscono una quota minoritaria rispetto a quella necessaria a soddisfare i fabbisogni nel settore residenziale e terziario, ma affatto trascurabile in valore assoluto. In particolare, vi è da rilevare che dal 2004 si è assistito a una contenuta ma costante decrescita dei consumi di energia nel settore del residenziale (-2%) a cui è associato

un piccolo ma progressivo aumento dei medesimi consumi nella produzione dei materiali da costruzione (+1,8%). È probabile che non vi sia un nesso logico tra i due andamenti, allo stesso tempo non si può tralasciare che il rispetto di alcune prestazioni fisico-tecniche previste dalla normativa nazionale e locale comporti un maggiore spessore e, di conseguenza, un peso specifico superiore per alcuni prodotti come: gli isolanti, i vetri e i termointonaci. È inevitabile, infatti, che aumentando la quantità in peso di un materiale, che costituisce uno degli strati funzionali dell'elemento tecnico, si incrementi la produzione industriale dello stesso.

**2. Il quadro di riferimento normativo**

A livello normativo si stanno compiendo i primi passi nella direzione di un riconoscimento dell'importanza delle diverse fasi che caratterizzano il ciclo di vita di un edificio. La direttiva 2009/125/CE, recepita in Italia dal Decreto Legislativo n. 15 del 16 febbraio 2011, stabilisce che alcune categorie di prodotti edilizi possano influenzare il bilancio energetico-ambientale complessivo del sistema edificio. Il Decreto fa esplicito riferimento ai serramenti e ai materiali per l'isolamento termico, inoltre, definisce le specifiche che dovranno essere osservate dai produttori nella redazione delle schede tecniche dei prodotti.

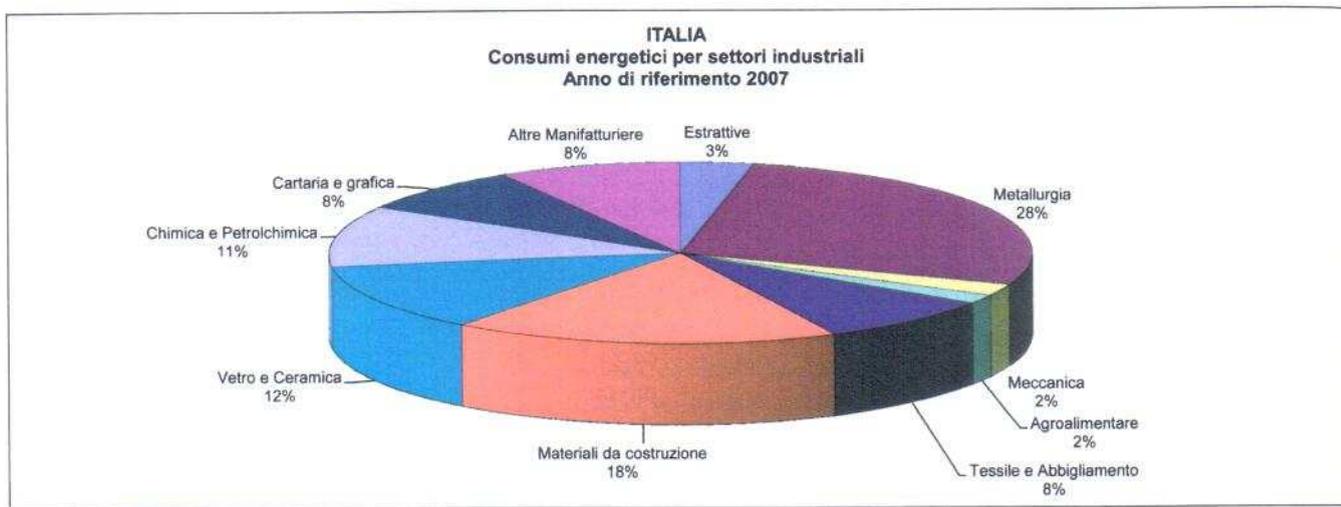


Figura 1. Consumi finali di energia dei vari settori che compongono le attività manifatturiere, anno 2007, dati in migliaia di TEP.  
 Figura 2. Esempio di scheda-prodotto ispirata ai contenuti della direttiva 2009/125/CE.

**WOOL FELT**  
(0 Km wool)

**SUPPLIER**  
Information

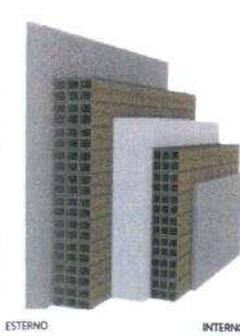
Manufacturer: Davifil  
 Distributor: Davifil  
 Contact: www.davifil.it

**ENVIRONMENTAL**  
Characterization

Embodied Energy (kWh/kg)	2.34	1.46
Embodied Carbon (kgCO <sub>2</sub> e)	0.932	0.27
TVOC emission factor (μgH/m <sup>3</sup> )	100	
R phrases		
H phrases		
Composition	100%羊毛	
Recycling scenarios	Biodegradable recycling reusable	
Environmental labels		

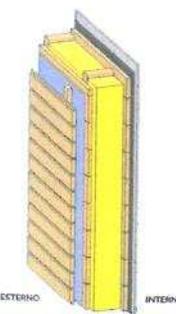
**PERFORMANCE**  
Characterization

Structure	Mat
Shape and Form	roll, thickness of cloth
Density ρ (kg/m <sup>3</sup> )	0
Specific heat Cs (J/kgK)	1600-1700
Compression strength	
Elastic limit	
Fire class	B2
Thermal Conductivity λ (W/mK)	0.027-0.044
Water vapour resistance factor μ	1.75
Strong Acid resistance	Average
Strong Alkalis resistance	Very good
UV resistance	Average

Elemento Tecnico		Strati dell'elemento tecnico	Densità	Spessore	Peso per unità di sup.	Contenuto Energia Primaria totale		Contenuto Energia Primaria da rinnovabili	
N. elemento	1	Lato interno	[kg/m <sup>3</sup> ]	[m]	[kg/m <sup>2</sup> ]	CEP [Mj/kg]	CEP [Mj/m <sup>2</sup> ]	CEP [Mj/kg]	CEP [Mj/m <sup>2</sup> ]
	1	Intonaco a base cementizia	2000	0,015	30,00	6,42	192,60	0,2	6,00
	2	Laterizio forato 5 cm	800	0,08	56,00	1,93	108,08	0,04	2,24
	3	Polistirene espanso sinterizzato	10	0,10	1,20	88,05	105,66	-2,22	-2,66
	4	Laterizio semipieno	800	0,12	96,00	1,93	185,28	0,04	3,84
	5	Intonaco a base cementizia	2000	0,025	50,00	6,42	321,00	0,2	10
	6								
	7								
	8								
	9								
		Lato esterno/interno	Totale →	0,36	233,20	Totale →	912,62	Totale →	19,42

INDICE RINNOVABILITÀ DELL'ELEMENTO TECNICO				
IR	CEP RINN [Mj/m <sup>2</sup> ]	19,42	× 100 =	2,13%
	CEP TOT [Mj/m <sup>2</sup> ]	912,62		

Elemento Tecnico		Strati dell'elemento tecnico	Densità	Spessore	Peso per unità di sup.	Contenuto Energia Primaria totale		Contenuto Energia Primaria da rinnovabili	
N. elemento	2	Lato interno	[kg/m <sup>3</sup> ]	[m]	[kg/m <sup>2</sup> ]	CEP [Mj/kg]	CEP [Mj/m <sup>2</sup> ]	CEP [Mj/kg]	CEP [Mj/m <sup>2</sup> ]
	1	Lastra in cartongesso	800	0,013	10,4	9,79	101,82	7,92	82,37
	2	Barriera al vapore	0	0,002	0,16	39,11	6,26	25,57	4,09
	3	Assito legno abete	450	0,025	11,25	30,55	343,69	19,17	215,66
	4	Fibra di cellulosa	50	0,16	8,00	9,24	73,92	1,06	8,48
	5	Assito legno abete	450	0,025	11,25	30,55	349,69	19,17	215,66
	6	Barriera impermeabile	940	0,002	1,88	88,42	166,23	2,12	3,98
	7	Listelli abete	650	0,13	26,00	0	0	0	0
	8	Larice del Tirolo rosso	350	0,034	11,9	30,55	363,55	19,17	228,12
	9								
		Lato esterno/interno	Totale →	0,30	179,94	Totale →	1399,14	Totale →	758,37

INDICE RINNOVABILITÀ DELL'ELEMENTO TECNICO				
IR	CEP RINN [Mj/m <sup>2</sup> ]	758,37	× 100 =	54,20 %
	CEP TOT [Mj/m <sup>2</sup> ]	1399,14		

EE totale edificio	Superficie edificio	EE per unità di superficie		Ciclo vita edificio - expected life	
MJ	m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	25 anni kWh/m <sup>2</sup>	60 anni kWh/m <sup>2</sup>
1.820.000	200	9.100	2.527,78	101,10	42,13

Tabella 1. Protocollo di valutazione dell'EE e dell'IR dell'elemento "benchmark".

Tabella 2. Protocollo di valutazione dell'EE e dell'IR della parete ventilata in legno.

Tabella 3. EE totale dell'edificio in relazione a due scenari di durata dell'edificio stesso.

Secondo il provvedimento legislativo è necessario che siano disponibili all'utilizzatore informazioni sulle modalità di fabbricazione, sulle prestazioni ambientali significative, sulle modalità di installazione e sulle modalità di smaltimento.

In pratica è richiesta l'elaborazione di un profilo ecologico all'interno del quale è necessario quantificare secondo grandezze fisiche misurabili il flusso di input in entrata nel processo di produzione (risorse energetiche primarie, risorse energetiche derivate e materiali) e il flusso di output in uscita dallo stesso processo (rilasci in aria, acqua e rifiuti). Il decreto nel definire le modalità attraverso le quali elaborare il profilo ecologico di un prodotto si richiama a una norma tecnica, la UNI EN ISO 14040: Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Principi e quadro di riferimento. Il profilo ecologico costituisce altresì un'interessante implementazione della marcatura o della dichiarazione di conformità CE. Il decreto stabilisce, inoltre, che i produttori mettano a disposizione del pubblico le informazioni contenute nel profilo ecologico al fine di farle diventare parte integrante della documentazione tecnica che riassume le principali caratteristiche prestazionali del prodotto.

I contenuti del decreto sono stati applicati nel progetto di sviluppo sperimentale e pre-industriale GRE\_EN\_S (GREen ENvelope System), il cui obiettivo è la realizzazione di un sistema parete verde ad alto contenuto tecnologico prodotto con materiali ecocompatibili. GRE\_EN\_S è progetto coordinato dal Gruppo di Ricerca TeAM (Tecnologia e Ambiente – Dipartimento DINSE) del Politecnico di Torino e finanziato dalla Regione Piemonte nell'ambito delle attività del Polo di Innovazione POLIGHT (Polo della bioedilizia e dell'idrogeno). Una specifica fase del progetto è dedicata allo studio dei prodotti e dei componenti che andranno a costituire lo strato vegetale e il pannello di supporto del sistema parete. Tale studio, in linea con gli obiettivi dichiarati nel progetto, ha privilegiato componenti di involucro innovativi derivanti da materie prime secondarie, provenienti dal recupero di rifiuti speciali non pericolosi, oppure, da materie di origine vegetale o animale, come la viscosa ottenuta dal cotone e la lana di pecora.

Per ciascuno dei prodotti esaminati si è proceduto all'elaborazione di schede che forniscono un quadro sinottico delle principali caratteristiche fisiche, meccaniche ed energetico-ambientali dei prodotti stessi. Le schede sono state elaborate con l'obiettivo di fornire il più elevato numero di informazioni sul prodotto, ricavandole da monitoraggi ambientali condotti dall'unità di ricerca o tramite elaborazioni basate su banche-dati e strumenti software (Figura 2).

I contenuti della direttiva 2009/125/CE sono richiamati all'interno di un'altra importante direttiva, la 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia che stabilisce che gli stati membri si avvalgano di strumenti armonizzati e in particolare di metodi di prova e di calcolo definiti nel quadro

delle misure di attuazione della direttiva 2009/125/CE. La definizione di una metodologia coerente ai requisiti della direttiva 2010/31/UE è oggetto di uno studio dal titolo: *NETZEB. Towards Net Zero Energy Solar Buildings*, condotto dall'International Energy Agency nell'ambito del SHC Task 40 and ECBCS Annex 52<sup>6</sup>. Una parte del lavoro è dedicata ad approfondire quali sono le voci da considerare in un bilancio energetico di un edificio e, soprattutto, quali sono le voci attraverso le quali valutare se un edificio può essere classificato come edificio a "energia zero". La maggioranza degli approcci metodologici oggetto di indagine, da parte dell'IEA, stabilisce che nella determinazione del fabbisogno di energia primaria di un edificio sia considerato anche il contributo dei materiali per i quali è necessario calcolare l'Embodied Energy (EE)<sup>7</sup>.

### 3. L'Embodied Energy di un edificio: aspetti metodologici

Con il termine Embodied Energy si considera convenzionalmente l'energia primaria necessaria alla produzione, al trasporto e alla dismissione di un prodotto. Se da un punto di vista teorico tale definizione non comporta problemi di carattere interpretativo, da un punto di vista operativo la determinazione del fabbisogno energetico connesso al ciclo di vita di un materiale o di un componente edilizio presenta alcune criticità. La più importante riguarda la disponibilità di dati. Non esiste, infatti, una norma tecnica in grado di fornire dati sull'EE dei materiali da costruzione al pari di quanto avviene con i dati di permeabilità al vapore o di conducibilità.

Un secondo aspetto di non facile quantificazione riguarda i consumi di risorse energetiche connessi ai processi di trasporto. Non si può trascurare che a parità di prodotto è possibile che vi siano sensibili differenze in termini di EE se il sistema di fabbricazione è ubicato in Italia oppure in Cina. Anche la determinazione dell'energia necessaria alla fase di produzione in opera e a quella di dismissione è difficile da specificare, poiché a ogni tecnica di costruzione (a secco o attraverso leganti umidi) e di dismissione (scarica per rifiuti speciali, riciclaggio come materia prima secondaria ecc.) è possibile imputare un consumo energetico. Un prodotto ha, nella maggior parte dei casi, la possibilità di essere posato in opera o smaltito secondo più tecniche tra quelle segnalate, pertanto sarebbe opportuno associare allo stesso diversi valori di EE in funzione degli scenari che gli sono teoricamente attribuibili.

Infine, poiché il calcolo del fabbisogno di energia primaria si accompagna alla richiesta di concessione o di licenza edilizia in fase di progettazione preliminare, anche un bilancio energetico che include l'EE deve essere possibile nella medesima fase, comportando la necessità di riferire i dati a prodotti "generici"<sup>8</sup> e non a prodotti specifici, come quelli dotati di certificazioni o Dichiarazioni

Ambientali di Prodotto, in particolare l'EPD<sup>9</sup>. La previsione di utilizzo di prodotti certificati è, di fatto, solo ammissibile in fase di progettazione esecutiva.

Le difficoltà evidenziate hanno costituito per molto tempo un ostacolo che ha impedito l'introduzione di requisiti quantitativi nei sistemi di valutazione dell'ecocompatibilità a scala di edificio e di prodotto. In realtà, la maggior parte delle esperienze condotte, per effetto delle esigenze espresse dalle direttive descritte in precedenza, può essere implementata efficacemente, rendendo la valutazione dell'EE possibile, anche in tempi relativamente brevi, sebbene vi sia la necessità di ricorrere a correzioni procedurali.

In parte è necessario procedere ad alcune semplificazioni riguardanti le citate fasi di costruzione e di dismissione. Alcuni studi hanno messo in evidenza che l'impatto energetico di un prodotto in fase di posa in opera richiede poco meno del 2% dell'energia necessaria alla sua produzione<sup>10</sup>. Analoghi risultati sono stati raggiunti nell'ambito di ricerche finalizzate a valutare l'impatto della fase di demolizione di un edificio<sup>11</sup>. Si può pertanto stabilire che sono categorie di impatto trascurabili ai fini della caratterizzazione energetica di un prodotto, almeno in fase di progettazione preliminare.

Per quanto concerne, invece, gli strumenti disponibili, in assenza, almeno per il momento, di norme tecniche vi sono banche-dati sviluppate da centri e organismi di ricerca attraverso le quali è possibile determinare l'EE relativa alla fase di produzione fuori opera di un materiale e/o di un componente edilizio. Alcuni di questi strumenti prevedono algoritmi in grado di valutare l'impatto della fase di trasporto. Infine, vi è da precisare che le informazioni contenute nelle banche-dati si riferiscono prevalentemente a materiali e componenti edilizi realizzati mediante processi di produzione "tipo". Si tratta altresì di informazioni particolarmente adatte a essere utilizzate in fase di progettazione preliminare.

Il Centro Interuniversitario di Valutazione della Qualità Ambientale del Costruito del Politecnico di Torino ha raccolto e pubblicato<sup>12</sup> 65 schede utili a caratterizzare in chiave ecocompatibile i prodotti da costruzione. In particolare, è stato definito un indicatore di prestazione energetica che suddivide il valore di EE (la denominazione adottata è Contenuto di Energia Primaria - CEP) a seconda dell'origine della risorsa energetica (CEP da fonti rinnovabili e CEP da risorse di origine fossile).

#### 4. La valutazione dell'Embodied Energy in fase di progettazione

In conformità agli aspetti metodologici esposti e agli strumenti disponibili è possibile determinare il bilancio energetico ambientale di un edificio secondo un approccio coerente a quello previsto dalla direttiva 2010/31/UE

e alle ricerche condotte dall'International Energy Agency. In questa sede è opportuno richiamare uno studio riguardante un edificio bifamiliare, in corso di progettazione in Provincia di Torino (zona climatica E), avente una superficie utile di pavimento di 200 m<sup>2</sup>. L'obiettivo del lavoro è duplice:

1. Sperimentare una metodologia di valutazione che annoveri l'EE dei materiali e dei componenti nel computo complessivo dei fabbisogni energetici dell'edificio;
2. Comparare diversi elementi tecnici, per capire come cambi il valore dell'EE al variare dei materiali e dei componenti che costituiscono gli elementi stessi.

La valutazione dell'EE ha riguardato le seguenti classi di unità tecnologiche: strutture; partizioni interne; chiusure. Non sono stati, invece, considerati gli elementi impiantistici.

Per ciascun elemento tecnico, tra quelli appartenenti alle classi appena richiamate, sono state individuate due o più soluzioni tecnologiche partendo da un "benchmark" rappresentativo di un sistema costruttivo tradizionale. Aver individuato un benchmark è stato importante, poiché ha consentito di valutare se un elemento tecnico alternativo allo stesso benchmark, e caratterizzato da materiali e componenti innovativi, comporta un aumento o una diminuzione dell'EE.

Lo studio delle pareti perimetrali verticali ha previsto il confronto tra due elementi. Il primo - il benchmark - è costituito da:

- doppio strato di intonaco a base cementizia (lato interno e lato esterno dell'elemento);
- laterizio forato (spessore 8 cm);
- isolante in polistirene espanso sinterizzato (spessore 10 cm);
- laterizio semipieno (spessore 12 cm).

Il secondo, invece, è realizzato come segue:

- lastra in cartongesso intonacata e verniciata (lato interno dell'elemento) a cui è abbinata una barriera al vapore;
- isolante in fibra di cellulosa compreso tra un doppio assito in legno di abete (spessore totale 21 cm) a cui è applicata un guaina impermeabile;
- parete ventilata in legno di larice fissata a montanti in legno di abete (spessore 16 cm).

La banca-dati utilizzata ai fini del calcolo è stata quella sviluppata dal Centro Interuniversitario di Valutazione della Qualità Ambientale del Costruito. Le informazioni elaborate sono state sintetizzate in protocolli di valutazione attraverso i quali è stato possibile calcolare sia l'EE dei singoli materiali e componenti sia l'EE dell'elemento tecnico. La comparazione tra due elementi di involucro (Tabelle 1 e 2) ha messo in evidenza i seguenti aspetti.

I materiali cui è attribuibile il più alto valore di EE, nel caso dell'elemento benchmark, sono gli intonaci, mentre, nel caso della parete ventilata i materiali a base lignea sono quelli cui è attribuibile l'EE più elevata.

Per quanto concerne il confronto in valore assoluto di EE (CEP totale) si evince che la parete ventilata, sebbene prevalentemente realizzata con materie prime di origine naturale, richiede il 35% in più di risorse energetiche rispetto alla parete benchmark.

Infine, è emerso che la quota di EE derivante da risorse energetiche rinnovabili della parete ventilata costituisce più della metà dell'EE totale. Tale dato è confermato dal calcolo dell'Indice di Rinnovabilità (IR) dell'elemento tecnico che nel caso del benchmark è di circa il 2%, mentre nel caso della parete ventilata in legno supera il 54%. L'introduzione dell'Indice di Rinnovabilità è stato particolarmente importante, poiché la sola somma algebrica dei valori di EE dei materiali e dei componenti edilizi non è sufficiente a esprimere se l'elemento tecnico sia classificabile come ecocompatibile. L'ecocompatibilità della fase di produzione fuori opera si deve esprimere attraverso un sistema pesato che valuti in forma sinergica i fabbisogni energetici e la tipologia di risorsa impiegata.

La successiva valutazione estesa alle classi di unità tecnologiche ha consentito di determinare l'EE dei materiali e dei componenti per l'intero edificio, normalizzandola rispetto alla superficie utile di pavimento, in funzione di due scenari di durata o, secondo il termine anglosassone, due tipologie di *expected life* (Tabella 3). I dati riportati in tabella 3 si riferiscono all'edificio realizzato con la parete ventilata in legno.

L'edificio in legno richiede un Fabbisogno di Energia Primaria (FEP) di 29 kWh/m<sup>2</sup>anno, ponendo l'immobile in classe A (classificazione determinata in conformità al sistema previsto dalla Legge 13 della Regione Piemonte). Nel caso in cui l'edificio abbia una durata stimata di 25 anni il fabbisogno energetico necessario per produrre fuori opera i materiali e i componenti è superiore di oltre 4 volte quello necessario alla climatizzazione. Qualora,

invece, il ciclo di vita dell'edificio sia pari a 60 anni, l'EE corrisponde a circa il 59% dell'energia totale (CEP+FEP), senza tenere in considerazione eventuali cicli di sostituzione dei materiali che hanno durate inferiori al ciclo di vita complessivo dell'immobile.

I risultati ottenuti mostrano che il contenuto energetico imputabile alla fase di produzione fuori opera supera in modo sensibile il fabbisogno di energia necessario alla climatizzazione dell'edificio. Si tratta di un dato che richiede ulteriori approfondimenti, estendendo le modalità di calcolo ad altre tipologie di immobili e ad altre destinazioni d'uso, allo stesso tempo, però, stabilisce che l'EE è un indicatore di una certa importanza nell'ambito del bilancio energetico complessivo dell'edificio.

## 5. Prospettive di applicazione dell'Embodied Energy

Le analisi dei contenuti normativi e dei criteri metodologici relativi alla determinazione dell'EE dei materiali e dei componenti edilizi, nonché i risultati raggiunti nell'ambito di progetti e casi studio consentono di pervenire ad alcune importanti considerazioni conclusive.

Vi è innanzi tutto da evidenziare che la determinazione dell'EE dei materiali e dei componenti che costituiscono alcune classi di unità tecnologiche, pur con alcune semplificazioni, è effettuabile. È, dunque, ammissibile venga annoverata come indicatore utile a valutare le prestazioni energetiche dell'edificio e, in particolare, degli elementi di involucro che lo costituiscono.

Nella valutazione dell'EE di un edificio è necessario disaggregare i dati relativi al fabbisogno di energia primaria in modo da valutare quale sia il contributo imputabile alle risorse energetiche di origine fossile rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili. Tale considerazione indica una direzione che l'attività di ricerca dovrà intraprendere nell'immediato futuro: sviluppare e introdurre un sistema di classificazione dell'efficienza energetica della fase di produzione fuori opera, in grado porre in relazione l'EE dell'edificio all'Indice di Rinnovabilità dei materiali e dei componenti.

## Note

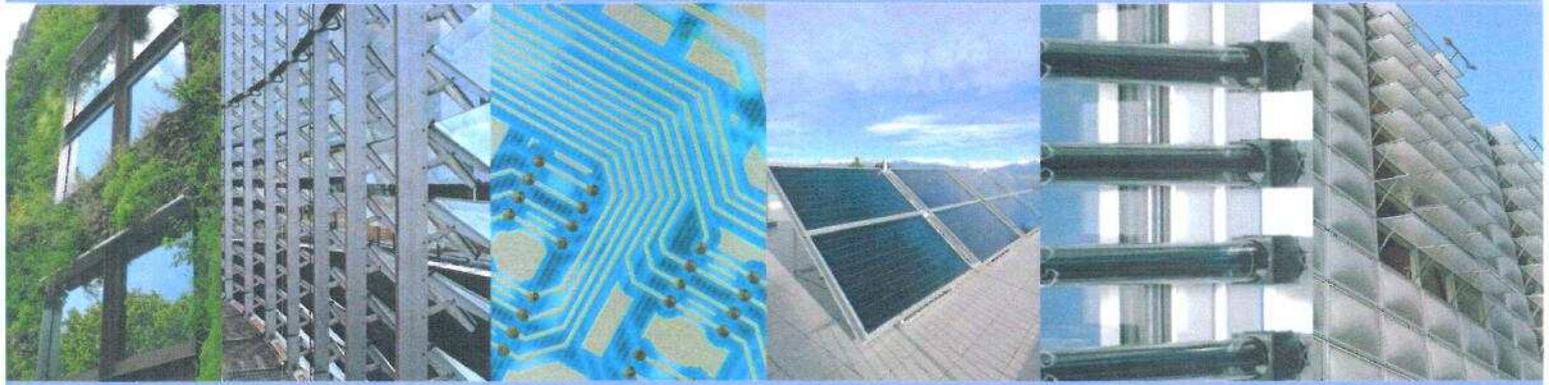
- <sup>1</sup> E. Allen, *How buildings work. The Natural Order of Architecture*, Oxford University Press, Oxford 2005<sup>3</sup>.
- <sup>2</sup> Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile.
- <sup>3</sup> ENEA, *Rapporto Energia e Ambiente 2007 – 2008. Rapporto tecnico*, 2009.
- <sup>4</sup> R. Giordano, *I prodotti per l'edilizia sostenibile. La compatibilità ambientale dei prodotti nel processo edilizio*, Sistemieditoriali Esselibri, Napoli 2010, p. 109.
- <sup>5</sup> TEP è l'acronimo di Tonnellate Equivalenti di Petrolio. È una delle unità di misura con la quale è possibile esprimere il fabbisogno di energia primaria.
- <sup>6</sup> Per ulteriori informazioni si consulti il sito: [www.iea-shc.org/task40/index.html](http://www.iea-shc.org/task40/index.html).
- <sup>7</sup> K. Voss, I. Sartori, E. Musall, A. Napolitano, S. Geier, M. Hall, B. Karlsson, P. Heiselberg, J. Widen, J.A. Candanedo, P. Torcellini, *Load Matching and Grid Interaction of Net Zero Energy Buildings*, in *Proceedings of EuroSun 2010*, Graz 2010.
- <sup>8</sup> Il termine generico è la traduzione dall'inglese *generic data*, ovvero, informazioni ricavate da sistemi di produzione standard desumibili da banche dati sviluppate a livello

internazionale o nazionale.

- <sup>9</sup> EPD è l'acronimo di Environmental Product Declaration.
- <sup>10</sup> R. Pollo, A. Rivotti, *Building sustainability evaluation in the building process: the construction phase*, in *Proceedings of Regional Central and Eastern European Conference on Sustainable Building*, SB04 Warsaw, Warsaw 2004.
- <sup>11</sup> R. Giordano, A. Gorrino, *Verso l'edificio riciclato. Uno studio sull'ecocompatibilità dei materiali per l'isolamento termoacustico ottenuti dalla raccolta differenziata*, in *Atti dei seminari Ecomondo. Europa del recupero: le ricerche, le tecnologie, gli strumenti e i casi studio per una cultura della responsabilità ambientale*, Rimini 5-8 novembre 2008, Maggioli, Rimini 2008.
- <sup>12</sup> R. Giordano, *I prodotti per l'edilizia sostenibile*, cit., pp. 249-413.

## Bibliografia

- Task 40/Annex 52 (2008), *Towards Net Zero Energy Solar Buildings*, IEA SHC Task 40 and ECBCS Annex 52
- R. Giordano, S. Tedesco, *Net Zero Energy Building: metodi e strumenti per l'analisi energetica nel processo edilizio*, in «Il Progetto Sostenibile» 27, dicembre 2010



...CON SALIDA FONDACIONES...