

Economia circolare e nuovi scenari per il settore delle costruzioni

**Modelli organizzativi e pratiche di riuso
e remanufacturing nel comparto del terziario**

a cura di Cinzia Maria Luisa Talamo



Ricerche di tecnologia dell'architettura

FrancoAngeli 



RICERCHE DI TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA

diretta da Giovanni Zannoni (Università di Ferrara)

Comitato scientifico:

Andrea Boeri (Università di Bologna), Andrea Campioli (Politecnico di Milano), Joseph Galea (University of Malta), Maria Luisa Germanà (Università di Palermo), Giorgio Giallocosta (Università di Genova), Nancy Rozo Montaña (Universidad Nacional de Colombia)

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.



Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli massimizza la visibilità, favorisce facilità di ricerca per l'utente e possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:

<https://www.francoangeli.it/autori/21>

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Economia circolare e nuovi scenari per il settore delle costruzioni

**Modelli organizzativi e pratiche di riuso
e remanufacturing nel comparto del terziario**

a cura di Cinzia Maria Luisa Talamo

Ricerche di tecnologia dell'architettura

FrancoAngeli 

Il libro presenta i risultati del progetto “*Re-NetTA (Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures). New organizational models and tools for remanufacturing and re-using short life components coming from tertiary buildings renewal*”, sviluppato presso il Politecnico di Milano (2018-2021) e supportato da Fondazione Cariplo, grant n° 2018-0991 (Bando “*Circular Economy for a sustainable future 2018*”).

Isbn e-book Open Access: 9788835165675

Copyright © 2024 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Pubblicato con licenza *Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate 4.0 Internazionale* (CC-BY-NC-ND 4.0)

*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*
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

Copyright © 2024 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy. ISBN 9788835165675

Indice

Introduzione di <i>Cinzia Talamo</i>	pag. 7
---	--------

Parte I – Scenari

1. Nuovi approcci di circolarità per l'ambiente costruito di <i>Cinzia Talamo</i>	» 13
2. Economia circolare ed edilizia per il terziario di <i>Andrea Campioli, Monica Lavagna</i>	» 53
3. Strategie di circolarità nel tessile per l'architettura di <i>Alessandra Zanelli, Carol Monticelli</i>	» 70
4. Scenari di circolarità e nuovi modelli di relazione di <i>Marika Arena, Carlo Vezzoli</i>	» 93

Parte II – Teorie e pratiche

5. Nuovi paradigmi organizzativi per il riuso e il remanufacturing nel settore edilizio: il modello basato sul servizio all-inclusive di <i>Anna Dalla Valle, Serena Giorgi</i>	» 117
6. Nuovi paradigmi organizzativi per il riuso e il remanufacturing nel settore edilizio: il modello basato sul contratto di noleggio di <i>Nazly Atta, Sara Ratti</i>	» 131

7. Nuovi paradigmi organizzativi per il riuso e il remanufacturing nel settore edilizio: il modello basato sul mercato secondario di prodotti recuperati di <i>Salvatore Viscuso, Luca Macrì</i>	pag. 145
---	----------

Parte III – Sperimentazioni

8. Sperimentazione di strategie circolari attraverso la riprogettazione del prodotto di <i>Serena Giorgi, Anna Dalla Valle, Nazly Atta, Salvatore Viscuso</i>	» 161
9. Sperimentazioni di riuso e remanufacturing con il coinvolgimento del terzo settore di <i>Salvatore Viscuso, Nazly Atta, Serena Giorgi, Anna Dalla Valle</i>	» 179
Conclusioni di <i>Cinzia Talamo</i>	» 189
Gli Autori	» 193

2. Economia circolare ed edilizia per il terziario

di *Andrea Campioli, Monica Lavagna**

2.1 Obsolescenza precoce, uso temporaneo e circolarità delle risorse: dai prodotti agli edifici per il terziario

L'economia circolare nasce con l'obiettivo di ridurre i consumi di risorse naturali e la generazione di rifiuti, tramite un uso circolare delle risorse (in particolare materiche), riducendo gli impatti ambientali associati. Nell'attuale "dominio della tecnica", estrema conseguenza dell'«ordine *antropocentrico*, la natura è risolta in puro materiale da utilizzare [...] *dato di fatto* che il successo tecnico-scientifico porta a legittimare» (Galimberti, 2014). Il corrente modello lineare di produzione e consumo infatti implica un intenso uso di materie prime vergini e scenari di fine vita prevalentemente associati allo smaltimento in discarica dei rifiuti. A questo si unisce un modello consumistico, basato sull'usa e getta, che accorcia i cicli di vita dei prodotti e accelera i consumi di risorse e la generazione di rifiuti, con conseguenze ambientali negative.

Il modello di consumo lineare (*take-make-consume-dispose*) fatica a essere scardinato, poiché l'attuale sistema economico si basa sulla continuità dei consumi per garantire la continuità della produzione industriale e la crescita economica (misurata dal PIL). Questo ha innescato meccanismi perversi, come l'usa e getta consumistico e l'obsolescenza programmata dei prodotti, favorendo l'interesse dei produttori a ridurre la vita utile dei prodotti per garantirsi la continuità di domanda sul mercato. È stato infatti messo in evidenza come l'attuale modello economico e industriale si basi sulla necessità di mantenere i quantitativi e i ritmi di produzione (o addirittura aumentarli), attraverso la coltivazione di bisogni umani artificiali,

* Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC), Politecnico di Milano.

alimentati dalla pubblicità e dalla propaganda commerciale, e tramite meccanismi di obsolescenza programmata (Galbraith, 1958). La società contemporanea si caratterizza per una continua accelerazione delle trasformazioni e per un incessante proliferare di innovazioni tecnologiche, spesso trainate non dalla domanda degli utenti finali o dal bisogno di miglioramento della società, ma dalla necessità di sopravvivenza delle imprese e del mercato. «L'innovazione tecnologica non è un fatto meramente scientifico-tecnico, ma un processo sociale di natura dinamica» e «un'attività deliberata delle imprese e delle istituzioni» (Sirilli, 2008). «La tecnologia è la risposta, ma quale era la domanda?», si chiedeva negli anni Sessanta l'architetto inglese Cedric Price.

Il consumismo nasce negli anni Venti, quando i produttori e i venditori, per assicurarsi un flusso permanente e crescente di consumatori, concepiscono il modello dei prodotti “usa e getta”, introducendo nella quotidianità prodotti di durata brevissima. In seguito, il concetto di durata e obsolescenza “programmata” o “pianificata” viene introdotto in economia industriale come strategia commerciale volta ad accorciare artificialmente il ciclo di vita utile di un prodotto in modo da limitarne la durata a un periodo prefissato e mantenere alta la domanda di mercato (acquisti).

Secondo il principio della durata programmata, i prodotti vengono appositamente progettati e realizzati con una “vita a termine”, tramite l'uso deliberato di materiali di qualità inferiore e deteriorabili, di componenti di breve durata che creano una rottura, di elementi di fallibilità o con qualche difettosità, abbreviando la durata del prodotto. A questo si affianca l'indisponibilità di pezzi di ricambio (volutamente non forniti dalle aziende) e di centri di assistenza/manutenzione (che un tempo era un “servizio” offerto dalle aziende stesse), per cui l'utente deve comprare un nuovo prodotto perché la riparazione e i pezzi di ricambio costano più del prodotto nuovo. In alcuni casi i prodotti vengono proprio progettati per rendere impossibile la manutenzione e sostituzione dei pezzi.

Oltre alla durata programmata, l'obsolescenza programmata agisce sul rendere obsoleto il prodotto agli occhi dell'utente, per esempio con l'immissione sul mercato di un modello nuovo, a livello sia estetico (moda) sia tecnico (nuove funzionalità), inducendo quindi l'utente a comprare un nuovo prodotto anche se il vecchio è ancora funzionante. «La società dei consumi svaluta la durevolezza: ai suoi occhi “vecchio” significa “sorpassato”, non più utilizzabile e destinato alla spazzatura» (Bauman, 2008). In questo modo viene accorciata la durata dei prodotti, spingendo gli utenti consumatori alla sostituzione compulsiva dei prodotti, prima del necessario.

Serge Latouche (2015) distingue i due concetti: l'“obsolescenza pianificata”, cioè l'introduzione voluta di un difetto nei prodotti, diversa dal-

l'“obsolescenza simbolica”, ovvero il declassamento prematuro di un oggetto da parte della pubblicità e della moda, indotto dalla pubblicità. Egli ritiene l'usa e getta un fenomeno consustanziale alla nostra società, correlato alla crescita illimitata e all'industrializzazione.

Oggi stiamo pagando il conto di questa tendenza, che ha portato a un insostenibile e accelerato consumo di risorse e generazione di rifiuti. Il nuovo modello di economia circolare cerca di porre rimedio, anche se per lo più viene applicato come soluzione dei problemi a valle (gestione dei rifiuti) mentre ancora rare sono le iniziative di prevenzione a monte, volte a un uso efficiente delle risorse. Agire su una riduzione dei consumi a monte è più efficace, poiché determina anche una riduzione dei rifiuti a valle. Il rischio invece è che l'economia circolare mantenga costante gli attuali livelli di produzione e consumo, semplicemente risolvendo il problema di smaltimento dei rifiuti a valle e di reperimento delle risorse a monte (grazie alla circolarità), ma senza una effettiva riduzione e rallentamento dei consumi (e quindi senza risolvere i correlati problemi di impatto ambientale legati al consumo di energia per il riciclo e la rilavorazione dei prodotti e dei materiali). L'economia circolare intesa come gestione dei rifiuti a fine vita e attività di riciclo dei materiali è un modello solo parzialmente sostenibile, poiché può essere ancora in linea con una logica consumistica legata all'usa e getta. Del resto non è un caso che il concetto di “economia circolare” sia stato “introdotto” dalla Ellen MacArthur Foundation, una fondazione legata al mondo finanziario, con il report “Towards the circular economy” del 2013, commissionato alla McKinsey & Company, una società di consulenza strategica di aziende. Il report aveva lo scopo di evidenziare alle aziende il progressivo aumento del consumo di materie prime, il progressivo aumento dei costi di estrazione di tali risorse e la volatilità di mercato (variabilità dei prezzi), con conseguente scarsità e livelli di prezzo inaccessibili per la base manifatturiera della nostra economia nel prossimo futuro; la soluzione delineata risiede nel vedere i rifiuti come potenziale nuovo bacino di risorse e fonte alternativa finora sottoutilizzata.

L'approccio circolare, nelle formulazioni pionieristiche di Walter R. Stahel (2010), è però anche associato all'attivazione di strategie volte all'estensione della vita utile dei prodotti, principio che porterebbe a un minore consumo di risorse, derivante dalla riduzione della produzione di nuovi prodotti a favore invece del riuso e della durata, consentendo anche la riduzione dei rifiuti generati a fine vita.

La promozione di azioni legate all'estensione della vita utile e della durata consente di scardinare il consumismo, non accettabile anche se associato a forme di circolarità come “usa e ricicla” al posto di “usa e getta”. Da qui l'interesse per le formule alternative di fornitura del prodotto (pro-

poste all'interno di questo libro), come i *Sustainable Product-Service Systems* (S.PSS), dove le aziende rimangono proprietarie di un prodotto e hanno, quindi, beneficio a progettare beni per cicli di vita più lunghi considerando la possibilità di rigenerare il prodotto o le sue parti dopo ogni fase di utilizzo, con meno rilavorazioni possibili.

Occorre dunque cercare di trovare nuovi modelli economici, che dimostrino la possibilità di creare valore (e posti di lavoro) indipendentemente dal consumo di risorse fisiche. La costruzione di nuovi modelli organizzativi e di business basati sulla circolarità (Bocken *et al.*, 2016), che modifichino i rapporti di proprietà, le modalità delle transazioni, ed estendono la responsabilità del produttore all'intero ciclo di vita, creando un rapporto duraturo con il cliente, possono dimostrare agli operatori i vantaggi economici della circolarità e aprire nuove opportunità di mercato, riducendo al contempo il consumo di materie prime e la generazione di rifiuti, grazie al riuso e all'*upgrading* degli stessi prodotti.

Il tema dell'obsolescenza assume nel settore edilizio connotati del tutto particolari rispetto ad altri settori, poiché si caratterizza per la realizzazione di "prodotti" (gli edifici) che hanno cicli di vita lunghi e sono destinati a durare nel tempo. L'applicazione delle logiche dell'economia circolare al settore edilizio richiede pertanto il confronto con le specificità del settore. In edilizia la ciclicità delle risorse ha tempi lunghi e i materiali/prodotti rimangono stoccati nell'edificio per decenni, se non per secoli. Di conseguenza le tematiche legate alla gestione del fine vita e all'uso circolare delle risorse appaiono meno rilevanti rispetto a quelle relative alla fase d'uso dell'edificio (e non è un caso che in questi anni il tema prioritario sia stato quello del miglioramento della gestione energetica).

Tuttavia, la nostra società, sempre più incline alla rapida trasformazione e a fenomeni di obsolescenza precoce, rende "precario" anche il settore edilizio, richiedendo trasformazioni con tempi sempre più brevi e continui interventi di modificazione del patrimonio costruito. Il rapporto tra tempo e architettura, tradizionalmente affrontato perseguendo soluzioni caratterizzate dalla permanenza e dalla lunga durata, è oggetto oggi di nuove interpretazioni che mirano a dare risposta alla sempre più diffusa esigenza di disporre di spazi con durata funzionale o tempo di localizzazione limitati nel tempo, delineando soluzioni connotate dalla temporaneità (Lavagna *et al.*, 2023). Tale prospettiva spesso comporta una temporaneità d'uso anche dei materiali e delle parti d'opera dell'edificio.

Per cui anche nel settore edilizio si delineano criticità dal punto di vista dell'uso efficiente delle risorse e del ciclo di vita, e dobbiamo constatare alcuni cambiamenti nella durata degli edifici e delle loro parti costituenti (componenti, prodotti, materiali). I processi di trasformazione (es. modifica-

zioni degli spazi interni per cambiamenti dei modi di uso o delle esigenze degli utenti) e di sostituzione di parti (es. cambio dei serramenti o degli impianti, per degrado o per obsolescenza prestazionale, oppure dei pavimenti, per rinnovo estetico) caratterizzano sempre più gli edifici durante la vita utile, portando a interventi di demolizione e rifacimento sempre più frequenti.

Il valore d'uso e il valore economico "di scambio" di un organismo edilizio viene meno nel tempo sia per i processi di degradamento fisico sia di obsolescenza funzionale che si attivano dalla data stessa della sua edificazione (Molinari, 1989). L'obsolescenza funzionale è correlata alla modifica della "domanda" e dei bisogni, e può riguardare modificazioni di carattere sociologico nelle modalità di funzionamento richieste oppure di carattere normativo nel quadro dei requisiti e degli standard (Molinari, 2002). Ne deriva la necessità di interventi di trasformazione e aggiornamento continuo.

A parte le costruzioni convenzionali, dove comunque i tempi di rinnovo sono abbastanza lunghi (ogni 20-30 anni), esistono invece situazioni di maggiore rapidità di rinnovo (ogni 10-15 anni), come nel terziario (uffici, strutture di accoglienza, aree espositive, spazi commerciali, *temporary shop*), dove gli spazi sono in genere in affitto e il *rebranding* e *restyling* degli spazi al subentro del nuovo utente (anche solo per motivi di immagine aziendale) porta al rifacimento del *fit-out* interno (pavimenti, controsoffitti, pareti, porte, arredi), generando elevate quantità di rifiuti costituiti da materiali quali cartongesso, moquette, pavimentazioni ceramiche, isolanti acustici, rivestimenti plastici, legno ingegnerizzato o compensato, che vengono prevalentemente smaltiti in discarica. A volte i rifacimenti vengono effettuati dallo stesso utente/affittuario per la volontà di rinnovare l'immagine spaziale (materiali e colori) per questioni di moda, ossia per "obsolescenza estetica", oppure per la necessità di riconfigurare il layout spaziale in conseguenza alla trasformazione dei modelli di commercio o di uso. In alcuni casi si assiste a riconfigurazioni anche ogni 2-5 anni.

Ciclicità ancora più brevi (pochi mesi o poche settimane) caratterizzano alcune situazioni di temporaneità d'uso legata a eventi temporanei (fiere, allestimenti, ecc.), per non parlare di grandi eventi, come olimpiadi ed esposizioni universali. In questi ambiti esistono già formule di prodotto-servizio, almeno per quanto riguarda la responsabilità del fornitore alla logistica inversa, dunque smontaggio e recupero a fine evento. Purtroppo però non tutte le parti d'opera sono oggetto di reale riutilizzo (per esempio le moquette, pur essendo recuperate dal produttore, non riescono a essere riutilizzate per più cicli e vengono ancora prevalentemente smaltite in discarica).

Esistono anche situazioni di "usa e getta" particolarmente critiche, poiché prive di una vera e propria fase d'uso, come nel caso della realizzazione delle finiture interne negli edifici terziari a fine cantiere, prima dell'in-

dividuazione del futuro acquirente o locatario. La normativa infatti impone che al momento del collaudo l'edificio sia “finito”, per cui la realizzazione delle finiture interne (pavimentazioni, partizioni, controsoffitti, ecc.) deve obbligatoriamente essere compiuta prima della fine cantiere per permettere il collaudo dell'opera (Giorgi, 2024). Non si tiene conto del fatto che nel terziario le finiture, la maggior parte delle volte, vengono totalmente sostituite all'insediamento del nuovo proprietario o affittuario, dopo il collaudo. In questo modo si generano elevate quantità di rifiuti di materiali praticamente mai utilizzati.

In generale, dunque, il terziario costituisce un ambito in cui si applicano maggiormente modalità di uso temporaneo o di breve durata e in cui avvengono con più frequenza interventi di modificazione che determinano creazione di rifiuti e consumo di nuove risorse, con conseguenti elevati impatti ambientali.

Negli ultimi tempi, inoltre, si sono consolidati alcuni trend che determinano un'accelerazione delle modifiche e delle sostituzioni all'interno degli edifici terziari.

In particolare, la fruizione degli edifici come servizi (*hoteling*, *temporary shop*, *co-working* e varie forme di *sharing*), corrispondente a nuovi modelli d'uso e ad un elevato grado di temporaneità degli spazi, sta generando di conseguenza frequenti rinnovamenti. Tale processo è potenziato dalla riduzione temporale dei contratti di locazione, dalla trasformazione del mercato immobiliare, dalle trasformazioni nei modelli di commercio/vendita e, non ultime, dalle più recenti esigenze di trasformabilità organizzativa e spaziale e di riassetto rapido e reversibile all'uscita dell'emergenza pandemica.

Negli ultimi vent'anni gli spazi di lavoro si sono evoluti da uffici individuali a spazi aperti, per soddisfare la necessità di collaborazione. L'avvento dello *smart working* ha ulteriormente modificato l'utilizzo degli spazi ufficio. Ciò ha aperto la strada all'uso ibrido di spazi condivisi come *hoteling*, *hot desking* (*hoteling* senza prenotazione) e posti a sedere gratuiti. Dopo il periodo pandemico, la progettazione degli spazi per uffici sta ancora cambiando con regole ed esigenze diverse. La conseguenza sono frequenti cambiamenti nella disposizione dello spazio.

Anche gli spazi commerciali si sono evoluti negli ultimi vent'anni, con la diffusione di forme temporanee come *temporary shop* e “*pop up*” *store*. A causa delle locazioni brevi, il commercio al dettaglio è caratterizzato anche da un frequente cambio di destinazione commerciale dei negozi, che comporta sostanziali rinnovamenti degli interni in relazione alla tipologia dell'attività commerciale e all'immagine del marchio. Infine, i negozi tendono tipicamente a rinnovare frequentemente la propria immagine, per attirare l'attenzione.

Nella pratica attuale, questi lavori di trasformazione comportano la demolizione e lo smaltimento in discarica di elementi (finiture, divisori interni, pavimentazioni, controsoffitti, allestimenti, impianti e arredi), che si trovano ancora in buono stato e presentano un'elevata percentuale di prestazioni residue. Si tratta di prodotti da costruzione che potrebbero essere recuperati, riutilizzati o rilavorati tramite pratiche di *remanufacturing* (Talamo, 2022).

Gli edifici per il terziario sono dunque un ambito di particolare criticità dal punto di vista del consumo accelerato di risorse e dunque un ambito da considerare prioritario per l'applicazione di pratiche di circolarità.

2.2 Gli edifici per il terziario come terreno di sperimentazione delle pratiche di circolarità

Le strategie di circolarità trovano principale applicazione in tutti quegli ambiti connotati da breve utilizzo (in particolare imballaggi e prodotti usa e getta), aspetto che rende insostenibile (anche perché accelerato) il consumo di risorse e la generazione di rifiuti e richiede l'individuazione di soluzioni alternative che permettano quantomeno il riciclo delle risorse.

Il riciclo è però uno dei gradini più bassi della gerarchia degli scenari di fine vita, e che richiede processi costosi e impattanti (Giorgi *et al.*, 2018). Di conseguenza molti settori industriali stanno sviluppando pratiche di circolarità basate sul *remanufacturing* e sul riutilizzo, con l'obiettivo di mantenere il valore dei prodotti e ridurre le rilavorazioni necessarie per destinarli a una nuova vita utile. Tali pratiche sono per lo più associate a oggetti e componenti caratterizzati da durabilità, alto valore economico e cicli di uso breve, che consentono di abilitare catene stabili di relazioni tra gli operatori dell'intero processo produzione-uso-riuso-rigenerazione e di avere tecnologie di rigenerazione disponibili e a costi sostenibili (Dalla Valle *et al.*, 2022), considerando anche la potenzialità del prodotto di essere noleggiato o fornito come servizio. Queste ragioni dimostrano perché le attività di *remanufacturing* si sono diffuse per ora solo nei settori aerospaziale, automobilistico, elettrico, e dei macchinari, e sono state implementate solo di recente in altri settori.

Il settore edilizio presenta difficoltà di applicazione di tali logiche poiché la maggior parte dei prodotti da costruzione ha un valore economico limitato e prestazioni residue limitate a fine vita (visto il loro lungo ciclo di uso). Inoltre l'attuale patrimonio è costruito con tecniche non reversibili e dunque i componenti edilizi non sono separabili, per cui l'unico scenario di fine vita possibile è la demolizione. Per di più, la vita utile degli

edifici (e di conseguenza dei componenti edilizi) è molto lunga, per cui diventa difficile immaginare la “gestione” dei componenti su cicli di vita lunghi.

Le pratiche circolari nel settore delle costruzioni sono attualmente molto frammentate e sono ancora poche le filiere e i modelli organizzativi che coinvolgono stabilmente gli operatori in attività legate al riuso. Ciò deriva dal fatto che i flussi di prodotti, che possono essere riutilizzati o rigenerati, non sono costanti (soprattutto se ci riferiamo a quelli smaltiti dal patrimonio esistente e che non sono stati destinati ad essere riutilizzati), per cui l’attivazione di un sistema stabile di catena di fornitura diventa difficile. La variabilità dei prodotti, la frammentazione dell’offerta (legata ai singoli cantieri di costruzione/demolizione) e la varietà dei possibili operatori coinvolti o disponibili, rendono complessa la logistica e la gestione dei processi e delle responsabilità. La conseguenza è quella di gestire i prodotti riutilizzabili e i sistemi costruttivi caso per caso, non riuscendo così ad attivare filiere stabili.

Se però prendiamo in considerazione l’ambito del terziario (uffici pubblici e privati, strutture ricettive, strutture commerciali, spazi espositivi, negozi), esso appare essere il più adatto per sperimentare l’applicazione di processi di *remanufacturing* e riuso poiché caratterizzato da prodotti e materiali con elevato valore economico ed elevate prestazioni residue, spesso sostituiti dopo cicli di vita brevi (10-15 anni) (Peters *et al.*, 2017), a causa del frequente rinnovamento dell’allestimento (per ragioni funzionali, disposizione spaziale o identità aziendale). Queste caratteristiche sono simili a quelle che facilitano l’applicazione del riutilizzo e della rigenerazione nei settori industriali.

Inoltre, la maggior parte delle partizioni interne (pavimenti, controsoffitti, pareti interne divisorie, porte), tipicamente progettate e prodotte per l’edilizia terziaria, sono caratterizzate da prodotti modulari, con giunti di facile assemblaggio, assemblati a secco (quindi facilmente smontabili, garantendo l’integrità), composti da materiali di alto valore (e di alto contenuto energetico), generalmente forniti con la scheda tecnica del produttore e manuali di montaggio/smontaggio e manutenzione (quindi facilmente tracciabili).

L’utilizzo temporaneo porta alla dismissione di prodotti che presentano ancora un elevato valore residuo e che potrebbero diventare interessanti occasioni per sperimentare azioni di riuso e *remanufacturing* (Talamo *et al.*, 2021). Il vantaggio ambientale della rilavorazione emerge soprattutto per gli elementi di breve uso, dove i prodotti dismessi possono garantire un livello soddisfacente di prestazioni residue: raramente l’obsolescenza funzionale corrisponde al degrado fisico e questo aspetto andrebbe verificato alla fine dei cicli di vita funzionali dei prodotti stessi.

Gli edifici per il terziario presentano inoltre alcune caratteristiche che ne fanno ulteriormente un potenziale ambito di applicazione interessante.

I flussi di rifiuti (e potenziali risorse) provenienti da tale settore sono molto consistenti tenuto conto dell'elevato numero di edifici adibiti a diverse destinazioni terziarie (uffici pubblici e privati, strutture ricettive, spazi espositivi, commercio al dettaglio, *temporary shop*, ecc.) associato ai frequenti cicli di rinnovamento e riconfigurazione degli spazi interni, determinati da varie esigenze.

A questo si aggiunge la constatazione della presenza di un patrimonio edilizio terziario inutilizzato (e obsoleto) e in attesa di essere rivitalizzato, il cui numero è aumentato durante l'emergenza pandemica dell'ultimo biennio, a causa del cambiamento paradigmatico del "non uso" degli uffici legato alla diffusione dello *smart working*.

Inoltre, la presenza nell'ambito terziario di operatori (es. *facility manager*) che si occupano della gestione degli spazi, del monitoraggio degli interventi durante la fase di utilizzo (es. *restyling*) e della pianificazione del fine vita, non solo di singoli immobili ma di patrimoni consistenti (*real estate*), consente di identificare degli interlocutori privilegiati per le potenziali filiere di rilavorazione. Questo tipo di fornitori di servizi può facilmente aggregare e gestire grandi quantità di componenti che devono essere riparati o sostituiti in caso di rinnovamento degli edifici, garantendo flussi significativi che possono essere più facilmente gestiti in termini di logistica e rilavorazione.

Inoltre è possibile constatare una predisposizione di questo settore a sperimentare formule di prodotto-servizio (es. pratiche di successo relative agli arredi), che rende facilmente estendibile a elementi e prodotti da costruzione tale pratica, tenendo conto dei cicli brevi di utilizzo e dell'interesse dei clienti per la locazione rispetto alla proprietà. Peraltro l'integrazione di soluzioni di prodotto-servizio all'interno di servizi di *facility management*, legati alla gestione degli spazi e della manutenzione, risulta particolarmente facilitata.

Queste caratteristiche rendono gli edifici per il terziario un terreno di sperimentazione privilegiato, aprendo alla prospettiva di un diverso modo di progettare e costruire, estendibile in prospettiva anche alle altre destinazioni d'uso.

2.3 Pensare gli edifici come "banche di componenti" ad elevate prestazioni residue

L'applicazione della circolarità nel settore delle costruzioni richiede un cambiamento di percezione: il costo delle materie prime ha portato a spostare l'attenzione della filiera dall'ecosfera alla tecnosfera.

Ciò significa che i materiali immagazzinati negli edifici sono risorse potenziali, in attesa di essere riutilizzate alla fine della loro vita. Di conseguenza, le risorse dovrebbero essere monitorate durante tutto il loro ciclo di vita, in una prospettiva *cradle-to-cradle*.

L'economia circolare viene spesso interpretata come circolarità delle risorse, con una forte focalizzazione sulle materie prime e materiali.

Da un lato gli studi tendono a concentrarsi sull'ecologia industriale (come uno scarto produttivo di un'industria possa diventare risorsa per un'altra industria) e sull'*urban mining* (come l'ambiente costruito possa essere considerato uno stock di risorse riutilizzabili a fine vita), cercando di mettere in rete le attività e i flussi materici alla scala urbana e territoriale (Lavagna, 2020), dunque alla scala macro.

Dall'altro gli studi tendono a concentrarsi sul tema del riciclo dei materiali (Altamura, 2015), dunque alla scala micro, evidenziando l'importanza di rendere possibile il reintegro di materie prime seconde all'interno dei processi produttivi (es. uso di inerti riciclati o di ceneri volanti per il confezionamento di nuovo calcestruzzo).

Il livello edilizio, ossia la scala meso, è invece raramente considerato (Pomponi e Moncaster, 2017). Eppure questa scala può costituire la dimensione di controllo della progettazione e gestione dei flussi materici, correlati all'ambiente costruito.

Inoltre studiare la circolarità alla scala dell'edificio consente di ragionare non solo sui materiali ma anche sugli oggetti della costruzione (elementi e componenti edilizi) in cui i materiali confluiscono. Questo permette di spostare l'attenzione dal materiale in sé al componente edilizio, che è il prodotto che confluisce nell'edificio e che ha un valore aggiuntivo rispetto al materiale, poiché è stato oggetto di lavorazioni che rendono il materiale adatto funzionalmente e prestazionalmente all'uso nella costruzione.

Assumere come oggetto di studio il materiale porta più facilmente a prendere in considerazione il riciclo come scenario di fine vita, poiché "l'estensione d'uso" viene applicata alla risorsa, dunque al materiale, e il beneficio risiede nel non prelevare materie prime vergini e nel non conferire in discarica il materiale dopo l'uso.

Diversamente, l'assunzione del componente edilizio come oggetto di studio porta più facilmente a prendere in considerazione scenari di fine vita più virtuosi, come il *remanufacturing* e il riuso, e solo in ultima istanza, se proprio tali scenari non sono applicabili, l'opzione del riciclo.

Gli obiettivi di circolarità dovrebbero, nel caso degli edifici, spostarsi dal materiale al componente e dal riciclo al *remanufacturing* o al riuso, in modo da conservare il valore aggiunto del componente rispetto al semplice materiale.

La difficoltà per il settore edilizio di prolungare il mantenimento del valore economico è la ragione principale che ostacola l'attuazione di strategie di circolarità più efficaci. La possibilità di identificare un valore economico residuo nei prodotti da costruzione è generalmente scarsa, sia per lo scarso valore dei materiali da costruzione, sia per lo stato di degrado degli elementi a fine vita dell'edificio (essendo generalmente molto lunga la vita degli edifici). Il riutilizzo e il *remanufacturing* sono raramente praticati nel settore edilizio e sono più diffusi nei settori industriali, dove i prodotti a fine vita presentano ancora buone prestazioni residue e un elevato valore economico, e i cicli di vita utile (di utilizzo) sono brevi. Nel settore delle costruzioni, queste pratiche sono ostacolate dal basso valore economico dei prodotti e dai lunghi tempi di utilizzo (tipicamente decenni), che scoraggiano gli operatori dall'assumersi la gestione della vita utile dei prodotti e della fine della vita o rendono poco plausibile la possibilità di interfacciarsi con un operatore/fornitore attivo sul mercato stabilmente per tempi così lunghi.

A questo si aggiunge la rara applicazione di pratiche di smontaggio, che permetterebbero il potenziale riutilizzo dei prodotti (ancora integri), poiché risultano molto costose essendo manuali; ne consegue la diffusa pratica della demolizione, più economica. Inoltre, quello dello smontaggio è uno scenario difficilmente applicabile ad edifici che non siano stati progettati e costruiti per essere smontati (e, quindi, non caratterizzati da soluzioni costruttive reversibili), come gli edifici che costituiscono il patrimonio esistente.

Le caratteristiche del patrimonio costruito esistente richiedono inevitabilmente attività di demolizione a fine vita dell'edificio, restituendo materiali per lo più inerti, di scarso valore e difficilmente riciclabili, determinando come unico scenario la pratica del *downcycling*. Gli studi si concentrano quindi sulla necessità di risolvere il problema di come gestire tali flussi di macerie, trovando delle alternative di valorizzazione delle risorse materiche.

Nel patrimonio costruito esistente l'identificazione dei componenti costituenti e la loro riconoscibilità e separabilità a fine vita è molto limitata. Questo è il motivo per cui fino ad oggi la demolizione è l'attività a fine vita dell'edificio più praticata, e una volta attuata la demolizione, il riciclo delle macerie è l'unico possibile scenario di fine vita dei materiali che possa essere preso in considerazione.

Ma la possibilità di cambiare il nostro modo di realizzare edifici, concepiti progettualmente e costruiti come assemblaggio di componenti e stratigrafia di parti d'opera (*building in layer*), potenzialmente separabili e disassemblabili (*design for disassembling*) nei processi di manutenzione e

riqualificazione e a fine vita (Cheshire, 2016), aprirebbe la possibilità di ottenere componenti edilizi ancora integri e quindi potenzialmente riusabili oppure rilavorabili, se necessitano di aggiustamenti o modifiche per essere rifunzionalizzati.

Questo approccio è maggiormente in linea con l'obiettivo primario dell'economia circolare, e con gli originali principi ispiratori, di conservazione delle risorse e del valore, tramite l'allungamento della vita del prodotto. Tale principio si basa non semplicemente sull'estensione dell'uso dei materiali su più vite (attraverso il riciclo), ma possibilmente sull'estensione dell'uso (attraverso cicli molteplici di utilizzo) dei prodotti e dei sistemi costruttivi così come sono (riuso) o con pochi adattamenti (rilavorazione), mantenendo il loro valore nel tempo.

Tale prospettiva è oggi più facilmente applicabile negli edifici per il terziario, dove i componenti hanno un elevato valore residuo, sia per la maggiore qualità tipicamente applicata in tale ambito per motivi di immagine sia per il ridotto tempo di uso tipico di tale settore, rendendo la probabilità di riuso e *remanufacturing* più alta. Ciò non toglie che le tematiche fin qui trattate nell'ambito del terziario hanno delle possibilità di estensione anche ad altre destinazioni funzionali.

Anche gli edifici residenziali possono essere considerati un ambito in cui avvengono modificazioni durante il ciclo di vita, come manutenzioni e sostituzioni per motivi di degrado o di obsolescenza tecnologica/funzionale di singole parti d'opera (pensiamo ai serramenti), e che può richiedere trasformazioni (modifiche nella conformazione dello spazio interno all'alloggio, cambiamenti nel taglio degli alloggi). Addirittura i fenomeni di obsolescenza funzionale dell'intero edificio possono determinare la necessità di cambiamenti nella destinazione d'uso, con la necessità di convertire un edificio residenziale in edificio per uffici o viceversa un edificio per uffici in edificio residenziale.

I temi della adattabilità, flessibilità degli spazi e reversibilità costruttiva sono infatti particolare oggetto di interesse per i grandi investitori e sviluppatori immobiliari (es. Coima, che in recenti interventi sul territorio milanese ha volutamente applicato tali principi). Certamente questo approccio ha un costo di progettazione e costruzione più elevato, ma nella realtà tale costo è ampiamente ripagato dalla diminuzione del rischio che si ha sull'immobile (rispetto agli scenari di uso), mantenendolo più appetibile e resiliente (capace di trasformarsi nel tempo) rispetto al mercato.

Il progetto di architettura deve dunque considerare la necessità di confrontarsi con i cambiamenti, adottando principi progettuali di adattabilità, flessibilità e trasformabilità dello spazio, abbinati a principi progettuali di reversibilità costruttiva, modularità e stratificazione/separabilità dei va-

ri strati (*layer*), nella prospettiva degli *Open Building* (edifici a elevata neutralità funzionale, grazie alla separazione tra spazi serviti e spazi serventi) e dei *Reversible Buildings* (Durmisevic, 2018).

In linea con questi concetti, il progetto europeo Horizon 2020 BAMB “Building as Material Bank” (Peters *et al.*, 2017) esplora le modalità di applicazione dell’economia circolare agli edifici e suggerisce che gli edifici possono essere visti come “banche” di prodotti e materiali e che per attivare forme di circolarità occorre puntare su edifici adattabili e reversibili. I report di questa ricerca indagano la frequenza con cui le diverse categorie di prodotti diventano disponibili per un potenziale riutilizzo, basandosi sul sistema costruttivo delle sei S di Stewart Brand (1995) in relazione ai diversi tipi di intervento. In particolare, la teoria di Brand individua le seguenti “durate di vita”: Sito (area): eterno; Struttura (elementi portanti): da 30 a 300 anni; Skin/Involucro (chiusure verticali e orizzontali): 20 anni; Servizi (sistemi HVAC e impianti come ascensori): da 7 a 15 anni; Spazio interno (partizioni interne): 3 anni; Stuff/Arredi (mobili, elettrodomestici, oggetti): da giornaliera a mensile. L’attenzione dovrebbe essere concentrata sui sistemi a breve termine, come il *fit-out* interno.

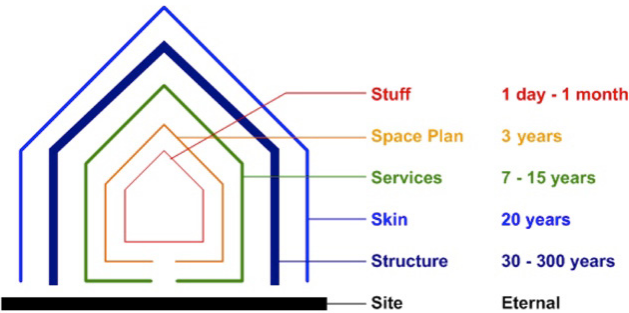


Figure 2. Stewart Brand’s 6 S’s from “How Buildings Learn”

Fig. 1 - Raffigurazione delle 6S dell’edificio (fonte: Brand, 1995) e delle frequenze di modifica (Peters *et al.*, 2017)

Gli edifici sono sistemi complessi, apparentemente stabili ma in continuo mutamento nel loro uso e costituiti da elementi con durate e funzioni differenti. L’applicazione di metodi e strumenti che consentano di misurare la sostenibilità delle scelte progettuali e gestionali, considerando gli impatti nelle diverse fasi del ciclo di vita in relazione alla variabile temporale, rappresenta un’ulteriore sfida e campo di indagine (Campioli *et al.*, 2018).

Pensare all'edificio come banca dei materiali (o meglio dei componenti) apre a nuove strategie e modelli di business per allungare la vita utile dei prodotti da costruzione, preservandone il valore nel tempo. Per consentire questi cambiamenti, l'approccio progettuale deve considerare più di un ciclo di vita dei prodotti/elementi, verso il riutilizzo, il *remanufacturing* e la rifunzionalizzazione.

Una buona pratica è rappresentata dagli inventari dei materiali e dei prodotti presenti negli edifici, il cui valore economico è aggiornato in tempo reale, seguendo le variazioni del mercato.

Una delle iniziative più virtuose di tale tipo, in via di sviluppo, è la piattaforma Madaster ideata da Turntoo, il cui scopo è quello di dare un'identità a tutti i materiali, poiché «i rifiuti sono materie prime senza identità» (Rau e Oberhuber, 2019). Essa contribuisce a diffondere la consapevolezza del valore dei prodotti da costruzione nel tempo e dei benefici (anche economici) che derivano dalla loro gestione al primo fine utilizzo verso il riutilizzo. Il valore economico residuo dei materiali e dei prodotti stoccati nell'edificio a fine vita utile, fornisce a investitori e proprietari una conoscenza del costo di demolizione, del costo del trasporto e del valore residuo della materia prima, utile a prevedere la spesa o il guadagno che investitori e proprietari devono o possono affrontare, attraverso la demolizione, il riciclo o il riuso (vendita in mercati alternativi) dei materiali e prodotti (Giorgi, 2024).

Per quanto molteplici siano gli strumenti di supporto, anche digitale (Lavagna *et al.*, 2023), all'affermazione di pratiche di circolarità, numerose sono le barriere, nel contesto sia nazionale sia internazionale, che devono ancora essere superate (Giorgi *et al.*, 2022).

In particolare i percorsi orientati al riuso richiedono il superamento di vari ostacoli di tipo normativo, economico, tecnico, culturale.

Innanzitutto le lacune normative impediscono l'implementazione di processi di riutilizzo in campo architettonico, disincentivando ulteriormente una catena del valore già priva di forze trainanti (Condotta, Zatta, 2021). In particolare il riuso determina delle criticità rispetto alla certificazione dei prodotti e alle relative garanzie e responsabilità della qualità e delle prestazioni dei componenti di seconda vita, che dal produttore rischiano di ricadere sul progettista e costruttore.

Inoltre i prodotti da riuso e da *remanufacturing* rischiano di avere un costo superiore ai prodotti sul mercato, poiché richiedono una logistica inversa, stoccaggio e ri-commercializzazione frammentata e lavorazioni di quantità limitate, da valutare volta per volta, che non possono essere di tipo industriale e quindi ricadono nell'ambito delle lavorazioni artigianali, innalzando il costo del prodotto finale, benché proveniente dal riuso.

Proprio il tema delle rilavorazioni pone in evidenza la questione delle barriere tecniche. La varietà dei modi di utilizzo durante la fase di uso può avere un impatto significativo sulle condizioni dei prodotti restituiti, comportando un'elevata variabilità nella qualità residua dei componenti e nelle esigenze di rilavorazione, con la necessità dunque di gestire azioni di volta in volta molto differenti, ma che richiedono l'uso di macchinari e attrezzature specializzate (e competenze specializzate). Inoltre sono ancora poco diffuse soluzioni costruttive realmente reversibili, per quanto assemblate a secco. Per esempio le attuali soluzioni per controsoffitti e pareti in cartongesso non consentono una efficace smontabilità delle parti, per cui sono ancora in fase di studio e sperimentazione soluzioni realmente disassemblabili capaci di mantenere integri i vari componenti.

Una ulteriore importante barriera è costituita dall'aspetto culturale. La percezione degli utenti finali, dei committenti e degli stessi progettisti/costruttori di minore qualità o di diffidenza per un prodotto proveniente dal riuso rispetto a un prodotto nuovo, porta a una scarsa domanda di mercato e dunque a rallentare la diffusione di pratiche di circolarità.

Infine, l'elevata personalizzazione legata al *branding* richiesta dagli operatori del terziario rende difficile il riuso, sia per la volontà delle aziende di mantenere l'esclusività dell'immagine, sia per la difficoltà di riadattare componenti molto personalizzati. Il riuso è più facilmente associabile a prodotti standardizzati, nelle dimensioni e nell'immagine.

Occorre però considerare il sempre più diffuso interesse da parte delle aziende, anche per questioni legate alla stessa immagine, nei confronti dei temi della sostenibilità e della circolarità, promossi anche nelle politiche di sostenibilità ambientale, sociale e della governance (ESG) in ambito aziendale. Di conseguenza molte di queste barriere sono oggetto di studio per trovare soluzioni.

L'identificazione di barriere può costituire anche l'opportunità di delineare nuove attività per superarle (nuove professionalità, nuovi prodotti, nuovi modelli, nuovi strumenti). Per superare tali ostacoli occorre cambiare prospettiva, tenendo conto delle occasioni che potrebbero aprirsi, per costruire un nuovo scenario più sostenibile, mettendo in atto la celebre frase di Winston Churchill "non sempre cambiare equivale a migliorare, ma per migliorare bisogna cambiare".

Bibliografia

Altamura P. (2015), *Costruire a zero rifiuti. Strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia*, FrancoAngeli, Milano.

- Bauman Z. (2008), *Consumo, dunque sono* (tit. or. *Consuming Life*, Polity Press, Cambridge, 2007), Edizioni Laterza, Bari.
- Bocken N.M.P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B. (2016), “Product Design and Business Model Strategies for a Circular Economy”. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5).
- Brand S. (1995), *How Buildings Learn: What Happens after they're Built*, Penguin, New York.
- Campioli A., Ganassali S., Dalla Valle A., Giorgi S. (2018), “Progettare il ciclo di vita della materia: nuove tendenze in prospettiva ambientale”, *TECHNE. Journal of Technology for Architecture and Environment*, 16, 86-95.
- Cheshire D. (2016), *Building Revolutions. Applying the Circular Economy to the Built Environment*, RIBA Publishing, New Castel.
- Condotta M., Zatta E. (2021), “Reuse of Building Elements in the Architectural Practice and the European Regulatory Context: Inconsistencies and Possible Improvements”, *Journal of Cleaner Production*, 318.
- Dalla Valle A., Atta N., Giorgi S., Macrì L., Ratti S., Viscuso S. (2022), *Re-Manufacturing Evolution Within Industrial Sectors and Transferable Criteria for the Construction Sector*, in Talamo C.M.L. (editor), *Re-Manufacturing Networks for Tertiary Architectures. Innovative Organizational Models Towards Circularity*, FrancoAngeli, Milano.
- Durmisevic E. (2018), *Reversible Building Design*, in Martin Charter (ed.), *Designing for Circular Economy*, Routledge, London.
- Ellen MacArthur Foundation (2013), *Towards the Circular Economy. Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*, testo disponibile al sito: www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf.
- Galbraith J.K. (1972), *La società opulenta* (tit. or. *The Affluence Society*, 1958), Boringhieri, Torino.
- Galimberti U. (2014), *L'usura della terra*, Edizioni Albo Versorio, Milano.
- Giorgi S., Lavagna M., Campioli A. (2018), *Guidelines for Effective and Sustainable Recycling of Construction and Demolition Waste*, in Benedetto E. et al. (Eds.), *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies – From Science to Innovation*, Springer Nature, Cham, pp. 211-221.
- Giorgi S., Lavagna M., Wang K., Osmani M., Gang L., Campioli A. (2022), “Drivers and Barriers Towards Circular Economy in the Building Sector: Stakeholder Interviews and Analysis of Five European Countries Policies and Practices”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 336, 130395.
- Giorgi S. (2024), *Progettare la circolarità. Strategie e strumenti per l'economia circolare nel settore edilizio*, FrancoAngeli, Milano.
- Latouche S. (2015), *Usa e getta. Le follie dell'obsolescenza programmata* (tit. or. *Bon pour la casse. Les déraisons de l'obsolescence programmée*), Bollati Boringhieri, Torino.
- Lavagna M. (2020), *Circular Approach in Green Planning Towards Sustainable Cities*, in Dall'O' G. (ed.), *Green Planning for Cities and Communities*, Springer Nature, Cham, pp. 95-117.

- Lavagna M., Giorgi S., Pimponi D., Porcari A. (2023), “Tecnologie abilitanti per l’economia circolare nel settore edilizio”. *TECHNE. Journal of Technology for Architecture and Environment*, 25, 214-224.
- Molinari C. (1989), *Manutenzione in edilizia. Nozioni, problemi, prospettive*, FrancoAngeli, Milano.
- Molinari C. (2002), *Procedimenti e metodi della manutenzione edilizia*, Esselibri, Napoli.
- Peters M., Ribeiro A., Oseyran J., Wang K. (2017), *Buildings as Material Banks and the Need for Innovative Business Models*, Report BAMB, testo disponibile al sito: www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2017/11/BAMB_Business-Models_20171114_extract.pdf.
- Pomponi F., Moncaster A. (2017), “Circular Economy for the Built Environment: a Research Framework”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 143, pp. 710-718.
- Rau T., Oberhuber S. (2019), *Material matters. L'importanza della materia*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Sirilli G. (2008), *Innovazione tecnologica*, voce da: *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, Enciclopedia della Scienza e della Tecnica, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma, Volume V, pp. 311-322.
- Stahel W.R. (2010), *The performance economy*, Palgrave Macmillan, Londra.
- Talamo C.M.L., Lavagna M., Monticelli C., Zanelli A., Campioli A. (2021), “Remanufacturing: strategie per valorizzare l'estensione della vita dei prodotti edilizi a breve ciclo d'uso”, *TECHNE. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 22, pp. 71-79.
- Talamo C.M.L. (ed) (2022), *Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures. Innovative Organizational Models Towards Circularity*, FrancoAngeli, Milano.

Gli Autori

Marika Arena, PhD, è professore ordinario di Accounting Finance and Control, presso il Politecnico di Milano. È Coordinatore del Corso di Studi in Ingegneria Gestionale e fa parte del Collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca in Ingegneria Gestionale. I suoi interessi di ricerca riguardano la sostenibilità e la misurazione e gestione dell'impatto. È autrice di oltre 100 pubblicazioni su riviste nazionali e internazionali, atti di convegni e capitoli di libri.

Nazly Atta, PhD, è ricercatrice presso il Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC) del Politecnico di Milano. Conduce ricerche sui temi dell'economia circolare, delle tecnologie digitali per la progettazione e la gestione dell'ambiente costruito, del *facility management* e della manutenzione degli edifici. È autrice di numerose pubblicazioni su questi temi e presenta il suo lavoro a convegni nazionali e internazionali. Nel 2019 consegue il dottorato di ricerca con lode presso il Politecnico di Milano (DABC) con una tesi sull'adozione delle tecnologie ICT (*Information and Communication Technology*) e IoT (*Internet of Things*) per l'innovazione delle pratiche di *facility management* e gestione degli edifici. Nel 2017 è *Visiting Researcher* presso il *Department of Management in the Built Environment* (MBE) della Delft University of Technology, Paesi Bassi. È membro del *LifeCycleTEAM* del Politecnico di Milano (DABC) e della *Italian Circular Economy Stakeholder Platform* (ICESP). Dal 2017 è membro della Società Italiana di Tecnologia dell'Architettura (SITdA).

Andrea Campioli, architetto, dottore di ricerca in Tecnologia dell'architettura, dal 2005 professore di tecnologia dell'architettura presso il Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC) del Politecnico di Milano dove dal 2022 è Preside della Scuola di Architettura Urbanistica Ingegneria delle costruzioni. L'attività di ricerca si concentra sugli effetti dell'innovazione tecnica e tecnologica sulla cultura del progetto in architettura con particolare attenzione ai processi innovativi orientati alla sostenibilità ambientale degli edifici e dei componenti nel loro ciclo di vita. Su questi temi, in ambito nazionale e internazionale, coordina e partecipa a progetti di ricerca, tiene seminari e conferenze ed è autore di monografie, saggi e articoli su rivista.

Anna Dalla Valle, architetto e PhD, è ricercatrice presso il Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC) del Politecnico di Milano, dove si pone l'obiettivo di colmare il divario tra teoria e pratica. È associata all'Associazione Rete Italiana LCA e alla Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura (SITdA); membro del gruppo di lavoro LCA del *Green Building Council* (GBC, Italia) e dell'*Italian Circular Economy Stakeholder Platform* (ICESP). Si occupa di sostenibilità ambientale del settore edilizio considerando l'intero ciclo di vita e oltre, in ottica di economia circolare. Ha conseguito il dottorato di ricerca con la tesi "*Environment-driven change management in AEC firms. Life Cycle Perspective in Practice*", finalizzata a integrare la valutazione del ciclo di vita all'interno del processo decisionale delle strutture di progettazione. Il suo lavoro è stato presentato a conferenze nazionali e internazionali, pubblicando diversi articoli riguardo a: studi *Life Cycle Assessment* (LCA), metodi e strumenti di valutazione della sostenibilità per l'eco-design e pratiche circolari, ottimizzazione dei processi edilizi, analisi dei flussi di risorse, informazioni e competenze.

Serena Giorgi, architetto e PhD, è assegnista di ricerca presso il Dipartimento ABC del Politecnico di Milano. La sua attività di ricerca riguarda i temi di sostenibilità ambientale ed economia circolare nel settore edilizio, con attenzione a tecnologie costruttive reversibili, strategie di riuso, metodi e strumenti *Life Cycle Assessment*, sistemi di tracciabilità delle informazioni a scala di edificio e di prodotto. Ha svolto attività di ricerca presso *Loughborough University*, *University of Southern Denmark* e *Flemish Institute for Technological Research*. È socio della Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura (SITdA) e dell'Associazione Rete Italiana LCA, per la quale coordina il GdL "LCA in edilizia". È membro attivo della Cost-Action CircularB, del gruppo IEA EBC Annex 89, della Italian Circular Economy Stakeholder Platform (ICESP), e partecipa, inoltre, ai gruppi di lavoro per la definizione dei CAM edilizia. Ha presentato i suoi lavori di ricerca a convegni nazionali e internazionali ed è autrice di numerose pubblicazioni scientifiche.

Monica Lavagna, architetto e PhD, dal 2015 è professore associato di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC) del Politecnico di Milano e membro dell'unità di ricerca LifeCycleTEAM. Fa parte del Collegio del Dottorato ABC e coordinatore del corso di dottorato di ateneo "Sustainability metrics, Life Cycle Assessment and Environmental Footprint". Presidente dell'Associazione Rete Italiana LCA e membro di gruppi di lavoro nazionali e internazionali legati alla sostenibilità e all'economia circolare (ad esempio, ISO TC59, CEN TC350, IEA Annex89, COST CirculaB, CAM-GPP, GBC Italia, ICESP). I suoi interessi di ricerca riguardano la sostenibilità, l'economia circolare e la valutazione del ciclo di vita nel settore dell'edilizia, con particolare attenzione all'innovazione tecnologica. Su questi temi è coordinatore e membro di ricerche nazionali e internazionali ed è autrice di oltre 250 pubblicazioni nazionali e internazionali (libri e capitoli di libri, articoli su riviste, atti di convegni).

Luca Macrì, è Service & UX Designer a tempo pieno presso Spark Reply e si occupa da oltre quattro anni di Design e Innovazione di sistema per la Sostenibilità, essendo stato *Research Fellow* e Manager Operativo all'interno di LeNSlab Polimi, presso il Dipartimento di Design del Politecnico di Milano. Ha seguito parte della gestione di *LeNSin*, progetto di ricerca internazionale e multi-partner finanziato dal Programma Erasmus+ dell'Unione Europea. Per il Politecnico di Milano, ha gestito operativamente *GIOTTO – L'economia circolare per la competitività dell'industria Made in Italy*, progetto di ricerca finanziato dal Ministero dell'Istruzione e dell'Università (MIUR). Per quanto riguarda la progettazione a finanziamento privato, ha gestito autonomamente l'area di design all'interno di *Re-NetTa – Remanufacturing Networks for Tertiary Architectures*, una ricerca multidisciplinare e multi-stakeholder supportata da Fondazione Cariplo. Negli ultimi anni ha contribuito costantemente in pubblicazioni riguardanti il System Design for Sustainability, e dal 2021 è docente presso il Milano Fashion Institute.

Carol Monticelli, architetto e PhD, è professore associato di Tecnologia dell'Architettura presso il Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC). Ha preso parte a numerosi progetti di ricerca su scala nazionale e internazionale, focalizzando il suo interesse nell'innovazione tecnologica dei processi e dei materiali e nella valutazione degli impatti ambientali dei sistemi e dei materiali edili nelle varie fasi del processo edilizio tramite Life Cycle Assessment. Dal 2015 svolge attività di ricerca con il gruppo Textile Architecture Network (TAN) in relazione alle attività del laboratorio interdipartimentale TEXTILES Hub, dove è responsabile della qualità del banco prova meccanico biassiale per membrane tessili in architettura e si focalizza sull'applicazione di test a materiali ultra-leggeri nel settore edile. Dal 2016 è coordinatrice del WG Sustainability & Comfort della rete europea Tensinet. È autrice di oltre 120 pubblicazioni, con menzioni e riconoscimenti, e co-inventore di un brevetto europeo.

Sara Ratti è dottoranda presso il Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano. La sua ricerca riguarda la valutazione delle strategie di sostenibilità aziendale, con particolare attenzione agli aspetti ambientali e climatici. Fa parte del gruppo di ricerca IMPACT, in cui è coinvolta in diversi progetti di ricerca e consulenza in ambiti legati alla pianificazione strategica di sostenibilità alla valutazione di impatti socio-economici. Nell'ambito del progetto di ricerca Re-NetTa si è concentrata principalmente sulle relazioni di filiera e sui modelli organizzativi per pratiche circolari come il re-manufacturing.

Cinzia Talamo, architetto e PhD, è professore ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC) del Politecnico di Milano. Dal 2019 è Membro del Senato Accademico del Politecnico di Milano ed è stata Coordinatore della Commissione Scientifica del DABC dal 2016 al 2019. Partecipa come *Principal Investigator* a ricerche su scala nazionale e internazionale riguardanti l'innovazione nel campo della gestione dell'ambiente costruito. Sviluppa la sua attività scientifica nell'ambito della disciplina della Tecnologia dell'Architettura concentrandosi sul ruolo dell'innovazione

tecnologica nella progettazione architettonica e nella gestione dell'edificio, approfondendo i seguenti temi: strategie per il miglioramento dei processi di riciclo e riutilizzo dei rifiuti; approcci intersettoriali per il riciclo, remanufacturing e riutilizzo dei rifiuti in una prospettiva di simbiosi industriale ed economia circolare; manutenzione edilizia e urbana, Facility Management; sistemi informativi per la gestione immobiliare. Su questi temi è autrice di oltre 170 pubblicazioni tra libri, saggi, atti di convegni nazionali e internazionali e articoli di riviste.

Carlo Vezzoli è professore ordinario di Design al Politecnico di Milano. Da quasi 30 anni svolge attività di ricerca e insegnamento sul design per la sostenibilità. Oggi tiene i corsi di *Design (di prodotto) per la sostenibilità ambientale* e di *System Design for Sustainability*, ed è responsabile del laboratorio di ricerca *LeN-Slab Polimi* sul *Design e l'innovazione di sistema per la sostenibilità*. Ha tenuto corsi, conferenze e *keynote speech* in tutto il mondo a congressi internazionali in Africa (Botswana, Kenya, Sudafrica e Uganda), Asia (Cina, India, Giappone e Thailandia), Americhe (Brasile, Colombia e Messico) ed Europa (Austria, Belgio, Danimarca, Estonia, Finlandia, Irlanda, Francia, Norvegia, Paesi Bassi e Regno Unito). Dal 2007 è il fondatore di LeNS – Learning Network on Sustainability – una rete mondiale multipolare di oltre 150 università di design, con l'obiettivo di diffondere il design per la sostenibilità in un'ottica *open access*. Ha scritto diversi libri in inglese, italiano, spagnolo, portoghese e cinese. È stato insignito del titolo di PhD Honoris Causa dall'Università Federale del Paraná.

Salvatore Viscuso, architetto e PhD, è ricercatore universitario in Tecnologia dell'Architettura presso il Politecnico di Milano. Nel 2016 ha conseguito il dottorato di ricerca in Tecnologie e Progetto per l'Ambiente Costruito, indagando i temi della progettazione computazionale per lo sviluppo di componenti edilizi innovativi. In qualità di BIM manager, ha collaborato con studi di architettura e general contractor per il coordinamento della modellazione di architetture complesse alle diverse scale di progetto. Attualmente lavora a programmi di ricerca per lo sviluppo di strategie di circolarità nel settore delle costruzioni. Partecipa inoltre come relatore a numerosi convegni e workshop internazionali (SITdA, IASS, Tensinet, Structural Membranes).

Alessandra Zanelli, architetto e PhD, è professore ordinario di Progettazione tecnologica e ambientale al Politecnico di Milano. Afferisce al Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC) e tiene insegnamenti alla Scuola di Architettura e alla Scuola di Design. I suoi progetti di ricerca, così come i suoi corsi si focalizzano sull'innovazione sostenibile delle strutture ultra-leggere e tessili applicabili in architettura. È Rappresentante Regionale per le università del Network europeo di ricerca TensiNet. È fondatrice e coordina il Textiles HUB, il Laboratorio interdipartimentale di ricerca sui materiali e tessili e polimerici del Politecnico di Milano, che coinvolge cinque dipartimenti dell'ateneo, allo scopo di promuovere le sperimentazioni dei tessili e dei polimeri in architettura e nel design di interni, ma anche il trasferimento tecnologico da settori più avanzati quali la nautica, l'aerospazio e l'*automotive* verso il mondo delle costruzioni.

Questo libro affronta il tema dell'economia circolare nel settore delle costruzioni, focalizzando l'attenzione sulle possibilità di diffusione delle strategie di rimanufactura, ricondizionamento, riuso e rifunzionalizzazione di prodotti e sistemi edilizi.

Il testo presenta molti dei risultati della ricerca "Re-NetTA (Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures)". Nuovi modelli organizzativi e strumenti per la rimanufactura e il riutilizzo di componenti di breve durata provenienti dal rinnovo di edifici terziari". La ricerca è stata finanziata dalla Fondazione Cariplo per il periodo 2019-2021 e sviluppata da un gruppo multidisciplinare composto da tutti gli autori presenti in questa pubblicazione.

Il focus della ricerca è posto sugli edifici terziari, considerati in relazione a varie destinazioni. Questa perimetrazione di campo nasce in virtù di una serie di considerazioni: a) gli edifici per il terziario a livello globale sono quantitativamente in crescita; b) una serie di trasformazioni nei modelli del lavoro e nel mercato immobiliare stanno spingendo fenomeni quali il ricorso all'utilizzo temporaneo degli spazi, rapidi cicli di rinnovamento e di riconfigurazione degli ambienti interni, l'aumento di beni obsoleti e inutilizzati; c) nei processi di dismissione vi è una significativa presenza di prodotti edilizi caratterizzati sia da elevati livelli di prestazioni residue, sia dall'essere assemblati e realizzati con materie prime di alto valore.

A partire da queste premesse, il testo esamina le strategie e i modelli organizzativi più promettenti per mantenere nel tempo il valore delle risorse ambientali ed economiche integrate nei manufatti a destinazione ter-

ziaria, una volta rimossi dagli edifici, assumendo alcuni principi:

- l'integrazione delle "re-azioni", le 4R (rimanufactura, ricondizionamento, riuso e rifunzionalizzazione) come strategia di uso rigenerativo;
- l'edificio come "banca dei componenti";
- l'"obsolescenza programmata";
- nuovi mercati e modelli di business per i prodotti usati;
- dal prodotto al servizio e approcci "pay per use";
- dalla proprietà all'utilizzo;
- l'allungamento del ciclo di vita dei prodotti.

Il libro è articolato in tre parti:

- Nella prima, "Scenari", vengono introdotte alcune questioni relative all'economia circolare e alle specificità legate al settore delle costruzioni e all'edilizia per il terziario anche alla luce di innovativi approcci alla progettazione (Life Cycle Design) e ai Sistemi Prodotto-Servizio Sostenibili;

- Nella seconda, "Teorie e pratiche", vengono riportati alcuni dei più interessanti esiti emersi dalla ricerca Re-NetTA e proposti i modelli organizzativi per le pratiche di riuso e rimanufactura ritenuti come i più promettenti anche alla luce di una serie di indagini per interlocutori privilegiati.

- Nella terza, "Sperimentazioni", vengono presentati due progetti pilota: il primo riguarda l'applicazione di principi di Design for remanufacturing a prodotti edilizi per spazi espositivi; il secondo è relativo al coinvolgimento del terzo settore nella sperimentazione di modalità organizzative innovative per lo sviluppo di nuovi mercati nei quali offrire prodotti rimanufacturati attraverso l'attivazione di reti di artigiani.



FrancoAngeli
La passione per le conoscenze