



DESIGN FOR DECONSTRUCTION

Verso un'architettura a zero rifiuti: innovazione progettuale, processuale e tecnologica per la prevenzione, il riuso e il riciclo degli scarti da costruzione e demolizione.

di Paola Altamura

Il mio libro *Costruire a zero rifiuti* nasce da un'assidua attività di ricerca, intrapresa in ambito universitario e che oggi porto avanti anche con una start-up, che mi ha portata per un periodo nel Regno Unito a studiare e sperimentare **nuove strategie, criteri progettuali e procedure operative per l'abbattimento degli impatti ambientali dovuti al mancato recupero degli scarti da costruzione e demolizione (C&D)**. Le problematiche connesse a una produzione incontrollata dei rifiuti, con conseguente spreco di materie prime e danni ambientali provocati dall'accumulo di scarti, sono ben note, anche se non risolte, in molti settori dall'industria ai rifiuti urbani. **In edilizia, invece, è solo in tempi recenti che si è cominciato a porre l'attenzione sul livello**, ancora piuttosto scarso, **di efficienza nell'uso dei materiali**

da costruzione lungo il ciclo di vita degli edifici. Negli ultimi decenni, infatti, normative e incentivi, e dunque anche progettazione e innovazione tecnologica, si sono concentrati sul tema del risparmio energetico durante la fase d'uso degli edifici, la più lunga e impattante in termini di produzione di emissioni di CO₂ in atmosfera provocate dall'uso di impianti di riscaldamento e raffrescamento. Ciò soprattutto perché l'aumento dell'efficienza energetica genera ricadute positive immediate e facilmente misurabili sia per gli utenti sia per la collettività. Tuttavia, mano a mano che si è cominciato a ridurre il consumo energetico degli edifici in fase d'uso, **si è cominciato a comprendere l'ingente peso del consumo energetico dovuto alle fasi di pre-produzione, messa in opera e dismissione dei materiali edili.** Un peso particolarmente



Il Velodrome (Hopkins Architects, Expedition Engineering, BDSP, Grant Associates) nel Parco Olimpico di Londra 2012, ha un volume contenuto e una forma ottimizzata per ridurre la quantità di materiali impiegati e di conseguenza l'energia incorporata nell'edificio.
©UK Department for Culture, Media and Sport (CC BY 2.0)

alto per **alcuni materiali** (i metalli, le plastiche, il vetro, ma anche il cemento) i cui processi produttivi **richiedono molta energia in fase di produzione**, che viene "incorporata" nei materiali e che, negli edifici ad alta efficienza energetica in fase d'uso, tende a crescere ulteriormente. L'uso di isolanti termici sintetici come il polistirene espanso, ad esempio, incrementa decisamente il contenuto di energia incorporata del fabbricato, compromettendo il bilancio energetico complessivo nel suo ciclo di vita, sino al punto che il consumo energetico – dovuto alla produzione dei materiali necessari per l'efficientamento energetico – può superare il risparmio ottenibile in fase d'uso. **Se poi, al termine della vita utile dell'edificio o di sue singole componenti, i materiali non vengono recuperati ai fini del riuso o del riciclo, il contenuto di energia incorporata andrà disperso.** L'Unione Europea, già nel 2008 con la Direttiva 98 sui rifiuti, ha fissato un **target per l'aumento del tasso di recupero dei rifiuti da C&D** che, **entro il 2020, dovranno essere riutilizzati o rigenerati in materie prime secondarie per almeno il 70% in peso.** Nel nostro Paese, nonostante alcune virtuose norme di settore siano in vigore da vent'anni, solo di recente si è cominciato ad **affrontare concretamente il tema del recupero dei rifiuti da C&D**, anche grazie all'introduzione dei **Criteri Ambientali Minimi per l'Edilizia** (D.M. 24/12/2015 e s.m.i.). In Italia, ciò che preoccupa maggiormente

sotto il profilo ambientale sono i **due fenomeni agli estremi del ciclo di vita dei materiali lapidei: l'estrazione da cava e lo smaltimento dei rifiuti inerti.** Le cave attive nel 2016 sono 4.752, in calo di circa il 20% rispetto al 2010 ma pur sempre in numero ingente, oltre le 13.414 cave abbandonate o dismesse, con 53 milioni mc di sabbia e ghiaia cavati annualmente solo per produrre calcestruzzo (61% dei materiali estratti in totale). I canoni di concessione sono pari a circa il 2,3% del prezzo di vendita per gli inerti secondo il *Rapporto cave* di Legambiente nel 2016, fattore che va a discapito dell'adozione di aggregati riciclati ottenuti dal recupero di rifiuti inerti da C&D.

CHI È PAOLA ALTAMURA



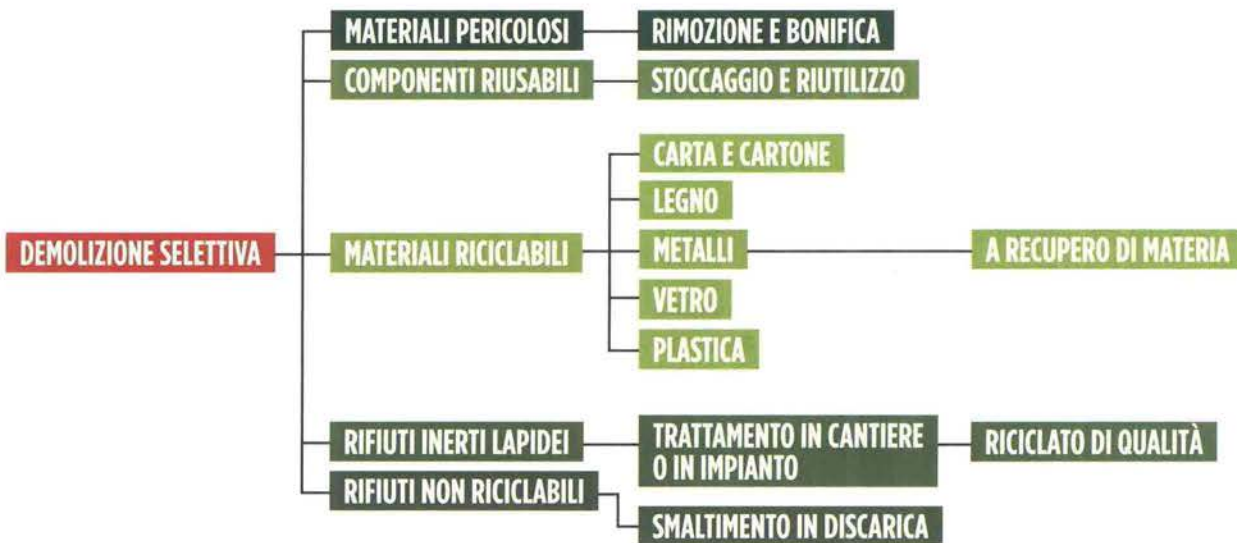
Architetto, PhD in Progettazione Ambientale, cultore della materia in Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento PDTA della Facoltà di Architettura dell'Università La Sapienza di Roma, dove svolge attività di ricerca e didattica. Autrice del volume *Costruire a zero rifiuti* (Franco Angeli 2015) e co-fondatrice della start-up Atlante Inerti Project, la sua ricerca sul costruire sostenibile si concentra sulle soluzioni per la prevenzione dei rifiuti e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia.

Contemporaneamente, dalle demolizioni edilizie, eseguite in gran parte in modo distruttivo, si stima vengano prodotte **in Italia 48 milioni di tonnellate di rifiuti da C&D l'anno** (dati ISPRA, 2015), provenienti per oltre il 90% da micro demolizioni e costituiti per oltre l'80% da inerti misti. Il dato complessivo è tuttavia incerto, a causa dei volumi oggetto di diffusi fenomeni di sversamento abusivo e di reimpiego attraverso canali non ufficiali, come incerto è l'attuale tasso di riciclo, stimato dall'ISPRA attorno al 70% e dunque in linea con l'obiettivo comunitario, ma a oggi difficilmente verificabile. In un contesto tanto problematico, occuparsi delle strategie per la prevenzione, il riuso e il riciclo dei rifiuti in edilizia diviene una priorità, nonché una sfida progettuale e tecnologica, che ho voluto cogliere, ispirandomi a modelli virtuosi come il Regno Unito e l'Olanda, nel delineare le modalità per costruire a zero rifiuti.

TECNOLOGIE INNOVATIVE DI RECUPERO, FILIERE E STRUMENTI INFORMATICI DI SUPPORTO

L'efficienza delle tecnologie per il riciclaggio dei rifiuti inerti edili, frazione dominante dei rifiuti da C&D in Italia, può contribuire a migliorare la qualità dei materiali in uscita dal processo di recupero e a ridurre gli impatti ambientali del processo di riciclo. In questo senso, **l'Italia si è mossa anticipatamente con la realizzazione, agli inizi degli anni '90, dei primi impianti di riciclaggio per rifiuti inerti con tecnologia R.O.S.E.** (Recupero Omogeneizzato Scarti Edilizi), impianti di alta qualità tecnica e con elevato controllo ambientale, oggi presenti in 20 siti in diverse Regioni italiane. Tuttavia, il fattore determinante per l'incremento della **qualità dei materiali ottenuti dal recupero è rappresentato senza dubbio dalle modalità di demolizione**, che devono tendere alla massima selezione a monte dei componenti edilizi

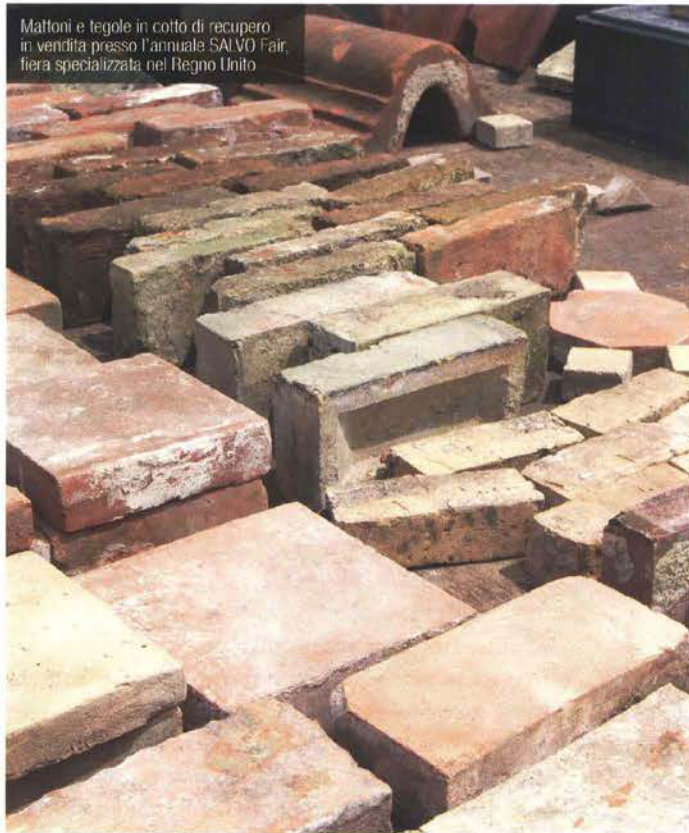
e dei loro materiali costituenti. La demolizione selettiva, processo reso oggi obbligatorio nei cantieri pubblici dai Criteri Ambientali Minimi per l'edilizia (CAM), cogenti ai sensi del Nuovo Codice degli Appalti, per quanto complessa da applicare a edifici non concepiti per un semplice disassemblaggio dei componenti a fine vita utile, garantisce di **separare accuratamente i diversi materiali per ottenere dei materiali inerti il più possibile privi di contaminanti**. Su questo fronte, progettisti e operatori del settore devono aggiornarsi, per rispondere alla domanda di competenze e soluzioni tecnologiche che si andrà necessariamente costruendo. Il passo successivo, sul quale la ricerca industriale e l'innovazione tecnologica sono oggi concentrate, è quello di **massimizzare la separazione delle diverse frazioni degli inerti** mediante processi a basso consumo energetico ed emissioni inquinanti (rumore e polveri) che permettano di recuperare separatamente aggregati e legante. Alcune ricerche sviluppate di recente in Europa, dimostrano proprio come sia possibile **superare il processo di downcycling oggi applicato al calcestruzzo**, ovvero la semplice frantumazione del materiale che non consente di "pulire" gli aggregati dalle tracce di legante e di recuperare la pasta di cemento, con diverse tecniche innovative di caratterizzazione, selezione e separazione. **In Germania**, il Fraunhofer Institut für Bauphysik nella ricerca *Ein effizientes Recyclingverfahren für Beton* del 2012, ha sviluppato una tecnica di separazione del cemento dagli aggregati lapidei basata sulla frammentazione elettrodinamica, che riesce a suddividere completamente il calcestruzzo nei suoi singoli componenti senza emissioni di polveri e rumore grazie alle scariche elettriche applicate al conglomerato, posto in acqua, che lo frantumano con l'effetto di un setaccio. Gli aggregati lapidei così recuperati, completamente privi di tracce di cemento, sono sostituibili a quelli naturali in qualsiasi tipo di calcestruzzo, non solo in applicazioni a bassi requisiti,



Il processo di demolizione selettiva permette il massimo recupero a livello di componenti e di materiali, assicurando l'integrità dei componenti da riutilizzare e la differenziazione dei materiali riciclabili necessaria per produrre MPS (Materie Prime Seconde) di qualità.



e il cemento può essere riutilizzato. Anche **il progetto europeo C2CA** (Ricerca C2CA - *Advanced technologies for the production of cement and clean aggregates from construction and demolition waste*), coordinato dal TU Delft con la partecipazione tra gli altri dell'Università Sapienza di Roma, ha sviluppato un innovativo metodo di riciclo del calcestruzzo al termine del ciclo di vita che consente il riutilizzo degli aggregati, della pasta di cemento ricca di calcio e dell'aggregato di silice, eliminando il problema delle frazioni fini. Il tutto mediante un'apparecchiatura di telerilevamento, combinata con un innovativo test, rapido e attendibile, per la quantificazione della pasta di cemento residua sugli aggregati, e con lo sviluppo di un impianto mobile che consente di eseguire un trattamento in loco di numerosi materiali. Il processo è vantaggioso anche sotto il profilo economico grazie al basso fabbisogno energetico dei macchinari, alla possibilità di riciclare in situ, eliminando costi ed emissioni dovute al trasporto, alla massima riduzione dei residui non riciclabili. **Il progetto europeo HISER** (www.hiserproject.eu), infine, propone un innovativo sistema compatto di sensori per la selezione dei materiali con la tecnica di analisi *laser induced breakdown spectroscopy*, che permette di esaminare e caratterizzare gli inerti misti, con una tecnica di elettro-frammentazione ottimizzata – resa mobile e a basso consumo energetico – e con l'ADR system: una tecnologia a basso costo per la classificazione e la separazione delle frazioni fini dagli aggregati. L'innovazione di settore, però, sta cominciando a esprimere le proprie potenzialità anche su altri piani oltre quello delle tecniche di trattamento: in ambito internazionale, come anche in Italia, si stanno sviluppando **strumenti informatici di supporto allo sviluppo delle filiere del recupero**, come le **piattaforme web GIS** (*Geographic Information System*) di mappatura degli impianti di riciclaggio presenti su un dato territorio, delle quali *Atlante Inerti* (su www.atlanteinertiproject.yolasite.com/mappa.php dati aggiornati a giugno 2017) è un valido esempio italiano.



Mattoni e tegole in cotto di recupero in vendita presso l'annuale SALVO Fair, fiera specializzata nel Regno Unito

Si stanno diffondendo anche i siti web che catalogano ed evidenziano l'offerta di materiali edili di recupero disponibili in un dato territorio (mattoni, elementi in pietra, profilati metallici, elementi lignei, ecc.), veri e propri luoghi virtuali di incontro domanda-offerta di materiali da riutilizzare, come la piattaforma *Harvest Map* degli olandesi Super Use Studios (www.harvestmap.org), il sito americano *Planet Reuse* e il britannico *Salvo Web*.

LINEAMENTI DI UN APPROCCIO PROGETTUALE-OPERATIVO INNOVATIVO

Al di là della situazione nell'ambito specifico della gestione e del recupero dei rifiuti inerti, **l'obiettivo di costruire a zero rifiuti comporta il coinvolgimento dell'intera filiera edilizia** in processi e procedure diversi rispetto a quelli usuali.

Per poter implementare le **strategie del Design for Deconstruction**, ovvero della **progettazione che previene la formazione di rifiuti mediante la decostruibilità dei componenti e le opzioni tecniche del riuso e del riciclo**, è infatti indispensabile strutturare un approccio progettuale-operativo innovativo che tocchi tutti i diversi momenti decisionali riguardanti i materiali da costruzione, nelle principali fasi del processo edilizio. Momenti decisionali, dalla progettazione alla scelta dei





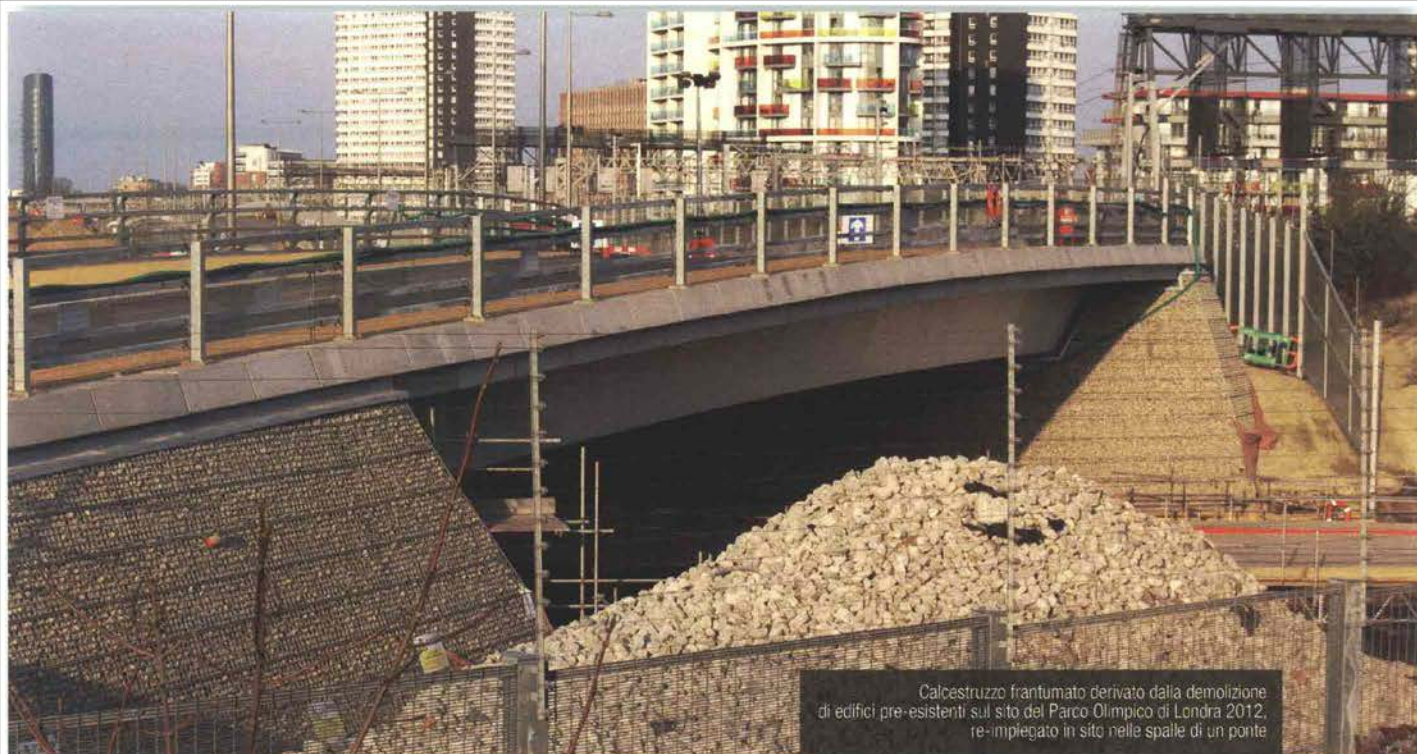
Il velodromo di Londra 2012 durante e dopo i lavori, la tensostruttura in acciaio a rete di funi consente di smaterializzare la copertura, con notevole risparmio di materiali anche per le altre strutture portanti. ©Olympic Delivery Authority

sistemi costruttivi, alla definizione delle specifiche tecniche, alla stesura dei computi fino al *procurement* vero e proprio, che coinvolgono tutti gli attori (committente, progettista, appaltatore) e richiedono una forte integrazione dei ruoli e delle responsabilità. Il processo edilizio deve rinnovarsi, pertanto, accogliendo ad esempio la necessità di **anticipare il più possibile la scelta dei materiali da costruzione nel percorso progettuale e di lavorare anche a partire dai materiali disponibili in loco** (presenti nell'edificio pre-esistente, demolito o meno, ma anche derivati da altre filiere locali). Anche il committente dovrà rafforzare il proprio ruolo di indirizzo definendo a monte di ogni intervento edilizio aspetti quali: **la manutenibilità dell'edificio a zero rifiuti, il basso contenuto di energia incorporata nei materiali da impiegare, la certificazione della sostenibilità della catena di approvvigionamento dei prodotti, ecc.** Dal canto loro, gli appaltatori dovranno aggiornare le proprie **modalità di approvvigionamento dei materiali e dei componenti edilizi, ponendo più attenzione alle**

certificazioni di prodotto che, ai sensi CAM per l'edilizia, dovranno poter presentare al committente per dimostrare il rispetto dei Criteri stessi, e in particolare del contenuto di riciclato. Per gli appaltatori, inoltre, sarà d'ora in poi sempre più indispensabile **avvalersi di professionisti specializzati** in materia di strategie e metodi per la prevenzione e **la gestione sostenibile dei rifiuti di cantiere**. Purtroppo però, tuttora manca tra i professionisti la formazione su questi temi, che non fanno parte della didattica a livello universitario né tanto meno, salvo eccezioni, dell'aggiornamento professionale. Il mio sforzo, concretizzato nel volume *Costruire a zero rifiuti* e in altre attività di formazione e divulgazione, è mirato non soltanto a far conoscere le ricadute tecniche, ambientali ed economiche di questo approccio, bensì anche a far comprendere l'alto potenziale di sviluppo lavorativo nella creazione di nuove competenze richieste alle figure professionali coinvolte nel processo edilizio. Costruire con un'attenzione alla massima riduzione dei rifiuti, infine, può comportare anche un potenziale sviluppo del **linguaggio architettonico,**



Gabbione riempito con calcestruzzo frantumato derivante da demolizione selettiva



Calcestruzzo frantumato derivato dalla demolizione di edifici pre-esistenti sul sito del Parco Olimpico di Londra 2012, re-impiegato in sito nelle spalle di un ponte

poiché **lavorare con materiali riciclati e componenti di recupero da riutilizzare può indurre a soluzioni costruttive ed estetiche inedite**, dal forte carattere identitario grazie alla conservazione delle materie in loco, e anche perché **i sistemi costruttivi "decostruibili"** sono tipicamente tecnologie a secco, non tipiche del nostro modo di costruire, che comporteranno sia un aggiornamento tecnico degli operatori sia un cambiamento negli esiti formali architettonici, **verso la definizione di una versione italiana della prefabbricazione a secco**.

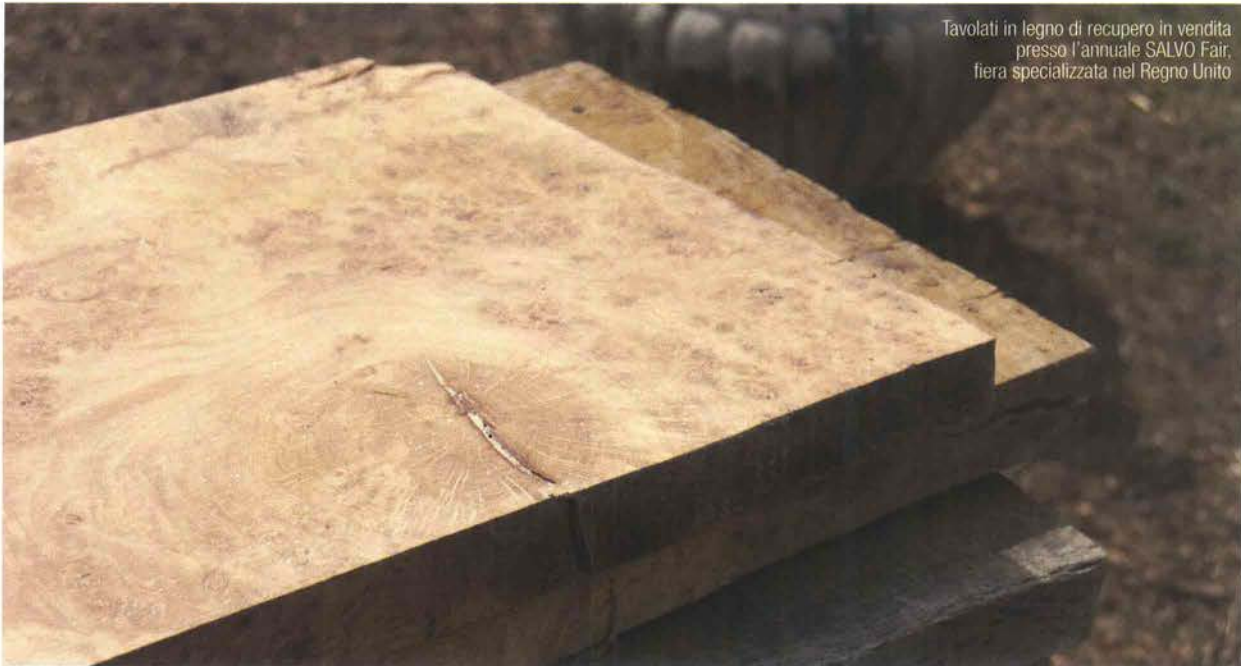
PROGETTAZIONE OTTIMIZZATA

In un intervento edilizio nel quale si miri ad aumentare l'efficienza nell'uso dei materiali, prevenendo e riducendo il volume dei rifiuti prodotti, diviene strategico **il ruolo del progettista** che può agire su cinque punti chiave: recupero e riuso, prefabbricazione, ottimizzazione dei materiali, forniture con pochi scarti, progettazione per la flessibilità e decostruzione. Si ha la responsabilità, infatti, oltre che di **definire quali materiali impiegare, di ottimizzarne le quantità**, in modo da **ridurre sia il fabbisogno di materie prime, sia il contenuto di energia incorporata nell'edificio, sia gli scarti in fase di costruzione**. Per comprendere a che livello possa spingersi tale ottimizzazione, si pensi al velodromo del Parco Olimpico di Londra 2012: concepito per ridurre al minimo il quantitativo dei materiali impiegati grazie alla conformazione del basamento e alla smaterializzazione della copertura, completamente prefabbricata e messa in opera senza produzione di scarti.

Il progettista, inoltre, con le proprie scelte relative ai sistemi costruttivi e alle modalità di messa in opera dei materiali, **determina direttamente il livello di trasformabilità e decostruibilità dell'organismo edilizio**, incidendo così sulla quantità di rifiuti che si produrranno nell'arco del suo ciclo di vita. Il progettista deve quindi prefigurare

con particolare cura la messa in opera, dettagliando il più possibile in fase di progetto le modalità di assemblaggio tra i componenti edilizi, per poter prevenire la produzione di rifiuti da demolizione a breve e a lungo termine, ovvero in fase di manutenzione e di fine vita utile del fabbricato. I criteri progettuali essenziali a tal fine sono: l'adattabilità dell'assetto distributivo, la compatibilità della struttura portante a potenziali diversi usi futuri, la separazione in base alla durata prevista per la vita utile dei diversi livelli costituenti le stratigrafie di involucro e partizioni, l'accessibilità ai componenti ai fini dello smontaggio, l'opportunità di montare/smontare più componenti edilizi in parallelo invece che in sequenza, la reversibilità delle connessioni e la disassemblabilità degli impianti. Altri criteri riguardano strettamente le prestazioni dei materiali: è importante **considerare la durabilità dei componenti, la riciclabilità dei materiali e la loro riconoscibilità**, che può garantire il recupero di sostanze che, se non facilmente identificabili e classificabili, sarebbe difficile destinare a riuso e/o riciclo.

Infine, oltre a dover **selezionare prodotti da costruzione a basso impatto ambientale**, processo di per sé complesso che richiede di disporre di criteri di selezione, metodi di confronto e relativi strumenti di supporto (come database di prodotti edilizi con punteggi comparabili derivati da analisi LCA), e a poter influire sulla prevenzione dei rifiuti lavorando sul *Design for deconstruction*, saremo chiamati a dotarci di strumenti e metodi specifici per valutare le potenzialità di recupero dei componenti. Diverrà sempre più strategico, per gli interventi sull'esistente, **realizzare degli audit pre-demolizione, classificando e stimando le tipologie e quantità di materiali presenti** al fine di identificare le migliori opzioni ambientali (riuso, riciclo, smaltimento), consentendo così di **massimizzare il recupero** di componenti e materiali durante il successivo processo di **demolizione selettiva**. È bene ricordare che tutti questi aspetti, dalla decostruibilità alla stesura



Tavolati in legno di recupero in vendita presso l'annuale SALVO Fair, fiera specializzata nel Regno Unito

degli audit pre-demolizione, sono contenuti nei CAM Edilizia, la cui applicazione è oggi obbligatoria in Italia per tutti gli appalti di lavori edili pubblici.

IL PIANO DI GESTIONE DEI RIFIUTI DI CANTIERE E GLI STRUMENTI PER LO SVILUPPO

La normativa degli enti locali in materia di gestione dei rifiuti di cantiere va, in conclusione, nella direzione dell'**introduzione di un** elaborato denominato "**Piano di gestione dei rifiuti di cantiere**", **introdotto ad esempio dalla Regione Lazio già nel 2012** – con le prime linee guida per la gestione della filiera di riciclaggio, recupero e smaltimento dei rifiuti inerti D.G.R. del 26/01/2012 n. 34 – e recepito nella recente Delibera 100/2016 del Comune di Roma che ne rende obbligatoria la presentazione insieme alla domanda di Permesso di Costruire e degli altri titoli edilizi.

Il Piano di gestione rappresenta un importante strumento di previsione e verifica delle modalità di gestione degli scarti, che va impostato già in fase di progettazione, con la stima delle quantità e tipologie di scarti che si andranno a produrre e l'indicazione degli impianti autorizzati al conferimento, individuati ai fini del recupero o dello smaltimento. Il Piano va poi completato mano a mano durante le fasi di esecuzione delle opere con i dati effettivi, e verificato a conclusione dei lavori rispetto ai quantitativi e alle destinazioni che i rifiuti hanno realmente raggiunto. Il Piano di gestione, in questo senso, è un prezioso strumento per la tracciabilità dei rifiuti edili, poiché può far emergere i volumi che oggi sfuggono alle modalità di gestione legali, nonché per la raccolta di dati certi sul fenomeno. Indubbiamente, però, per produrre dei Piani attendibili e poter garantire un'efficace raccolta dei dati, sarebbe

importante poter contare su strumenti informatici di supporto che fungano da interfaccia tra i progettisti, gli appaltatori e le amministrazioni pubbliche che ricevono i documenti. Un'esperienza importante, in questa direzione, è rappresentata dal **software SmartWaste Plan**, sviluppato in Inghilterra dal centro di ricerca BRE (*Building Research Establishment*), tra i primi programmi al mondo a consentire un accurato monitoraggio della produzione dei rifiuti di cantiere e ad avere consentito la creazione di un database di Piani di gestione dei rifiuti, utili alla comprensione dettagliata delle attuali modalità di gestione degli scarti. **!**



Approfondisci il tema con la bibliografia di questo articolo e consulta i link utili sulla normativa su www.extraup.it