

Paola Altamura

# Costruire a zero rifiuti

Strategie e strumenti per la prevenzione e  
l'*upcycling* dei materiali di scarto in edilizia



Ricerche di tecnologia dell'architettura  
FRANCOANGELI

## Informazioni per il lettore

Questo file PDF è una versione gratuita di sole 20 pagine ed è leggibile con



La versione completa dell'e-book (a pagamento) è leggibile con Adobe Digital Editions. Per tutte le informazioni sulle condizioni dei nostri e-book (con quali dispositivi leggerli e quali funzioni sono consentite) consulta [cliccando qui](#) le nostre F.A.Q.



## RICERCHE DI TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA

*diretta da* Giovanni Zannoni (Università di Ferrara)

### *Comitato scientifico:*

Andrea Boeri (Università di Bologna), Carlos A. Brebbia (Wessex Institute of Technology, Southampton), Joseph Galea (University of Malta), Maria Luisa Germanà (Università di Palermo), Giorgio Giallocosta (Università di Genova), Maria Chiara Torricelli (Università di Firenze), Jan Tywoniak (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

La collana *Ricerche di tecnologia dell'architettura* tratta prevalentemente i temi della progettazione tecnologica dell'architettura e del design con particolare attenzione alla costruibilità del progetto. In particolare gli strumenti, i metodi e le tecniche per il progetto di architettura alle scale esecutive e quindi le modalità di realizzazione, trasformazione, manutenzione, gestione e recupero dell'ambiente costruito.

I contenuti scientifici comprendono la storia e la cultura tecnologica della progettazione e della costruzione; lo studio delle tecnologie edilizie e dei sistemi costruttivi; lo studio dei materiali naturali e artificiali; la progettazione e la sperimentazione di materiali, elementi, componenti e sistemi costruttivi.

Nel campo del design i contenuti riguardano le teorie, i metodi, le tecniche e gli strumenti del progetto di artefatti e i caratteri produttivi-costruttivi propri dei sistemi industriali.

I settori nei quali attingere per le pubblicazioni sono quelli dei progetti di ricerca nazionali e internazionali specie di tipo sperimentale, le tesi di dottorato di ricerca, le analisi sul costruito e le possibilità di intervento, la progettazione architettonica cosciente del processo costruttivo.

In questi ambiti la collana pubblica progetti che abbiano finalità di divulgazione scientifica e pratica manualistica e quindi ricchi di spunti operativi per la professione di architetto.

La collana nasce sotto la direzione di Raffaella Crespi e Guido Nardi nel 1974.

I numerosi volumi pubblicati in questi anni delineano un efficace panorama dello stato e dell'evoluzione della ricerca nel settore della Tecnologia dell'architettura con alcuni testi che sono diventati delle basi fondative della disciplina.

A partire dal 2012 la valutazione delle proposte è stata affidata a un Comitato scientifico, diretto da Giovanni Zannoni, con lo scopo di individuare e selezionare i contributi più interessanti nell'ambito della Tecnologia dell'architettura e proseguire l'importante opera di divulgazione iniziata quarant'anni prima.

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it) e iscriversi nella home page al servizio “Informatemi” per ricevere via e.mail le segnalazioni delle novità.

Paola Altamura

# **Costruire a zero rifiuti**

**Strategie e strumenti per la prevenzione e  
l'*upcycling* dei materiali di scarto in edilizia**

Ricerche di tecnologia dell'architettura  
FRANCOANGELI

Il volume è frutto di un percorso di ricerca intrapreso da Paola Altamura nell'ambito del XXV Ciclo del Dottorato di Ricerca in Progettazione Ambientale, presso il Dipartimento PDTA della "Sapienza" Università di Roma, con il supporto del Tutor Eliana Cangelli e del Co-tutor Serena Baiani. Le tematiche affrontate nel testo sono tuttora oggetto di indagine e sperimentazione da parte dell'autrice.

**In copertina:**

Fotografie originali dell'autrice, da in alto a destra, in senso orario: struttura dello Stadio del Parco Olimpico *London 2012*, realizzata con profilati tubolari recuperati da un gasdotto; *Dasparkhotel Linz*, Austria, piccoli dispositivi per ospitalità ricavati dal riuso di tubi in cemento per acquedotti; panchine costruite riutilizzando dei mattoni, Greenwich Millenium Village, Londra; mattoni di recupero in vendita alla *Salvo Fair 2012*, Maidenhead (UK); scarti di piastrelle.

Copyright © 2015 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

*L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it).*

# Indice

<b>Costruire pensando alla demolizione</b> , di <i>Giovanni Zannoni</i>	p.	9
<b>Recupero, riuso, <i>upcycling</i></b> , di <i>Eliana Cangelli</i>	»	11
<b>Pratiche progettuali e tecnologiche per l'efficacia ecologica del costruire</b> , di <i>Fabrizio Orlandi</i>	»	17
<b>Introduzione</b>	»	19

## Parte I

### Consumo di materie prime e produzione di rifiuti in edilizia: verso un nuovo approccio

<b>1. Gli impatti ambientali legati alla produzione e allo smaltimento dei materiali da costruzione</b>	»	29
1.1 Produzione e recupero dei rifiuti nel settore edilizio dell'UE	»	30
1.2 La difficile situazione italiana in tema di rifiuti da C&D	»	33
1.3 Aspetti energetici: <i>embodied energy</i> ed altri indicatori	»	39
<b>2. Chiudere il cerchio: evoluzione dell'approccio teorico e progettuale</b>	»	48
2.1 Il lungo cammino verso la chiusura del cerchio	»	48
2.2 Dall'eco-efficienza all'eco-efficacia: il modello di sviluppo e produzione <i>Cradle to Cradle</i>	»	52
2.3 Nuove sfide progettuali: <i>upcycling</i> e <i>superuse</i>	»	58
2.4 Riuso e riciclo in Italia: la tradizione del recupero e l'innovazione della ricerca	»	63
<b>3. Il contesto normativo in tema di rifiuti da C&amp;D</b>	»	67
3.1 Il quadro normativo nazionale in relazione agli obiettivi UE	»	68

3.2 Normative ed iniziative virtuose regionali e provinciali	p.	86
3.3 Gli strumenti normativi strategici adottati nel Regno Unito	»	99

## **Parte II**

### **Costruire a zero rifiuti: best practice, strategie e strumenti**

<b>4. Inerti da C&amp;D: tecnologie innovative di recupero, filiere e strumenti informatici di supporto</b>	»	105
4.1 Aggregati riciclati: potenzialità ed ostacoli nella diffusione	»	105
4.2 Tecnologie innovative per il riciclo dei rifiuti inerti da C&D	»	109
4.3 Filiere produttive a ciclo chiuso: alcune esperienze italiane	»	115
4.4 Piattaforme web per lo sviluppo delle filiere del recupero	»	122
<b>5. Best practice progettuali e di gestione sostenibile di materiali e rifiuti in cantiere</b>	»	130
5.1 Interventi con demolizione integrale della pre-esistenza e ricostruzione nel medesimo sito	»	133
5.2 Interventi di nuova costruzione	»	166
5.3 Interventi di ristrutturazione con demolizioni parziali e ricostruzioni o ampliamenti	»	187
5.4 Considerazioni sulle best practice	»	199
<b>6. Costruire a zero rifiuti: lineamenti di un approccio progettuale-operativo innovativo</b>	»	206
6.1 L'integrazione delle strategie di riuso, riciclo e <i>Design for Deconstruction</i> nel progetto	»	206
6.2 Potenzialità di riuso e riciclo dei principali materiali da costruzione	»	219
6.3 Potenzialità di recupero e impiego di componenti e materiali di riuso/riciclati nei principali elementi tecnici	»	232
6.4 Processo edilizio e <i>life cycle</i> dell'edificio e dei materiali: l'integrazione di fasi e responsabilità	»	247

## **Parte III**

### **Indirizzi tecnico-operativi per una gestione eco-efficace dei flussi di materiali**

<b>7. Il ruolo del committente: impostazione e controllo del processo edilizio virtuoso</b>	»	255
---	---	-----

7.1 Criteri con i quali guidare il progettista nella definizione delle soluzioni progettuali	p.	257
7.2 Criteri di selezione per le gare migliorative e prescrizioni per capitolato speciale prestazionale	»	265
7.3 Soluzioni per l'applicazione del Green Public Procurement	»	272
7.4 Protocolli volontari di certificazione ambientale: i criteri delle aree materiali e rifiuti	»	282
<b>8. Il ruolo del progettista: valutazione e definizione di soluzioni progettuali e tecnologiche</b>	»	286
8.1 Prevenire la produzione di rifiuti da demolizione: criteri progettuali e soluzioni tecnologiche	»	288
8.2 Valutare le potenzialità di recupero dei componenti: l'audit pre-demolizione	»	305
8.3 Massimizzare il recupero di componenti e materiali: il progetto della demolizione selettiva	»	317
8.4 Selezionare prodotti da costruzione a basso impatto ambientale: criteri e strumenti di supporto	»	325
<b>9. Il ruolo dell'appaltatore: gestione dei rifiuti di cantiere e approvvigionamento delle forniture</b>	»	330
9.1 Strumenti per il monitoraggio dei flussi di rifiuti in cantiere: lo SMARTWaste Plan	»	330
9.2 Sistemi innovativi per l'approvvigionamento di componenti di recupero	»	338
<b><i>3R's Strategy per la continuità del processo architettonico,</i></b> <i>di Serena Baiani</i>	»	347
<b>Glossario</b>	»	353
<b>Bibliografia</b>	»	359
<b>Ringraziamenti</b>	»	367



# *Costruire pensando alla demolizione*

*di Giovanni Zannoni*

Dallo scorso febbraio 2015 sono entrate in vigore le nuove regole sulla classificazione dei rifiuti, introdotte dal decreto legge n. 91/2014. Al di là delle questioni tecniche, secondo questa nuova classificazione gli scarti prodotti dalle attività di demolizione di edifici esistenti, che prima venivano considerati speciali ma non pericolosi, adesso passano nella categoria più a rischio, con pesanti conseguenze per le operazioni di smaltimento durante le operazioni di demolizione. Infatti una serie di scarti che prima venivano considerati pericolosi solo in alcuni casi, diventano ora definitivamente pericolosi.

La situazione è complessificata dal fatto che dal 1 giugno 2015 sono entrate in vigore le nuove disposizioni europee sulla classificazione dei rifiuti pericolosi che, manco a dirlo, confliggono con quelle nazionali rendendole incompatibili.

Con poche righe di testo la pubblica amministrazione cambia obblighi e prassi consolidate e una cosa consentita la sera prima diventa fuori legge il mattino dopo. Vi sono dei casi in cui il legislatore, pur animato da buone intenzioni, finisce per introdurre nell'ordinamento delle norme che risultano inique, onerose, non raccordate col resto del quadro normativo, o addirittura con una ratio che risulta incomprensibile a chi le deve applicare.

Anche per questo motivo l'approccio all'attività costruttiva deve ormai considerare alcuni aspetti irrinunciabili:

- quali materiali e prodotti impiegare e da dove vengono. Non è sicuramente possibile costruire con materiali a chilometri zero come per alcune antiche costruzioni, ma neanche pensare di portare i marmi bianchi di Carrara per costruire una moschea ad Abu Dhabi o un casinò ad Atlantic City come invece è successo;
- le costruzioni devono essere progettate per funzionare con limitati costi di manutenzione. Le nuove tecnologie che rendono possibile ogni immaginazione generano una euforia compositiva priva di ri-

levanti condizionamenti (che nel passato avevano condizionato la genesi del progetto e i relativi esiti stilistici) e alcune architetture pare che abbiano accantonato, assieme a questi condizionamenti, anche il buon senso e comportano improponibili costi di manutenzione;

- prevedere il fine vita. La rapida evoluzione delle esigenze abitative porta a una obsolescenza degli edifici più rapida che in passato. La demolizione programmata e progettata è una opzione che deve essere considerata (in luogo di una attività di ristrutturazione a tutti i costi) con relativo recupero e riutilizzo dei materiali impiegati.

Quest'ultimo aspetto è l'argomento chiave trattato in questo volume, nel quale vengono sviluppate e proposte delle strategie per il riutilizzo dei materiali derivanti da demolizioni edilizie. Considerare fin dall'inizio la possibilità di un riutilizzo dei prodotti derivanti da attività di demolizione di edifici esistenti è un aspetto ormai irrinunciabile, dati gli elevati costi sociali, ambientali ed economici che derivano dall'impiego delle materie prime e per il consumo di risorse e di suolo. Tant'è vero che la percentuale di materiale riciclabile prevista in un edificio è premiata dai protocolli di valutazione della sostenibilità di una costruzione come, per esempio, il LEED o il BREEAM e in questo campo i sistemi costruttivi a struttura/rivestimento e i sistemi a secco giocheranno un ruolo sempre più importante.

Si tratta di una idea relativamente semplice e apparentemente non nuova: nell'antica Roma, fin dall'età imperale, avveniva una riconosciuta e sviluppata decostruzione degli edifici e una conseguente attività di riciclo e reimpiego dei laterizi, dei marmi, dei calcari, dei travertini, tufi, arenarie ecc. per la costruzione di nuova edilizia. Attività così sistematica che lo Statuto di Roma del 1363 fu costretto a vietare la "spoliazione" dei monumenti rilevanti, a meno di casi permessi con licenza del Senato, per evitare di perdere un patrimonio architettonico di valore.

In questa ricerca l'autrice mette a punto i lineamenti di un approccio radicalmente innovativo per una attività costruttiva a "zero rifiuti", nella quale la selezione dei materiali da costruzione, nonché la definizione delle loro modalità di assemblaggio, viene anticipata fin dalle prime fasi del processo progettuale per cercare di eliminare l'avvio in discarica dei materiali dismessi e dimostrando la percorribilità di questo fine attraverso una progettazione che sia consapevole, fin dall'inizio, dei propri obiettivi.

# *Recupero, riuso, upcycling*

di *Eliana Cangelli*

Quando in Italia, alla fine degli anni '80, si cominciò a riflettere sulle modalità di trasposizione dell'imperativo ecologico della chiusura dei cicli produttivi in principi progettuali, Zanuso affermò che «chiudere il cerchio significa avvertire la necessità di recuperare nella cultura progettuale una dimensione di più ampia responsabilità in cui restituire l'idea di valore sostituendola all'idea di gratificazione<sup>1</sup>». Oggi le pressanti istanze ambientali legate al problema dei rifiuti, ci richiamano con ancora maggior urgenza all'assunzione di tale responsabilità, da allora non del tutto compiuta. Siamo spinti ad una riflessione sul (mancato) compimento della *chiusura del cerchio*, ancora parziale in particolare nei processi produttivi legati al settore delle costruzioni.

Il dibattito internazionale, negli ultimi anni, si è, di fatto, aperto ad un nuovo aggiornamento delle metodiche del progetto tecnologico-ambientale in modo da poter accogliere le materie di scarto e restituire loro valore, come avviene nei cicli naturali, e al contempo prevenire la produzione degli scarti stessi nel corso del ciclo di vita dell'organismo edilizio, mediante soluzioni tecnologiche rispondenti al requisito della disassemblabilità. In tal senso, appare necessario innovare il processo progettuale per valorizzarne le potenzialità di controllo degli impatti ambientali dovuti ai prodotti da costruzione nell'intero ciclo vita degli organismi edilizi, aggiornando anche le procedure preliminari al processo realizzativo, sia a livello delle gare sia a quello della selezione dei fornitori e della gestione dei rifiuti in cantiere.

Tra i primi a lavorare, in Italia, sul *Life cycle design*, e dunque sulla prevenzione dei rifiuti *tramite* il progetto, Manzini invitava, ormai quasi venti anni fa, da un lato a ripensare i processi produttivi e le modalità di assemblaggio dei prodotti, come degli edifici, per evitare a monte il prodursi di

<sup>1</sup> Zanuso M. (1990), "Progetto e futuro", in *Chiudere il cerchio. Progetto, prodotto, ambiente*, Atti dell'omonimo Convegno di Milano del 2-3 febbraio 1990, Polo Informativo Sviluppo Chimica, Milano.

rifiuti, e dall'altro a lavorare in modo creativo con i materiali riciclati, raccogliendo la sfida di ri-attribuire valore estetico e culturale alle materie di scarto:

al di là della funzione strumentale del riciclo, lo scenario del riuso implica un atteggiamento nuovo di design: progettare la dignità estetica di ciascun materiale, guadagnando attenzione e rispetto implica sapere progettare e rendere visibile la ragion d'essere dei materiali, la loro identità profonda, il lato buono del loro esistere. Dare valore ad una materia buona per l'ambiente, ma la cui qualità ambientale può risultare nascosta e la cui immagine, a volte, è esteticamente povera<sup>2</sup>.

Le sperimentazioni progettuali per la costruzione sostenibile, di recente, hanno cominciato a lavorare in questa direzione, contribuendo a definire un'estetica legata all'impiego delle materie riciclate e riutilizzate anche nel progetto d'architettura. Un'estetica che va rafforzandosi, anche sotto il profilo culturale, in linea con il riconoscimento da parte delle istituzioni dell'importanza di una *efficienza nell'uso delle risorse* anche in edilizia<sup>3</sup>. L'affermarsi dei materiali riciclati, anche nelle costruzioni, è conseguenza di una più generale accettazione dei *ri-prodotti* come portatori di una valenza estetica propria, sintomatica della loro duttilità ed efficacia ecologica. Di fatto ormai si va strutturando un immaginario estetico, emerso lentamente negli ultimi due decenni, «in cui lo “sfavillio del nuovo” non è più necessariamente il valore guida nel giudizio di qualità dei prodotti e dei materiali<sup>4</sup>».

Appare oggi quasi consolidata quella *cultura del ri-produrre*, auspicata da Manzini come terreno fertile per il *Life cycle design* ed indispensabile per il diffondersi dei materiali riciclati e riutilizzati, che ha potuto affermarsi solo in virtù di una maggiore consapevolezza del peso delle fasi produttive nel ciclo di vita dell'organismo edilizio, acquisita negli ultimi anni al raggiungimento della maturazione delle sperimentazioni sulle costruzioni a basso consumo energetico. Resta da indagare, e lo si sta facendo attraverso ricerche e sperimentazioni proprie dell'ambito della Tecnologia dell'Architettura e della Progettazione Ambientale, come possa strutturarsi un vero linguaggio architettonico che sappia interpretare “onestamente” il valore estetico dei materiali riciclati, non usandoli come un vessillo vuoto di significati, ai fini di una mera operazione di *greenwashing*. Si tratta, al contrario,

<sup>2</sup> Manzini E. (1997), “Progettare la sostenibilità”, *Domus*, 789.

<sup>3</sup> Si pensi alle iniziative a livello comunitario, come la *Roadmap to a resource efficient Europe*, e ai nuovi più mirati strumenti normativi per il Green Public Procurement.

<sup>4</sup> Manzini E., Vezzoli C. (1998), *Lo sviluppo di prodotti sostenibili. I requisiti ambientali dei prodotti industriali*, Maggioli Editore, Rimini.

di integrarli nel complesso delle soluzioni costruttive e dei dispositivi tecnologici propri dell'architettura contemporanea sostenibile, anch'essa peraltro alla ricerca di un proprio codice linguistico-formale, che sappia fare di materiali e componenti di riuso un elemento creativo, attivatore di ricche ed inedite relazioni culturali, formali ed ambientali. Inedite al punto, oggi, di attivare mediante la sperimentazione di prodotti edilizi contenenti scarti di altri processi, esperienze riuscite di simbiosi industriale tra sistemi produttivi diversi, che metabolizzano l'uno gli scarti dell'altro. Un approccio, questo, che risponde consapevolmente alla complessità ed interrelazione che caratterizzano l'ambiente antropico e quello naturale, riconoscendo, come afferma con forza Maldonado, che «tutti, in sostanza, dobbiamo sentirci responsabili di tutto<sup>5</sup>».

Questo lavoro di ricerca, dunque, si struttura sul riconoscimento del grande potenziale che la progettazione può esprimere per contrastare sia le cause sia gli effetti della critica situazione ambientale in cui versa il nostro pianeta, recuperando quella *speranza progettuale* che Maldonado auspicava proprio negli anni in cui Commoner (1971) delineava l'imperativo ecologico della *chiusura del cerchio*.

La ricerca qui presentata si colloca nell'ambito dell'innovazione tecnologica, progettuale e processuale applicata alla sostenibilità ambientale dei materiali da costruzione nel *life cycle* dell'organismo edilizio. Il lavoro definisce un approccio innovativo alla selezione e dismissione dei materiali nell'intero processo edilizio, con l'anticipazione delle scelte alle prime fasi del progetto e, ancora prima, nelle esigenze dettate dalla committenza. Un approccio sostenibile, basato sull'istanza della chiusura dei cicli produttivi come definita da Commoner e aggiornata da Braungart e McDonough in *Cradle to Cradle* (2002), che mette a punto nuovi criteri di selezione di materiali e componenti e delle loro modalità di assemblaggio allo scopo di favorirne il riuso e il riciclo.

In quest'ottica, il lavoro costituisce un contributo critico originale nell'esplorazione delle potenzialità specifiche del processo edilizio e del progetto tecnologico-ambientale nella *chiusura dei cicli produttivi*, radicate in un articolato quadro di riferimenti teorici, scientifici e normativi, dedotte da un'attenta analisi di contesti operativi avanzati e mirate alla definizione dei nodi centrali di un approccio innovativo che apre nuovi scenari per la sostenibilità in architettura. In tal senso, nel restituire il tema della gestione dei rifiuti da C&D alle competenze del settore scientifico disciplinare, la ricerca apre a molti potenziali sviluppi, costituendo al contempo, nel suo

<sup>5</sup> Maldonado T. (1987), *Il futuro della Modernità*, Feltrinelli, Milano.

insieme, un valido apporto per l'aggiornamento e la sensibilizzazione degli operatori di settore.

Dal punto di vista scientifico, l'interesse della ricerca riguarda la simultanea riduzione dell'energia incorporata negli edifici e del volume dei rifiuti prodotti, che propone di raggiungere integrando al modello dell'edificio *a zero energia*, il paradigma della costruzione a *zero rifiuti*, nel quale i materiali di scarto generati nella produzione e demolizione siano intesi come risorse da re-impiegare nello stesso intervento edilizio. Tale modello è oggi ostacolato da una parte dalla difficoltà di decostruire gli edifici esistenti, non progettati per un efficace recupero dei materiali, dall'altra dalle incertezze legate alla futura disponibilità di tecnologie di trattamento e riciclo. Per queste ragioni la ricerca internazionale si concentra piuttosto, da alcuni anni, sul tema del *disassemblaggio* degli elementi tecnici e componenti, che garantisce la separazione dei materiali ed una migliore riciclabilità. Si evidenzia così la necessità dello sviluppo di soluzioni tecnologiche per la costruzione "smontabile", modificabile nel tempo *a zero rifiuti*, tema di specifica competenza della Tecnologia dell'Architettura e che, data la mancata applicazione a larga scala delle tecnologie costruttive a secco, nel nostro Paese richiede ulteriori riflessioni e sperimentazioni progettuali.

La trattazione propone, dunque, la sistematizzazione di strategie progettuali e strumenti di supporto decisionale, derivati da un'approfondita ricognizione delle più avanzate esperienze internazionali, per la riduzione del consumo di risorse e degli impatti ambientali nella produzione e dismissione dei materiali da costruzione, nell'ottica di un nuovo approccio *eco-efficace* basato sulle opzioni tecniche di *riuso* e *riciclo*, applicabili attraverso il progetto tecnologico, ma capace di affrontare in modo sistematico tutte le scelte riguardanti i materiali. La ricerca identifica ulteriori strategie che consentono, nella costruzione del nuovo, un impiego *a ciclo chiuso* dei materiali (*Design for Deconstruction/Recycling, Designing out Waste*), anche attraverso i nuovi approcci progettuali che riconoscono nei materiali di scarto una risorsa per l'innovazione del progetto architettonico (*upcycling* e *Superuse*).

Il testo definisce scientificamente i criteri, da applicare in fase di progetto, *procurement* ed esecuzione, per un intervento edilizio a ciclo chiuso dei materiali. Da questo corpus di indicazioni operative, emerge il rilevante potenziale del progetto tecnologico per una drastica riduzione del consumo di risorse. L'originalità di questo lavoro sta anche nell'aver identificato degli strumenti di supporto decisionale ed operativo indirizzati a tre operatori chiave. L'autrice individua in particolare nel committente, e soprattutto in quello pubblico, la figura chiave per l'attuazione delle suddette strategie, definendo i criteri di impostazione del processo edilizio virtuoso da appli-

care nella selezione di progettisti ed esecutori. In particolare, Paola Altamura delinea con chiarezza i criteri specifici per diversi tipi di bandi di gara: criteri base da inserire nei disciplinari delle gare d'appalto migliorative e di gare di progettazione (utili anche in appalti integrati come prescrizioni per progettazione esecutiva); prescrizioni integrative per capitolato speciale prestazionale relative alla sequenza delle operazioni di demolizione, alla gestione dei rifiuti da demolizione e di quelli prodotti in fase di costruzione. Tali criteri consentono ai committenti di orientare le scelte relative ai materiali da parte di progettisti e appaltatori, sia in fase progettuale sia di fornitura e costruzione, verso soluzioni a basso consumo di materie prime ed energia. Lo strumento del capitolato favorisce l'adozione di componenti di recupero, materiali riciclati e, in senso lato, materiali eco-compatibili, da fonti rinnovabili e con un basso contenuto di energia incorporata.

La ricerca pone l'attenzione, inoltre, sui criteri per l'assemblaggio per la futura decostruibilità dei componenti edilizi, quasi mai definiti con consapevolezza ambientale dai progettisti, nonché per la selezione dei fornitori, passaggio cruciale spesso trascurato nelle riflessioni sull'eco-compatibilità dei prodotti da costruzione. In relazione all'innovazione del processo edilizio, viene evidenziato, infine, il ruolo cruciale degli strumenti di supporto decisionale, ed in particolare dei più innovativi sistemi informatici che permettono la comunicazione, la gestione e lo scambio dell'elevato numero di informazioni necessarie per la selezione ed il reperimento dei materiali, soprattutto quelli di scarto.

Al di là del dibattito tra i sostenitori della non-interferenza tra i cicli tecnologici e quelli naturali, anche teoricamente irraggiungibile, e della biocompatibilità dei materiali a tutti i costi, oggi difficilmente praticabile, l'obiettivo della chiusura del cerchio induce a concepire materiali e, auspicabilmente, organismi edilizi efficaci sotto il profilo ecologico; il che significa che «i processi produttivi implicati, siano essi orientati alla non-interferenza o alla biocompatibilità, devono diventare più efficienti e leggeri, che i prodotti finali devono presentare un più alto contenuto di conoscenza e informazione e che, in definitiva, deve aumentare l'*intelligenza del sistema*<sup>6</sup>». In questa direzione vanno le sperimentazioni raccolte in questo volume, a livello progettuale, tecnologico, operativo, nonché le riflessioni sull'importanza degli strumenti informatici di supporto alla selezione e all'approvvigionamento dei materiali e allo sviluppo di filiere per il recupero, il riuso, l'*upcycling*.

<sup>6</sup> Manzini E., Vezzoli C. (1998), *Lo sviluppo di prodotti sostenibili. I requisiti ambientali dei prodotti industriali*, Maggioli Editore, Rimini.



# *Pratiche progettuali e tecnologiche per l'efficacia ecologica del costruire*

*di Fabrizio Orlandi*

La ricerca sui materiali da costruzione si configura come un campo di primaria importanza per la cultura tecnologica della progettazione, sia per l'ottimizzazione delle prestazioni dell'organismo edilizio nelle fasi d'uso, sia per la sua efficacia ecologica negli altri momenti del ciclo vita, in particolare nella produzione e dismissione dei manufatti. La Tecnologia dell'Architettura non può, pertanto, sottrarsi dall'affrontare, dalla propria angolazione disciplinare e attraverso il multiforme strumento del Progetto Ambientale, la difficile sfida della gestione dei flussi di materiali negli interventi edilizi, ai fini della chiusura dei cicli produttivi.

Tema emerso tra gli interessi della disciplina da alcuni decenni sotto il profilo teorico, ma solo raramente reso oggetto di riflessioni metodologiche, con limitate ricadute operative.

In questo contesto, la ricerca, di cui questo volume rappresenta un'efficace sintesi, si concentra sulle opportunità di recuperare gli scarti derivanti da attività di costruzione e demolizione attraverso il riuso e il riciclo di componenti e materiali sia negli interventi edilizi stessi, sia mediante processi di trattamento evoluti in termini di riduzione dei carichi ambientali.

Riguardo alla prevenzione e al riciclo dei rifiuti nel settore delle costruzioni, pur nell'urgenza di nuove ricerche intersettoriali, legate soprattutto all'industria per quanto attiene la sostenibilità ambientale e l'efficacia delle tecnologie di riciclaggio, si avverte da tempo la necessità di un apporto specifico dell'ambito della Tecnologia dell'Architettura. Questo settore scientifico, con le sue specificità disciplinari, può offrire, come contributo alla risoluzione delle problematiche legate ai rifiuti in edilizia, la capacità di mettere a sistema le esigenze prestazionali degli utenti con le istanze ambientali e le appropriate soluzioni tecnologiche, da incentrare sul requisito della *disassemblabilità* degli elementi tecnici ai fini del loro riutilizzo. Si individua, così, nel Progetto tecnologico-ambientale, lo strumento chiave per la reinterpretazione dei materiali di scarto in veste di risorsa, ed, in par-

ticolare, di risorsa strategica per l'efficacia ecologica complessiva degli interventi edilizi.

La trattazione dimostra, in questo modo, che la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione, per quanto considerata ancora quasi estranea alle competenze del progettista e tecnologo, in realtà non lo è, né può più esserlo, se si intende perseguire una complessiva riduzione degli impatti ambientali dovuti alle attività del settore edilizio.

In questa prospettiva, la ricerca dell'autrice offre il proprio contributo originale, basandosi sulle potenzialità specifiche dell'approccio disciplinare. Il lavoro perviene, così, ad un'attenta riflessione sul processo edilizio e ad una proposta relativa alla sua innovazione, compiuta alla luce di esperienze avanzate individuate in contesto internazionale. Il testo, risultato di ricerche accurate svolte anche "sul campo", perviene infatti al trasferimento critico di buone pratiche progettuali e tecnologiche identificate prevalentemente nel Regno Unito, accuratamente selezionate e documentate, con la volontà di fornire un apporto concreto all'aggiornamento degli operatori di settore.

Nel suo complesso, la ricerca contribuisce così a colmare una lacuna metodologica che fa sì che, persino in interventi concepiti su principi di sostenibilità ben articolati, l'aspetto relativo alla prevenzione e al recupero dei rifiuti da C&D venga totalmente trascurato. Per fare ciò, si relaziona fortemente con gli strumenti ed i metodi della Tecnologia dell'Architettura, soprattutto per la volontà di riflettere sul processo edilizio e di innovarlo, con l'integrazione di procedure e strumenti operativi atti a mettere in pratica le nuove modalità per la costruzione definita dall'autrice *a zero rifiuti*.

Le tematiche succitate sono divenute oggetto di studio e di elaborazione metodologica da parte dell'autrice in un percorso di ricerca, posto alla base di questa trattazione, intrapreso e maturato nell'ambito del Dottorato di Ricerca in Progettazione Ambientale presso il Dipartimento PDTA della "Sapienza" Università di Roma. Su queste tematiche, e sulle loro implicazioni operative, l'autrice prosegue assiduamente la sua attività di ricerca e sperimentazione. Sebbene siano numerosi i contributi nazionali in merito all'eco-compatibilità dei materiali da costruzione, i quali includono, negli studi più esaustivi, una valutazione della riciclabilità a fine vita utile dei materiali stessi, e nonostante l'esistenza di ricerche sul potenziale ambientale delle procedure di demolizione selettiva, lo studio si caratterizza per un approccio più avanzato alla risoluzione delle problematiche connesse alla produzione e allo smaltimento dei materiali edili.

Non c'è dubbio che, in questo quadro, la trattazione possa rappresentare un primo contributo di sicuro interesse su un tema emergente, tra i pochi attualmente reperibili nel nostro paese.

## Introduzione

*Il recupero di materiale impone costi di energia, di spazio, di nuovo materiale e di lavoro umano. Ciononostante, non possiamo buttar via nulla, perché non c'è più un "via".*

Kevin Lynch, 1992, p.125.

Uno degli obiettivi chiave dello sviluppo sostenibile, come definito dal Rapporto Brundtland, *Our Common Future*, nel 1987, è quello di riconciliare le aspirazioni di progresso sociale, sviluppo economico, protezione dell'ambiente e conservazione delle risorse naturali, garantendo un'equità di accesso alle risorse per le future generazioni. Il settore delle costruzioni ha una responsabilità cruciale nel raggiungimento di tale obiettivo, ancora oggi disatteso, a causa delle notevoli quantità di risorse materiali ed energetiche che esso impiega. In particolare, gli impatti ambientali dovuti alla produzione e dismissione di materiali e componenti si dimostrano significativi in tutti i tipi di intervento edilizio, dalla costruzione alla manutenzione, dalla ristrutturazione alla demolizione, poiché tali interventi si configurano nella gran parte dei casi come processi produttivi lineari, *dalla culla alla tomba*, con consumo di risorse e produzione di rifiuti.

Il proposito della chiusura dei cicli di produzione, formulato per la prima volta nel 1971 da Barry Commoner in *The Closing Circle* e fondamentale nella delineazione stessa del paradigma ecologico, ha trovato ad oggi solo parziale concretizzazione, specialmente nel settore delle costruzioni. Eppure Commoner segnalava, già allora, come l'unica possibile soluzione per "chiudere il cerchio" dei processi produttivi umani risiedesse in urgenti interventi tecnico-scientifici e politici, che avrebbero dovuto ridefinire le modalità di impiego dei materiali assicurando il riuso integrale degli scarti. Più di recente, Braungart e McDonough, nella definizione del paradigma *Cradle to Cradle* (2002), hanno nuovamente sottolineato come la sfida legata al problema ambientale del consumo di risorse e della produzione dei rifiuti costituisca, in effetti, un problema puramente progettuale.

L'eliminazione del concetto stesso di rifiuto, da intendersi invece quale *risorsa*, dovrebbe essere posta alla base di un nuovo modo di concepire i processi di produzione di manufatti e costruzioni, in coerenza con i cicli na-