

RIUSO ADATTIVO COME STRUMENTO DI ATTIVAZIONE DELL'ECONOMIA CIRCOLARE



**LINEE GUIDA PER IL
RIUSO ADATTIVO CIRCOLARE**

POLITECNICO DI TORINO



Dipartimento di Architettura e Design

Tesi di Laurea Magistrale
In Architettura per il Progetto Sostenibile

*Riuso adattivo come strumento di attivazione
dell'economia circolare.*

Linee guida per il riuso adattivo circolare.

Relatore:

Prof. ssa Elena Piera Montacchini

Correlatore:

Arch. Silvia Tedesco

Candidato:

Anna Gavrilova

A.A. 2021/2022

Ringraziamenti

Un ringraziamento speciale va alla Prof.ssa Elena Piera Montacchini e all'Arch. Silvia Tedesco che hanno suscitato in me un enorme interesse verso l'argomento che ho deciso di approfondire nella presente tesi e che mi hanno guidato nella stesura di essa, dandomi i consigli preziosi e ulteriormente stimolanti.

Dico un grazie infinito alla mia famiglia, mia mamma Oksana, mia sorella Anastasia e mia nonna Galina, che mi trasmettono amore, sostegno e sicurezza ogni giorno e rappresentano per me un grande esempio da seguire.

Voglio tanto ringraziare le persone importantissime per me e a cui voglio molto bene, con il sostegno e amore delle quali ho attraversato questo bellissimo percorso: Liza, Margherita, Vlada, Annalisa, Noemi, Eugenia, Valeria, Arianna, Marta.

Ringrazio una persona a cui voglio tanto bene, Paolo, la fonte di infinita ispirazione e di supporto per me.

Anya

INDICE

ABSTRACT

INTRODUZIONE.....	1
-------------------	---

CAPITOLO 1. RIUSO ADATTIVO ED ECONOMIA CIRCOLARE

1.1 Perché riutilizzare gli spazi esistenti?.....	4
1.2 Che cos'è l' <i>economia circolare</i> e quali sono i suoi principi.....	5
1.3 Che cos'è il <i>riuso adattivo</i> ?.....	7
1.3.1 Le cause del sottoutilizzo e dell'abbandono degli edifici.....	7
1.4 Vantaggi e benefici del riuso adattivo.....	8
1.4.1 Vantaggi ambientali.....	9
1.4.2 Vantaggi sociali.....	10
1.4.3 Vantaggi economici.....	11
1.4.4 Vantaggi tecnologici.....	12
1.5 Svantaggi e ostacoli legati al riuso adattivo.....	12
1.6 Che relazione c'è tra il riuso adattivo e l' <i>economia circolare</i> ?.....	14
1.7 Città circolare vs città lineare.....	16
1.7.1 Il modello di Metabolismo Circolare.....	17
1.8 Riuso funzionale lineare vs riuso adattivo nella prospettiva di <i>economia circolare</i>	18

CAPITOLO 2. STRUMENTI DI VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ E DELLA CIRCOLARITÀ DEI PROGETTI

2.1 Sostenibilità e circolarità: strategie, sviluppo, valutazione.....	21
2.2 Nuovo piano d'azione per l' <i>Economia Circolare</i> europeo.....	22

2.2.1 Level(s), strumento di valutazione della sostenibilità e circolarità.....	23
2.3 Criteri Ambientali Minimi (CAM) in ambito edilizio.....	25
2.4 Life Cycle Assessment (LCA).....	27
2.5 Protocolli LEED, BREEAM, ITACA e GBC Italia.....	28
2.6 Integrazione con il Building Information Modeling (BIM).....	31

CAPITOLO 3. MODELLI E STRATEGIE DI RIFERIMENTO PER IL RIUSO ADATTIVO NELL'AMBITO DI CIRCULAR DESIGN

3.1 Idoneità degli edifici all'intervento di riuso adattivo e valutazione di fattibilità.....	34
3.1.1 Modello del Adaptive Reuse Potential (ARP).....	35
3.1.2 Modello AdaptSTAR.....	38
3.2 Fasi progettuali di riuso adattivo.....	41
3.3 Strategie di riferimento per il riuso adattivo.....	46
3.3.1 Design for Adaptability (DfA).....	49
3.3.2 Design for Manufacture and Assembly (DfMA).....	52
3.3.2.1 Standardizzazione e Modularità.....	52
3.3.3 Design for Disassembly (DfD).....	54
3.3.4 Flessibilità, come criterio fondamentale del Riuso Adattivo.....	58

CAPITOLO 4. CASI STUDIO DI RIUSO ADATTIVO

4.1 Modalità di selezione dei casi studio e struttura delle schede di analisi.....	62
4.2 Casi studio internazionali.....	67
4.2.1 Gare Maritme Workspace.....	68
4.2.2 Dr. Atl 285 Apartment Building.....	71

4.2.3 The Green Building.....	74
4.2.4 Baoshan WTE Exhibition Center.....	78
4.2.5 Rooftop Prim.....	80
4.2.6 Monastery of San Juan Cover.....	81
4.2.7 Roof over the Walls of the Old Baños Church.....	82
4.2.8 Fabers Fabrikker.....	85
4.3 Casi studio in Italia.....	88
4.3.1 OGR.....	89
4.3.2 Tecnopolo per la ricerca Shed 19.....	92
4.3.3 Corte Bertesina.....	95
4.3.4 Cascina Roccafranca.....	98
4.3.5 Ca' Inua.....	101

CAPITOLO 5. LINEE GUIDA PER IL RIUSO ADATTIVO CIRCOLARE

5.1 Metodologia e struttura delle schede.....	105
5.2 Soluzioni materiche.....	107
5.3 Soluzioni tecnologiche.....	118
5.4 Soluzioni distributive.....	126
5.5 Soluzioni per l'efficienza energetica.....	129
5.6 Soluzioni per l'integrazione del verde nel progetto.....	136
CONCLUSIONE.....	140
BIBLIOGRAFIA.....	142

Abstract

Negli ultimi decenni sempre più attenzione si presta ai modi di vivere sostenibili, dove si attribuisce una grande importanza alla preservazione di ciò che è ancora intatto, alla tutela di ciò che esiste già e l'attenzione per ciò che sta ancora per arrivare.

L'obiettivo principale della presente tesi è quello di dimostrare l'importanza della pratica del riuso adattivo come strumento dell'economia circolare in favore del modo di vivere sostenibile. Infatti, il riuso adattivo tende a ridurre significativamente l'impatto ambientale, riutilizzando gli spazi esistenti, ovvero diminuendo il consumo delle risorse primarie e quello del suolo. Inoltre, questa pratica dà una grande possibilità di preservazione degli edifici del patrimonio architettonico, tenendo conto della cultura ma nello stesso tempo facendo la transizione verso l'innovazione. Questo scopo può essere raggiunto attraverso un'analisi e una ricerca approfondita dei casi studio di riuso adattivo già realizzati in tutto il mondo, andando in seguito ad approfondire i progetti in Italia. La ricerca mira ad individuare i progetti eseguiti e attraverso essi restituire una panoramica di soluzioni che faranno da linee guida per gli interventi futuri di riuso adattivo circolare.

Introduzione

Circa la metà di tutte le risorse non rinnovabili che l'umanità consuma sono impiegate nel settore delle costruzioni, rendendolo una delle industrie meno sostenibili del mondo. La crescita demografica e la strada verso l'innovazione diventano così la causa dell'impatto sull'ambiente, ma anche uno stimolo verso il vivere più sostenibile. Proprio per questo motivo vi è una grande necessità di trasformazione, soprattutto nell'ambito di produzione e consumo, in quanto il nostro pianeta non può sostenere l'attuale livello di consumo di risorse associato ad essi. La soluzione di cui si parla molto nell'ultimo decennio è quella di abbandonare il tradizionale modello economico lineare ed andare verso i principi innovativi dell'Economia Circolare.

La presente tesi, dunque, si focalizza proprio sulle strategie e le relative soluzioni progettuali ad implementazione dell'economia circolare attraverso il Riuso Adattivo. L'obiettivo del presente elaborato è quello di indagare, individuare e trasmettere i benefici e gli eventuali ostacoli legati al riuso adattivo e, di seguito, definire le strategie di intervento necessarie al superamento degli stessi tramite l'individuazione dei casi studio internazionali ed italiani.

Il primo capitolo è dedicato alla definizione dei concetti che stanno alla base dell'intero elaborato, ovvero quelli di riuso adattivo e di economia circolare. Prima di tutto viene fornito un chiarimento sull'importanza del riuso adattivo e la conseguente specificazione dei vantaggi e degli eventuali svantaggi legati ad esso. Si parla sempre di un rapporto tra il riuso adattivo e l'economia a "ciclo chiuso", in quanto i principi su cui si basano sono complementari. Sarà possibile trasformare la città attuale in un "ecosistema naturale", dove lo spreco non esiste, con il riuso?

Il secondo capitolo raccoglie le informazioni legate alle pratiche di regolazione degli interventi di riuso adattivo, le strategie di valutazione della sostenibilità e della circolarità degli edifici riutilizzati e i criteri da seguire per favorire l'applicazione dei principi sostenibili. Nello specifico, si parla delle iniziative dell'Unione Europea, che tendono ad incentivare il riuso adattivo sostenibile attraverso vari strumenti, come protocolli di sostenibilità, e

limitazioni, le quali si traducono in Italia in criteri minimi ambientali (CAM) da perseguire per rendere le pratiche più sostenibili.

Il terzo capitolo si propone di affrontare la questione relativa alla fattibilità di tale tipo intervento progettuale per un dato edificio: sarà destinato al riuso o alla demolizione? La questione viene approfondita tramite i modelli di valutazione del potenziale di riuso adattivo (ARP) degli edifici in questione e, una volta assicurata la fattibilità del progetto, vengono definite le fasi d'azione e i protagonisti del progetto. Una volta confermata la fattibilità o non del progetto di riuso, vengono analizzate in modo dettagliato i principi dell'economia circolare nell'ambito delle costruzioni, che vengono perseguiti nel riuso degli edifici esistenti.

Successivamente, nel quarto capitolo vengono identificati i casi studio recenti di riuso adattivo realizzati nel mondo e in Italia nello specifico, in cui sono adottate le strategie del design circolare, con la relativa descrizione dei casi e degli obiettivi di ciascun progetto e come sono stati realizzati. È fondamentale capire come intervenire sugli edifici esistenti tramite il riuso adattivo promuovendo sempre le soluzioni per la flessibilità, l'adattabilità e la reversibilità, in modo tale da garantire un futuro riuso, decostruzione o il disassemblaggio di essi.

Per lo più, i casi studio definiscono una base di riferimento per il quinto capitolo, il quale raccoglie le soluzioni progettuali relative alle strategie circolari e a cui si aggiungono altre, capaci ad implementare queste ultime. Questo capitolo si evolve attraverso la stesura di una linea guida, una raccolta delle buone pratiche, che favorisce l'adozione di tali soluzioni nei progetti a venire. Una suddivisione per categorie di materiali, strati dell'edificio e le strategie aggiuntive facilita la lettura e lo studio di tali soluzioni.

Come si fa a rivitalizzare l'edificio secondo i principi innovativi preservando il carattere storico dell'edificio esistente?

CAPITOLO 1

***RIUSO ADATTIVO ED
ECONOMIA CIRCOLARE***

1.1 Perché riutilizzare gli spazi esistenti?

Come sostiene Ernesto Antonini nel libro “Progettare con l’esistente. Riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare”¹ nel mondo delle costruzioni che tende alla circolarità dei processi, ci sono due prospettive che riflettono i principi della circolarità, ma che sono drasticamente differenti tra loro. La prima prospettiva è indirizzata verso la biodegradabilità, accettando la limitazione della durabilità dell’edificio e anche alcune delle sue prestazioni. In questo caso si ottiene la possibilità di percepire i vantaggi ambientali dei cicli biologici. Infatti, si dà la priorità all’uso dei materiali reperibili localmente, che necessitano poca elaborazione rispetto allo stato di prelievo dall’ambiente e vi è un minore numero di processi di trasformazione e, conseguentemente, minore impiego dei fabbisogni energetici, trasportuali e una riduzione delle emissioni derivate. Questo metodo di progettazione prevede una riduzione della quantità di energia incorporata e dei costi iniziali, che però si distribuiscono lungo tutto il ciclo di utilizzo della costruzione. Così facendo, si generano flussi di residui che sono facilmente reincorporabili nell’ecosistema attraverso i processi di metabolismo biologico.

La seconda strada da seguire si muove contrariamente verso la durabilità del manufatto quanto più possibile estesa, impiegando i costituenti durevoli e con elevate caratteristiche prestazionali, per lo più di natura non biologica e quindi riciclabili tramite i processi tecnici. Seguendo questa opzione è previsto un aumento dell’impiego delle risorse incorporate, dove diminuisce la generazione di residui lungo il ciclo di vita dell’edificio e cresce, a sua volta, la possibilità di riciclaggio di contenute quantità di materiali per essere poi sostituite per mantenere stabile l’intero edificio.

La maggior parte dei paesi, economicamente più sviluppati, tra cui anche l’Italia non è ascrivibile interamente a nessuno delle due modelli d’azione. Il ricorso a materiali biodegradabili è molto limitato ed è anche molto limitata la possibilità di riemissione di essi in cicli biologici a fine vita della costruzione, in

¹ Antonini A., (2017). Una circolarità da costruire, in *Progettare con l’esistente. Riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare*, Milano, Franco Angeli s.r.l.

quanto si ricorre spesso all'aggiunta degli additivi e ai trattamenti di origine non biologica.

“La grande maggioranza del parco è invece costituita da edifici che ricorrono ampiamente a materiali di origine non biologica, che tuttavia sfruttano solo in parte le prestazioni di durabilità che sono loro proprie e manifestano processi anticipati di obsolescenza, che richiedono massicci interventi di sostituzione, con la generazione di importanti flussi di residui riciclabili con difficoltà.”²

Considerando il quanto riportato in precedenza, è fondamentale sviluppare i processi efficienti e con grande attenzione verso la sostenibilità ambientale di riutilizzo delle costruzioni esistenti, attribuendole così una vita nuova, ma anche di demolizione e di riutilizzo dei residui nei nuovi processi, nel caso in cui il primo metodo non fosse realizzabile.

1.2 Che cos'è l'economia circolare e quali sono i suoi principi

Una delle definizioni dell'economia circolare è stata proposta da Ellen MacArthur Foundation, descrivendola come

“A systems solution framework that tackles global challenges like climate change, biodiversity loss, waste, and pollution. It is based on three principles, driven by design: eliminate waste and pollution, circulate products and materials (at their highest value), and regenerate nature.”³

Infatti, l'economia di tipo circolare tende a ripristinare il capitale di qualunque natura esso sia, finanziario, manifatturiero, umano, sociale o naturale. Questo obiettivo è realizzabile attraverso la trasformazione del modello produttivo esistente, ovvero quello lineare, basato su “produzione, consumo e la produzione di rifiuto ed emissioni” in quello “a ciclo chiuso”, secondo il quale ogni scarto viene considerato come una risorsa che viene reimpiegata nei nuovi cicli di produzione, evitando così ogni forma di spreco. Il modello circolare dell'economia permette una riduzione significativa dell'estrazione di materie

² Antonini A., (2017). Una circolarità da costruire, in *Progettare con l'esistente. Riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare*, Milano, Franco Angeli s.r.l., 17-20.

³ Ellen MacArthur Foundation,
<https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>

prime e delle emissioni di gas che alterano il clima, favorendo un rallentamento del consumo e permettendo, di conseguenza, la rigenerazione delle risorse naturali.

La Fondazione Ellen Mc Arthur⁴ identifica nel modello dell'economia circolare nell'ambito delle costruzioni i cinque criteri principali, tra cui

1. Eco progettazione

Si tratta della progettazione dei prodotti durante la quale si pensa al suo destino a fine vita. Il prodotto quindi deve avere le caratteristiche tali che dopo un primo utilizzo possa essere smontato o reimpiegato per qualcos'altro per continuare a servire come una risorsa. È anche importante evitare il riciclo a bassa qualità che possa compromettere le caratteristiche funzionali e qualitative rispetto alle materie prime.

2. Modularità e versatilità

La progettazione dei prodotti/delle costruzioni modulari e versatili acquisisce una priorità in quanto favorisce lo smontaggio, il riutilizzo e l'adattabilità più efficace ai cambiamenti esterni.

3. Energie rinnovabili

L'affidamento all'uso dell'energia prodotta da fonti rinnovabili favorisce il distacco oppure l'abbandono completo dell'uso di energia prodotta dalle fonti fossili.

4. Approccio ecosistemico

La progettazione olistica dell'intero sistema che tiene conto di ogni componente della costruzione e di come essi si relazionano tra loro.

⁴ <https://economiecircolare.com/cose-economia-circolare/>

5. Recupero dei materiali

Dare priorità all'utilizzo delle materie prime seconde al posto delle materie prime vergini in modo tale da dare vita agli oggetti esistenti e di evitare i rifiuti dove la qualità di essi lo consente.

Come afferma Luigi Fusco Girard,

“It is necessary to accelerate the transition towards circular economy model, as a nature-based economy.”⁵

1.3 Che cos'è il riuso adattivo?

“Il territorio e la città con il proprio patrimonio costruito si offre oggi quale miniera urbana, insieme di risorse da ri-mettere a sistema.”⁶

Il riuso adattivo è un processo di riutilizzo di un edificio esistente, il quale si trova nello stato di sottoutilizzo o di abbandono, per una destinazione d'uso differente da quella originaria. Il concetto di riuso adattivo è correlato, ma diverso da un progetto di conservazione o restauro storico. Infatti, il riuso adattivo di un edificio storico deve avere un impatto minimo sul significato patrimoniale dell'edificio. Nel caso contrario, il riuso adattivo è controproducente, in quanto il suo scopo non è solo quello di dare una nuova vita ma anche quello di preservare la storia che l'edificio rappresenta. Gli adattamenti includono il riuso, la riparazione, la ristrutturazione, la ricostruzione, la riproposta, il riciclo e il recupero degli assetti urbani esistenti.

1.3.1 Le cause del sottoutilizzo e dell'abbandono degli edifici

I motivi del sottoutilizzo e dell'abbandono degli edifici possono essere di diversa natura. Da un lato con il continuo sviluppo della società e i cambiamenti

⁵ Fusco Girard L., (2020). The circular economy in transforming a died heritage site into a living ecosystem, to be managed as a complex adaptive organism, in *Aestimum* 77, Firenze, Firenze University Press, 146.

⁶ Monsù Scolaro A.; con contributi di Marco Dettori, Gaetano Settimo, Elisabetta Palumbo (2017), *Progettare con l'esistente: riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare*, Milano, Angeli.

legati allo stile di vita delle persone, l'uso degli edifici diventa sempre più temporaneo.

Dall'altro lato, i progressi tecnologici e commerciali, compresa la crescita dell'automazione industriale e degli uffici, e le richieste degli utenti di ambienti confortevoli per il lavoro e il tempo libero hanno portato un gran numero di edifici a diventare obsoleti o ridondanti, e questi cambiamenti hanno portato a un'abbondanza di edifici che ora risultano idonei alla riabilitazione e al riutilizzo. Infatti, Le cause dell'abbandono possono essere dovute alla carenza di idoneità degli edifici rispetto all'evoluzione delle esigenze d'uso, oppure al mutamento delle circostanze esterne.

Gli edifici, come altri beni, possono essere abbandonati perché obsoleti, deteriorando nel tempo. La vita di servizio di un edificio, che può essere interpretata come la sua adeguatezza strutturale, può essere effettivamente ridotta dall'obsolescenza, risultando in una vita utile un po' meno della sua vita fisica prevista. L'obsolescenza può essere descritta come costituita da uno o più dei seguenti attributi: fisico, economico, funzionale, tecnologico, sociale, legale, politico. Le cause che hanno portato l'edificio a un deterioramento e, di conseguenza, all'abbandono diventano i criteri per una successiva valutazione della fattibilità del progetto di riuso adattivo.

Per quanto riguarda gli edifici abbandonati nella fase costruttiva le cause sono principalmente le seguenti: gestione inefficiente, politiche governative sfavorevoli, sistema di fornitura pubblica inefficiente, condizioni economiche sfavorevoli, problemi finanziari.

1.4 Vantaggi e benefici del riuso adattivo

Le pratiche di riuso adattivo e di recupero degli spazi in disuso vengono definite come dei processi multidisciplinari di informazioni e decisioni, capaci di riattivare i processi circolari tra le persone e gli spazi, stimolando la creatività e rafforzando i legami tra loro. L'integrazione delle capacità, bisogni, conoscenze, valori e visioni differenti dei diversi attori che vengono coinvolti, produce gli

impatti economici, sociali e ambientali i quali a sua volta creano relazioni tra persone, comunità e spazi, promuovendo la condivisione delle scelte di conservazione e di trasformazione e attivando l'economia circolare.

Infatti, i vantaggi di tipo ambientale, sociale ed economico sono evidenti e indiscutibili e portano alla promozione della pratica di riuso adattivo.

1.4.1 Vantaggi ambientali

Dal punto di vista della sostenibilità ambientale, il riuso adattivo comporta la riduzione dell'energia grigia e della quantità dei materiali impiegati durante l'intervento, oltre alla riduzione del consumo di suolo e della quantità di emissioni di CO₂. Infatti, tutti i materiali portano in sé energia grigia o detta anche energia incorporata, la sostituzione dei quali causa nuove emissioni di carbonio. Inoltre, il processo di demolizione e il conseguente smaltimento dei rifiuti crea anche emissioni di carbonio ugualmente come lo smaltimento di qualsiasi altro rifiuto.

Il CSIRO definisce l'energia grigia quella energia che viene impiegata in tutti i processi associati alla costruzione di un edificio, a partire dall'ottenimento delle risorse naturali primarie alla consegna dei prodotti, compresi l'estrazione mineraria, produzione dei materiali e delle attrezzature, il trasporto e le funzioni amministrative. Infatti, riutilizzare ciò che esiste già è una scelta più sostenibile rispetto a quella che prevede una demolizione completa dell'edificio e, in seguito, una costruzione nuova ⁷.

In questo modo, una gestione al massimo efficace dell'edificio a fine vita funzionale o prestazionale consente una forte riduzione del consumo di suolo ed altri impatti ambientali. Questo è dovuto, in primo luogo, all'impiego dei rifiuti nel circuito di riciclo, limitando così il trasporto di essi in discarica e aiutando a non sprecare ulteriore nuovo suolo che accumulerebbe i rifiuti prodotti. In secondo luogo, impiegare i materiali di risulta per un altro scopo, rendendoli una

⁷ Ambrose M.D., Tucker S.N., (1997). Embodied energy of Dwellings, *CSIRO Division of Building, Construction and Engineering*, Melbourne, Australia.

risorsa preziosa, riduce la necessità di usare le materie prime vergini, contenendo l'attività estrattiva.

Il tema del consumo del suolo, nella riflessione avviata da WWF International Network nel 2014 ⁸, viene affrontato con una particolare attenzione in quanto rappresenta una delle minacce più grandi alla biodiversità. I fenomeni di urbanizzazione vanno in contrasto con una crescente domanda di terra produttiva utile per l'alimentazione umana e quella degli animali.

Secondo gli studi eseguiti dall'ISPRA nel 2021 riguardo al consumo del suolo, “nell'ultimo anno, le nuove coperture artificiali hanno riguardato altri 56,7 chilometri quadrati ovvero, in media, oltre 15 ettari al giorno (un'estensione di circa 20 campi da calcio coperti da superfici artificiali al giorno). Si mantiene la velocità di trasformazione del territorio registrata nell'ultimo periodo, ovvero quasi 2 metri quadrati di suolo persi irreversibilmente ogni secondo” ⁹. Attraverso un'analisi più approfondita delle relazioni dell'ISPRA e considerando che in Italia nel 2018 sono stati cementificati 51 chilometri quadrati di suolo, è evidente che il consumo del suolo non solo non si riduce ma cresce in continuazione. Così, il riutilizzo dell'esistente non solo potrebbe portare il consumo di suolo pari a zero ma anche aiutare a recuperare il suolo sprecato.

1.4.2 Vantaggi sociali

Per quanto riguarda l'importanza sociale, la pratica di riuso adattivo rafforza il senso della comunità promuovendo l'importanza della preservazione dei beni architettonici e dei valori e significati ad essi legati. Inoltre, il riuso e la riattivazione degli edifici in sottoutilizzo o in abbandono riavvia la vitalità e l'enerfia ad essi, il ciò comporta vari benefici tra cui il benessere e la sicurezza di chi ne fa uso e dell'intera comunità. Ad esempio, l'adattamento consapevole come il riutilizzo di edifici industriali in disuso può ridare vita ad aree urbane degradate.

⁸ Documento di lavoro WWF Land Use Principles and Agriculture Guidelines, (2014).

⁹ Dati ISPRA, Consumo di Suolo, (2021).
isprambiente.gov.it

Infatti, gli edifici esistenti rappresentano non solo valori economici ma anche sociali e culturali e portano in sé un'importanza storica. Grazie all'estensione del ciclo di vita utile del costruito si favorisce notevolmente la riqualificazione e il recupero dell'architettura di valore storico artistico. Gli edifici storici offrono rassicurazione psicologica a causa delle loro caratteristiche distintive ed è per queste ragioni che la conservazione degli edifici sta diventando sempre più importante nel mondo sviluppato.

1.4.3 Vantaggi economici

I benefici economici di questo tipo di intervento consistono nel fatto di riutilizzare ciò che è già stato costruito e non costruire da capo dopo la demolizione. Si nota, infatti, un risparmio significativo sui materiali da costruzione e a tutti i processi logistici ad essi collegati. Vi è anche un grande potenziale di scambio dei materiali esistenti che si ripropongono come risorsa, merce di valore, materia prima seconda, che possono essere utilizzati in un'altra costruzione o nella costruzione stessa sottoposta al riuso.

Il processo di adattamento è generalmente molto più rapido di quello di un nuovo progetto. L'infrastruttura esistente è generalmente già fornita, cioè le fondazioni, i servizi di base e la sovrastruttura. Di conseguenza, il periodo di contratto è solitamente più breve e i costi di prestito per l'adattamento sono molto più economici che per una nuova costruzione. Proprio per questo motivo, quando i tassi d'interesse sono alti, la quantità di progetti di riuso adattivo rispetto a quelli di nuova costruzione tende ad aumentare.

Un altro vantaggio economico consiste nella possibilità di ristrutturazioni a fasi. Infatti, i committenti o comunque i proprietari di un bene costruito possono pianificare le ristrutturazioni su più cicli di bilancio per trasformare lentamente il loro edificio. L'approccio graduale permette di distribuire gli investimenti di capitale nel tempo.

Oltre a questo, la demolizione stessa è un'operazione costosa, dispendiosa e pericolosa. Infatti, la presenza di sostanze pericolose e il terreno contaminato possono essere disturbati da tali lavori, e questo può risultare costoso da

rimediare o da trattare. Inoltre, la forma della costruzione, la presenza di materiali inquinanti e la vicinanza di edifici adiacenti influenzerà direttamente la facilità e il costo della demolizione.

Parlando degli aspetti conseguenti al riuso adattivo bisogna tener conto dell'esternalità positiva prodotta sul valore immobiliare dell'immobile stesso e dei beni adiacenti, con conseguente attivazione dei flussi sociali ed economici. Cresce il valore di mercato dell'edificio dopo l'intervento di riqualificazione o di rifunzionalizzazione, attraendo diversi attori e maggiore interesse nel caso di un interventi di riuso con lo scopo attrattivo. Molto spesso gli edifici vengono adattati alle attività ad uso temporaneo, come i vari eventi locali, installazioni e mostre d'arte, i festival che promuovono la cultura comunale, i quali a sua volta attraggono i finanziamenti pubblici e l'attenzione maggiore verso il sito. I fondi raccolti dall'utilizzo parziale degli spazi adattati influenzano positivamente l'economia locale e permettono di continuare il processo di riuso adattivo dell'intero edificio.

1.4.4 Vantaggi tecnologici

La pratica di riuso adattivo presenta molteplici vantaggi che riguardano l'innovazione tecnologica di interventi edilizi. A partire dalla necessità di riutilizzare l'esistente, che include anche i materiali da riutilizzare, nasce il processo di valutazione e di ideazione di varie possibilità di reimpiego di essi. In questo modo, dal momento in cui nasce un bisogno, nasce anche una nuova soluzione. Questo ragionamento stimola le diverse sperimentazioni, che spesso vengono finanziate dal governo, che portano a nuove soluzioni tecnologiche da impiegare nel progetto di riuso adattivo.

1.5 Svantaggi e ostacoli legati al riuso adattivo

Nonostante il fatto che l'adattamento degli edifici è generalmente un obiettivo desiderabile, tuttavia, non tutti gli schemi di adattamento sono indispensabili o convenienti. In alcuni casi, possono rivelarsi fallimentari perché le trasformazioni

dell'edificio risultano inappropriate o di scarsa qualità. Alcuni edifici vecchi, fatiscenti o degradati è meglio che vengano sottoposti alla demolizione per dare luogo a costruzioni nuove, più adatte e attrattive. Di conseguenza, nonostante i vari vantaggi del riuso adattivo di un edificio esistente, un tale intervento può comportare spesso una serie di ostacoli.

I principali ostacoli del riuso adattivo possono essere di tipo:

- *Funzionale*

Non sempre c'è una garanzia che un edificio adattato possa corrispondere alle stesse prestazioni di una nuova struttura che viene costruita per uno scopo ben preciso. Inoltre, le restrizioni relative alla disposizione e alle altezze possono rendere indispensabili dei compromessi e impedire il pieno soddisfacimento dei bisogni degli utenti. L'adattamento di un edificio può impedire un uso più efficace del sito. Per di più a causa dei vincoli di forma, dimensioni e aspetto dell'edificio già determinati, la ristrutturazione viene considerata come più impegnativa di una nuova costruzione. È necessario anche porre una particolare attenzione alla sicurezza sismica, soprattutto nelle zone ad alto rischio. Una accurata valutazione tecnica preliminare può fornire le indicazioni sulla fattibilità degli interventi e sulle opere indispensabili da eseguire sulle strutture.

- *Economico*

I costi di manutenzione di un vecchio edificio, anche se è stato ristrutturato, sono di solito ancora più alti di quelli di una nuova costruzione e i requisiti di conservazione per l'adattamento dei vecchi edifici possono far aumentare i costi di costruzione. Inoltre, i costi energetici saranno probabilmente più alti, poiché è difficile eguagliare gli standard di isolamento delle nuove costruzioni.

- *Tecnico*

La vita estesa di un edificio adattato è ancora solo circa la metà di quella di una struttura nuova e non c'è alcuna garanzia che i lavori di adattamento superino tutti i difetti prestazionali. Infatti, tutti gli edifici esistenti

contengono alcune carenze latenti che possono rivelarsi difficili e costosi da risolvere.

- *Legale*

La piena conformità ai regolamenti edilizi può essere difficile da raggiungere in alcune vecchie proprietà. I vincoli spaziali e costruttivi di alcuni di questi edifici, per esempio, possono impedire la sicurezza antincendio e il livello di resistenza al fuoco. Dal punto di vista paesaggistico, i vincoli di pianificazione possono anche limitare il grado di riuso di una proprietà. Il tutto può avere un impatto sulla fattibilità della proposta.

Nonostante gli ostacoli legati al riuso adattivo, che sono stati riportati in precedenza, la pratica di riuso adattivo che va correlata con i principi dell'economia circolare e l'adozione di soluzioni e strategie innovative, è possibile, se non supera completamente, ma diventa capace di ridurre al minimo questi ultimi.

1.6 Che relazione c'è tra il riuso adattivo e l'economia circolare?

Le città e l'ambiente costruito sono tra i principali attori verso la transizione nell'economia circolare, considerando gli impatti negativi globali documentati, che riguardano il consumo delle risorse primarie e la generazione dei rifiuti. Secondo i principi della circolarità stabiliti dalla Commissione Europea nel piano d'azione si tende di andare verso la strategia generale dell'ambiente costruito sostenibile, la quale dà l'avvio alle iniziative del riuso delle costruzioni esistenti e la riduzione del consumo del terreno.

Principi della sostenibilità e circolarità promossi dal piano d'azione:

- *Durabilità, riusabilità e la riparabilità del prodotto;*
- *L'incremento dell'utilizzo delle materie riciclate sicure e ad elevate prestazioni;*

- *La promozione della rifabbricazione ad alta qualità e il riciclo alla vista di limitare il monouso del prodotto e lo smaltimento prematuro;*
- *Riduzione dell'impatto ambientale* ¹⁰.

Il riuso adattivo tende a rispondere a questi principi in quanto promotrice degli obiettivi come l'estensione della vita di una costruzione esistente e il suo riutilizzo per finalità nuove, intervenendo sui componenti che la costituiscono favorendo la durabilità della costruzione stessa. La struttura nello stato di sottoutilizzo o di abbandono presenta una certa quantità di materiali e di prodotti che possono essere reimpiegati nel nuovo progetto o comunque riciclati alla vista di limitare il monouso di essi. Oltre a questa soluzione è molto favorevole l'utilizzo dei materiali riciclati se rispettano le norme di sicurezza e presentano i livelli di performance alti.

Un numero elevato delle costruzioni del patrimonio architettonico si trova in Italia nello stato di sottoutilizzo o abbandono. Il progetto di ricerca multidisciplinare CLIC, promosso dall'UE, si pone l'obiettivo di definire gli strumenti di valutazione per implementare e condividere le esperienze riguardo al riuso delle costruzioni del patrimonio architettonico e culturale, in quanto risulta essere un campo aperto alle varie sperimentazioni, sia di strategie innovative nel campo finanziario sia dal punto di vista dei modelli di business e del governance in grado di promuovere la pratica di riuso adattivo e, in questo modo, di espandere la prospettiva dell'economia circolare come modello di sviluppo sostenibile. Infatti, l'approccio del CLIC consiste nella valorizzazione del potenziale del patrimonio culturale europeo, per cui sono necessari strumenti flessibili, trasparenti e inclusivi nella gestione del cambiamento, promuovendo il riutilizzo adattivo del patrimonio culturale. All'interno del progetto Horizon 2020, sempre secondo il progetto CLIC, l'Approccio di Governance circolare viene definito come

“values-based, principled approach for valorising, protecting, and sustaining cultural heritage assets as a process to encourage high-

¹⁰ European Commission, (2020). Circular Economy Action Plan, For a cleaner and more competitive Europe, Brussels, COM 98 final.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>

quality adaptive reuse cultural heritage projects as a common good for society”¹¹.

1.7 Città circolare vs città lineare

Oggi, le città si basano principalmente su processi lineari, estraendo materie prime, fabbricando prodotti per il consumo e smaltendoli successivamente, contribuendo a diversi impatti come l'esaurimento delle risorse naturali e una forte dipendenza da quelle non rinnovabili. Inoltre, la maggior parte dell'inquinamento proviene dalle città o dall'agricoltura, che alla fine rifornisce le città, sotto forma di emissioni e scarichi di rifiuti nell'ambiente locale e globale. Di conseguenza, è necessario promuovere ed adottare un nuovo paradigma che trasformi la gestione lineare e insostenibile delle risorse in flussi circolari, comunemente noti come Metabolismo urbano circolare.

Secondo la Ellen MacArthur Foundation¹², la città circolare ingloba i principi dell'economia circolare in tutte le sue funzioni, determinando un sistema urbano che è rigenerativo e ristorativo. Nelle città di questo tipo di città sparisce il concetto dei rifiuti, dove le risorse si esprimono nella loro massima utilità e l'uso delle tecnologie digitali diventa l'attivatore dei processi vitali. Infatti, una delle strategie chiave della città circolare consiste nello stimolo della pratica del riuso adattivo degli edifici di patrimonio culturale. La tendenza di vedere i rifiuti, i materiali e i prodotti che hanno svolto una funzione in qualche altro processo, come risorse da reimpiegare è rappresentata nella Figura 1.

¹¹ CLIC Project (2020). Adaptive Reuse of Cultural Heritage. An Examination of Circular Governance Models from 16 International Case Studies, *I.C.L.E.I Local Governments for Sustainability*.

¹² Ellen MacArthur Foundation,
<https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>

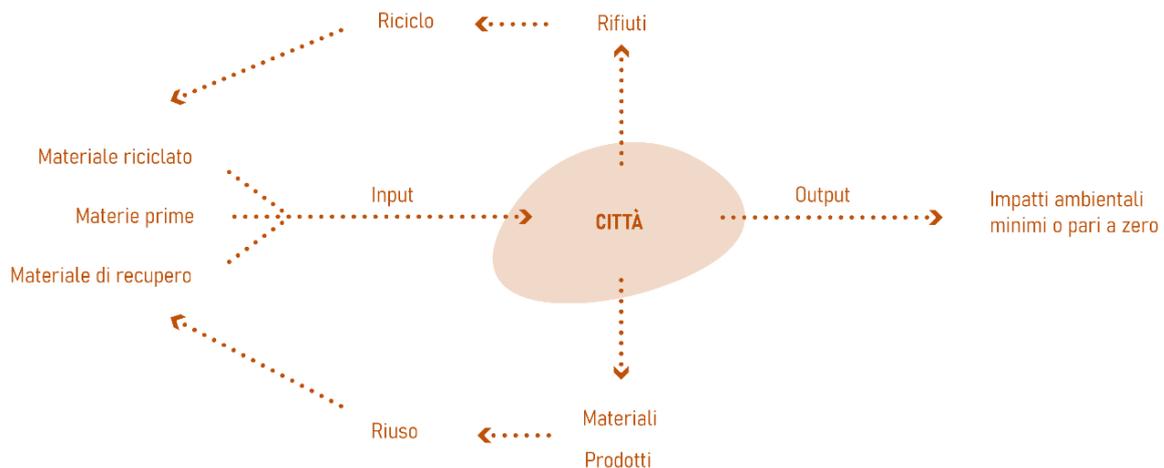


Figura 1 *Processi all'interno di una Città Circolare*

Fonte: elaborato dal candidato

1.7.1 Il modello di Metabolismo Circolare

Il modello della città circolare trova ispirazione nel modello di Metabolismo Circolare, che si basa sulle proprietà autotropiche degli ecosistemi naturali. Infatti, nella natura gli organismi viventi gestiscono le loro risorse basandosi sul metabolismo circolare, dove la radiazione solare, l'acqua, diversi nutrienti ecc., ovvero gli input, si trasformano in calore, energia e biomassa, e in tutto il processo non viene prodotto nessun tipo di rifiuto. Invece, i materiali che non sono più necessari, ovvero gli output, ritornano nel ciclo e svolgono un'altra funzione all'interno dell'ecosistema.

Il concetto di Metabolismo urbano circolare vede le città come degli organismi viventi. Esso fa riferimento ai processi fisiologici della produzione di sostanze ed energia necessari per mantenere la vita, ma riportando quest'idea negli assetti urbani. Come accade in natura, le città richiedono risorse e prodotti come cibo, acqua ed energia per vivere; infatti, la maggior parte delle risorse sulla Terra vengono utilizzate per soddisfare i bisogni delle aree urbane. Il Metabolismo Urbano fornisce un quadro olistico per analizzare tutti i flussi in entrata e in uscita con l'ambiente biofisico circostante.

Il metabolismo circolare urbano è possibile grazie alla chiusura dei cicli urbani, che racchiude diversi modi di gestire i cicli di risorse nelle città, riconoscendo gli output, rifiuti organici e inorganici, come input riciclati in grado di rientrare nel sistema produttivo.

1.8 Riuso funzionale lineare vs riuso adattivo nella prospettiva di economia circolare

Un progetto efficace di riuso adattivo, che tende alla sostenibilità ambientale in ogni suo aspetto, è caratterizzato dall'applicazione di principi di economia circolare. Infatti, è necessario mettere a confronto il riuso funzionale lineare e il riuso adattivo funzionale circolare per percepire meglio le differenze, le tendenze e gli obiettivi principali.

La Figura 2 rappresenta quali sono le caratteristiche degli interventi di riuso del patrimonio esistente, da un lato si tratta del riuso funzionale lineare, mentre dall'alto vengono evidenziate le caratteristiche proprie del riuso adattivo nel rispetto dei principi di economia circolare. Una delle più grandi differenze tra i due tipi di intervento sta nella fase dell'attenzione alla sostenibilità, dove nelle pratiche di riuso adattivo circolare viene posta una forte attenzione agli effetti che l'intervento comporta sull'ambiente.

Un'altra categoria molto importante è quella legata alla demolizione e lo smaltimento dei rifiuti, infatti, il riuso circolare dell'edificio presenta minime azioni di questo genere, in quanto la maggior parte dei prodotti e dei materiali viene rimessa in ciclo. In questo modo anche l'impiego dei materiali, che riguarda i progetti dove la circolarità viene posta nella posizione centrale, dà priorità all'impiego dei materiali recuperati o riciclati, diminuendo al minimo il consumo delle risorse primarie.

RIUSO FUNZIONALE LINEARE >

RIUSO ADATTIVO CIRCOLARE

Riuso funzionale dell'edificio	PROGETTAZIONE	Riuso dell'edificio che tiene conto di molteplici funzioni
Si mantiene ciò che serve alla funzione nuova, il resto viene eliminato	TIPO DI INTERVENTO	Implica la massima conservazione e la minima trasformazione
Impiego di materie prime vergini e di energia	IMPIEGO DI MATERIALI	Riuso dei materiali residui da demolizione Riuso di materiali riciclati e recuperati Utilizzo di materiali certificati ad impatto ambientale minimo
Demolizione parziale in sito	DEMOLIZIONE	Demolizione minima
Trasporto di materiali da intervento	TRASPORTI	Meno rifiuti generati da trasportare in discarica
Trasporto di rifiuti dai materiali non utilizzabili		
Cambiamento e riqualificazione dello spazio esistente	NUOVI SPAZI	Progettazione responsabile con modifiche minime indispensabili
Gestione della costruzione basata sul modello lineare	GESTIONE	Adozione dei modelli di business che tengono conto delle questioni economiche, ambientali e culturali Modelli di gestione innovativi con utilizzo di software digitali di controllo
Scarsa attenzione alla sostenibilità	ATTENZIONE ALLA SOSTENIBILITÀ	Attenzione all'efficienza energetica nelle fasi di intervento e per tutto il ciclo di vita Raccolta e reimpiego dell'acqua piovana
Il modello "take-make-dispose"		Promozione della collaborazione tra i diversi attori e le diverse funzioni e con il contesto esterno Sistemi di progettazione e di gestione del progetto con l'utilizzo dei software e tecnologie avanzate Utilizzo dell'energia rinnovabile
Consumo delle risorse	EFFETTI AMBIENTALI	Impiego minimo o zero delle risorse primarie
Produzione di CO2		Riduzione significativa della produzione di CO2
Rilascio di calore in atmosfera		Meno inquinamento
Consumo di energia da carbonio		

Figura 2_Confronto di interventi di Riuso lineare e Riuso circolare

Fonte: elaborato dal candidato sulla base di

Fusco Girard L., (2020). The circular economy in transforming a died heritage site into a living ecosystem, to be managed as a complex adaptive organism, *AESTIMUM* 77, 145-180. <https://doi.org/10.13128/aestim-9788>

CAPITOLO 2

STRUMENTI DI VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ E DELLA CIRCOLARITÀ DEI PROGETTI

2.1 Sostenibilità e circolarità: strategie, sviluppo, valutazione

Il raggiungimento dell'obiettivo della sostenibilità ambientale di un intervento architettonico prevede l'adozione di un approccio olistico, che tiene conto di tutti i componenti di cui esso viene caratterizzato. Infatti, come sostiene Giulio Mondini¹³, la sostenibilità viene valutata attraverso le seguenti categorie: ambientale, tecnologica, economica, sociale e culturale, in quanto strettamente connessi tra loro (Figura 3).



Figura 3_Schema del fiore di loto quale rappresentazione grafica del progetto di sostenibilità

Fonte: Giulio Mondini (2015)

Dal momento in cui si è parlato per la prima volta della sostenibilità sono state sviluppate varie metodologie e strumenti utili alla valutazione di essa, non tutti, però, ancora offrono un metodo preciso e oggettivo del calcolo della circolarità. Vengono di seguito analizzati gli strumenti che valutano i diversi criteri della sostenibilità degli interventi progettuali, tra cui quelli di riuso adattivo e i quali si avvicinano ai principi della circolarità attraverso alcuni criteri.

¹³ Mondini G., (2015). Strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale ed economica, Piombino.

2.2 Nuovo piano d'azione per l'Economia Circolare europeo

Ad oggi, una delle principali strategie prioritarie dell'UE è quella di promuovere le pratiche di rigenerazione e riutilizzo nel settore delle costruzioni, in quanto esse vengono considerate come strategie più sostenibili rispetto al riciclo.

Nella sezione dedicata a “Principali catene del valore dei prodotti: costruzione e edilizia” del Nuovo piano d'azione per l'Economia Circolare, approvato il 10 febbraio 2021 a Bruxelles,

“il Parlamento europeo (omissis)...

85. invita la Commissione ad attuare l’iniziativa “Renovation wave” pienamente in linea con i principi dell'economia circolare, tenendo conto nel contempo della diversità del settore; invita la Commissione a fissare requisiti orizzontali e specifici per prodotto; *sottolinea il potenziale di risparmi di emissioni di gas a effetto serra e di benefici ambientali ottenuti grazie al prolungamento della vita degli edifici rispetto alla demolizione*; chiede alla Commissione di valutare la possibilità di fissare obiettivi di riduzione dell'impronta di carbonio e dell'impronta materiale degli edifici dell'UE e di applicare il quadro Levels(s) agli edifici sostenibili quale quadro vincolante per la prestazione edilizia; ritiene necessario includere requisiti giuridici di minima in materia di prestazioni ambientali degli edifici al fine di migliorare l'efficienza sotto il profilo delle risorse e il rendimento energetico degli edifici;

86. ricorda che, ai sensi della direttiva quadro sui rifiuti, spetta alla Commissione prevedere una revisione degli obiettivi di recupero dei materiali stabiliti nella legislazione dell'UE per i rifiuti di costruzione e demolizione e le loro frazioni specifiche per materiale e ritiene che ciò dovrebbe includere un obiettivo di recupero dei materiali per i terreni di scavo; suggerisce di includere obiettivi di riutilizzo e riciclaggio e l'uso di materie prime secondarie nelle applicazioni edilizie, rendendole più facilmente tracciabili; invita la Commissione a rivedere il regolamento sui prodotti da costruzione e accoglie con favore l'annuncio di una strategia per un ambiente edificato sostenibile nel 2021; ritiene che l'adozione di soluzioni digitali nell'ambiente edificato, come il tracciamento dei rifiuti,

consentirebbe una migliore prestazione energetica degli edifici e una maggiore circolarità nel settore edile;

87. sottolinea l'importanza di prevedere politiche di pianificazione di elevata qualità per gli edifici, *privilegiando soluzioni che favoriscono, ove possibile, la ristrutturazione, la riconversione e l'utilizzo continuo degli edifici, piuttosto che nuove costruzioni;*

88. evidenzia che, poiché il 90 % dell'ambiente edificato per il 2050 già esiste, è opportuno *definire requisiti particolari per il settore delle ristrutturazioni, in modo da disporre, entro il 2050, di edifici pienamente modulari, adattabili a diversi utilizzi e positivi dal punto di vista energetico; comprese ristrutturazioni profonde, produzione in loco e riutilizzabilità.*¹⁴

2.2.1 Level(s), strumento di valutazione della sostenibilità e circolarità

Dopo diversi anni di lavoro di sviluppo e sperimentazione, la Commissione europea ha lanciato la versione finale dello strumento Level(s), che presenta un nuovo approccio europeo per la valutazione e il riscontro delle prestazioni di sostenibilità degli edifici. Utilizzando gli standard esistenti, Level(s) intende fornire un linguaggio comune per la sostenibilità degli edifici e rende più agevole l'applicazione dei principi dell'economia circolare nell'ambiente costruito. Per adesso, l'applicazione del software è estesa a edifici residenziali o uffici.

Il funzionamento di Level(s) avviene sulla base di sei macro-obiettivi che affrontano gli aspetti chiave della sostenibilità nel corso del ciclo di vita dell'edificio e possono essere monitorati attraverso sedici indicatori differenti. Questi indicatori all'interno di ciascun macro-obiettivo descrivono come le prestazioni dell'edificio possano essere allineate agli obiettivi strategici della politica dell'UE in settori quali l'energia, l'uso dei materiali e i rifiuti, l'acqua, la qualità dell'aria interna e la resilienza ai cambiamenti climatici.

¹⁴ Parlamento europeo, (2021). Nuovo piano d'azione per l'economia circolare, P9_TA(2021)0040, 10.
https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0040_IT.html

I sei macro-obiettivi e gli indicatori vengono riportati di seguito (Figura 3):

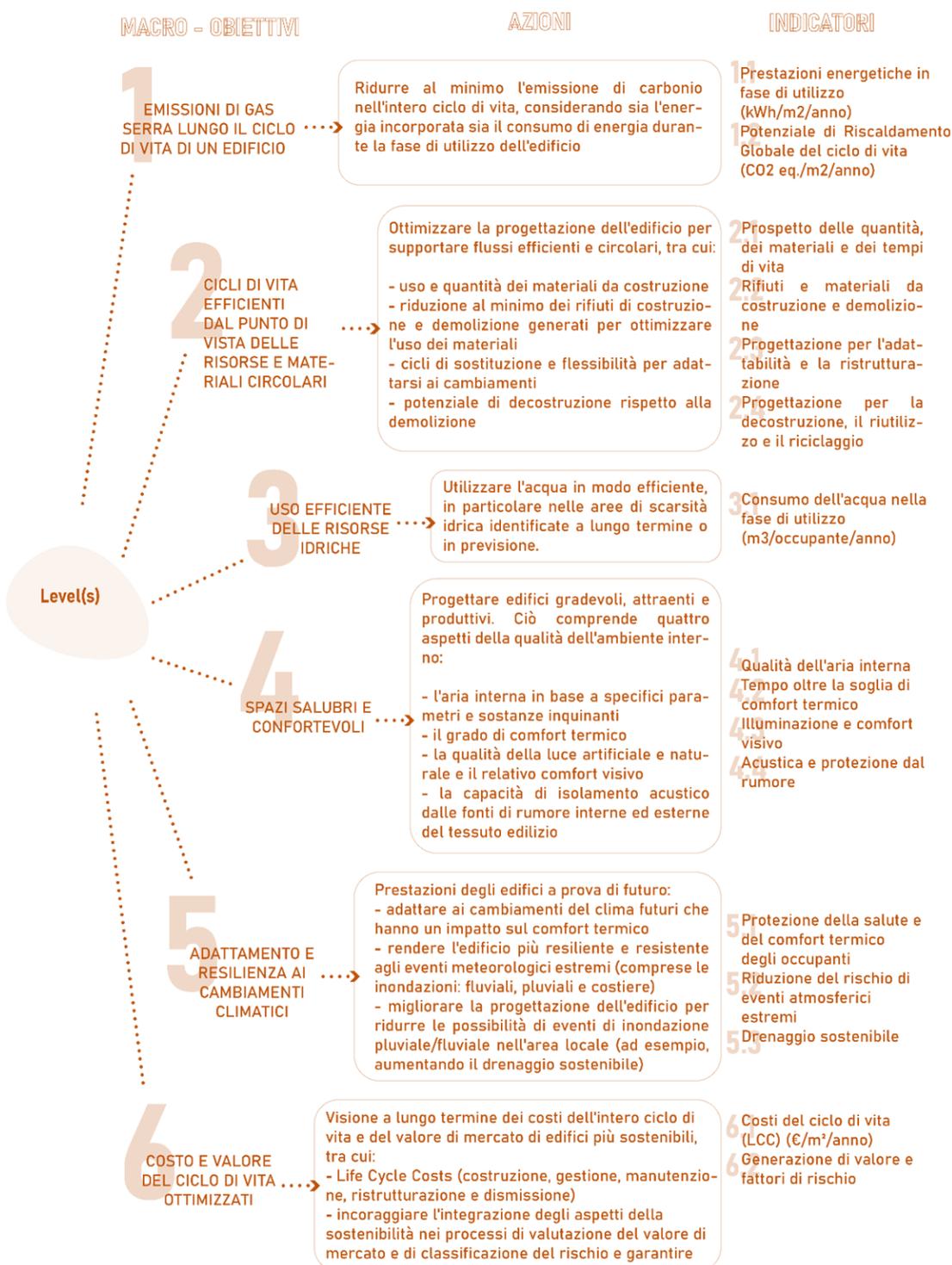


Figura 3_Macro-obiettivi e indicatori dello strumento della valutazione della sostenibilità Level(s)

Fonte: elaborato dal candidato sulla base delle informazioni sul sito della Commissione Europea https://ec.europa.eu/info/index_en

L'obiettivo che maggiormente rispecchia i principi della progettazione circolare degli edifici è il secondo, in quanto promuove i cicli di vita efficienti dal punto di vista delle risorse e materiali circolari. Tale scopo favorisce la durabilità, in quanto influisce sull'estensione del ciclo di vita utile dell'edificio e dei materiali e prodotti che lo compongono. Inoltre, valutando e sviluppando i possibili scenari futuri di un edificio, si può analizzare in anticipo quali componenti influiscono maggiormente sulla vita utile dell'edificio, la possibile adattabilità di esso, ma anche il recupero in futuro dei materiali, degli elementi strutturali e impiantistici. Un'altro metodo progettuale che contribuisce alla circolarità è quello di pensare ad un nuovo intervento in ottica del suo futuro disassemblaggio, il riuso o il riciclo.

2.3 Criteri Ambientali Minimi (CAM) in ambito edilizio

Sul territorio nazionale Italiano sono stati definiti i Criteri Ambientali Minimi (CAM) nel Piano d'Azione Nazionale per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione (PAN) sul Green Public Procurement (GPP) e adottati da parte del Decreto del Ministro dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del mare, i quali vengono garantiti dall'art. 18 della Legge 28 dicembre 2015 n.221 e, in seguito, dall'art. 34 recante "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale" del D.lgs. 50/2016 "Codice degli appalti" (modificato dal D.lgs 56/2017), che comporta l'obbligo di applicazione da parte di tutte le stazioni d'appalto.

I Criteri Ambientali Minimi (CAM) vengono definiti come

"i requisiti ambientali definiti per le varie fasi del processo di acquisto, volti a individuare la soluzione progettuale, il prodotto o il servizio migliore sotto il profilo ambientale lungo il ciclo di vita, tenuto conto della disponibilità di mercato." ¹⁵

L'introduzione dei CAM, in quanto criteri obbligatori minimi, ha come finalità il raggiungimento gli obiettivi previsti dal PAN GPP, quello del risparmio

¹⁵ <https://gpp.mite.gov.it/Home/Cam>

energetico nazionale e di promuovere i modelli di produzione e consumo sostenibili, a ciclo chiuso e l'espansione del verde.

Le etichette e dichiarazioni ambientali costituiscono la base per la determinazione dei criteri ambientali minimi e possono essere di tipo volontario ed obbligatorio. Quando si parla di etichette ambientali volontarie si intende che l'impresa è libera di informare o non i consumatori per quanto riguarda l'impatto ambientale di un prodotto, mentre le etichette obbligatorie sono le certificazioni, le quali devono obbligatoriamente riportare le informazioni riguardo alle caratteristiche ambientali dei prodotti. Di seguito vengono riportate le tre tipologie di certificazioni dei prodotti di natura volontaria:

1) Etichetta ambientale (ISO Tipo I), secondo la norma UNI EN ISO 14024, ha come modello di valutazione degli impatti dell'intero ciclo di vita dei prodotti quello che si basa su una molteplicità di criteri; questi criteri sono impostati sopra la soglia media di prestazioni in quanto si tende a identificare i prodotti con il minor impatto ambientale ed incentivare il loro impiego;

2) Asserzione ambientale autodichiarata (ISO Tipo II), secondo la norma UNI EN ISO 14021, ed è relativa ad un solo fattore ambientale, come ad esempio "progettato per il disassemblaggio", "contenuto riciclato", "riduzione dei rifiuti", "il consumo energetico" ecc.;

3) Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EDP o DAP), secondo la norma UNI EN ISO 14025, contiene informazioni sulla quantità degli impatti ambientali prodotti durante il ciclo di vita del prodotto, calcolata tramite un sistema LCA ¹⁶.

È cruciale considerare i criteri minimi ambientali durante l'intervento progettuale di riuso adattivo dell'edificio, in quanto stabiliscono le percentuali minime del riuso o riciclo dei materiali. Infatti, si parla della prefabbricazione, una strategia molto utilizzabile nelle pratiche di riuso degli edifici, la quale presume anche la possibilità di disassemblaggio delle parti. I CAM si propongono come le linee guida obbligatorie che indirizzano il progetto di riuso adattivo verso le azioni sostenibili.

¹⁶ Le etichette ambientali e le norme della Serie ISO 14020

Secondo i Criteri Ambientali Minimi (CAM) nell'ambito delle costruzioni, è stato fissato un minimo del 50% di peso dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati, tranne gli impianti, è obbligatorio che sia sottoponibile, a fine vita, a demolizione selettiva ed essere riciclabile o riutilizzabile. Di tale percentuale, almeno il 15% deve essere costituito da materiali non strutturali. Mentre per quanto riguarda la percentuale di materia recuperata o riciclata nei materiali utilizzati per l'edificio, deve essere pari ad almeno il 15% in peso valutato sul totale di tutti i materiali utilizzati, di cui almeno il 5% deve essere costituita da materiali non strutturali ¹⁷.

2.4 Life Cycle Assessment (LCA)

La definizione proposta da SETAC nel 1993 di Life Cycle Assessment (LCA) è la seguente

“La LCA è una metodologia di valutazione degli impatti ambientali associati ad un processo, ad un prodotto o ad una attività mediante identificazione e quantificazione dell'energia dei materiali consumati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente e di identificazione delle opportunità di effettuare miglioramenti ambientali. La LCA comprende l'intero ciclo di vita del prodotto, processo ovvero attività compresa l'estrazione e la lavorazione delle materie prime, la produzione, il trasporto, la distribuzione, l'utilizzo, il riutilizzo, la manutenzione, il riciclo e lo smaltimento finale.” ¹⁸

Life Cycle Assessment è il principale strumento di valutazione del Life Cycle Thinking (LCT), il quale valuta e quantifica in modo oggettivo i carichi e gli impatti energetici e ambientali, ed impatti associati a un prodotto, processo o attività nel suo intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie prime alla fine vita.

¹⁷ Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici, Decreto Ministeriale 11 ottobre 2017.

<https://www.anit.it/wp-content/uploads/2017/11/DM-11-ottobre-2017.pdf>

¹⁸ Consol F., (1993). Guidelines for life-cycle assessment: a 'code of practice': from the SETAC Workshop held at Sesimbra, Portugal, *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, Portugal.

Il metodo di Life Cycle Assessment si traduce in quattro fasi, durante le quali:

- 1) viene definito *l'obiettivo* e *il campo* in cui esso viene applicato (Goal and Scope Definition);
- 2) vengono individuati tutti i *processi* durante il ciclo di vita (Life Cycle Inventory Analysis), ma anche gli input e gli output in termini di energia, materie prime, emissioni ecc.;
- 3) vengono individuati gli *impatti* del ciclo di vita (Life Cycle Impact Assessment);
- 4) vengono interpretati *i risultati* ottenuti nelle fasi precedenti (Life Cycle Interpretation) in base agli obiettivi posti all'inizio ¹⁹.

Grazie ad alcuni studi che utilizzano il Life Cycle Assessment, per valutare soprattutto gli impatti ambientali che un certo prodotto produce durante il suo ciclo di vita, è stato dimostrato che ad esempio il riutilizzo dei componenti invece dell'utilizzo dei nuovi componenti risulta che vi è una riduzione totale degli impatti ambientali del 21%. Infatti, l'attivazione dei processi circolari che includono le pratiche di riuso adattivo degli edifici e di rigenerazione paesaggistica basandosi su un'analisi preliminare degli impatti ambientali, economiche, sociali attraverso LCA, risulta una strategia efficace. La metodologia permette di analizzare tutte le fasi del ciclo di vita dell'edificio, permettendo di adottare le scelte più sostenibili. L'applicazione di tale strumento risulta ad oggi difficile a scala dell'edificio, in quanto richiede lo sviluppo di competenze specifiche da parte dei progettisti e un'ampia quantità di componenti da considerare nella valutazione.

2.5 Protocolli LEED, BREEAM, ITACA e GBC Italia

È cruciale analizzare gli strumenti di valutazione quali i protocolli di sostenibilità, in quanto sono degli strumenti efficaci nella promozione di realizzazione di città ed edifici circolari.

¹⁹ Saling P., (2019). *ISO 14040: Environmental management—Life cycle assessment, Principles and framework* (Report). Geneve, CH: International Organization for Standardization (ISO).

Nel 1990 l'organizzazione Building Research Establishment (BRE) del Regno Unito ha sviluppato il primo protocollo di sostenibilità, il Building Research Establishment (BREEAM). Dopodiché, il protocollo LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), nato nel 1993 e sviluppato dall'United States Green Buildings Council (USGBC), è diventato rapidamente il protocollo di sostenibilità più utilizzato nel contesto internazionale. Inizialmente, i protocolli di valutazione della sostenibilità riguardavano principalmente i criteri legati al consumo delle risorse materiali ed energetiche, mentre circa un decennio dopo diventa evidente l'importanza di valutare gli impatti di un progetto in maniera olistica.

L'applicazione di questi protocolli di sostenibilità, LEED e BREEAM, ha portato rapidamente a una diffusione di questi strumenti nel contesto internazionale, i quali sono stati adattati dai diversi Paesi a livello nazionale. Infatti, i protocolli più utilizzati in Italia sono Institute for Transparency of Contracts and Environmental Compatibility (ITACA), sviluppato nel 2004 e si basa sul modello di valutazione internazionale SBTool e Green Building Council Italia (GBC Italia), sviluppato nel 2009 e presenta un adattamento al contesto italiano del protocollo LEED²⁰.

Il protocollo ITACA viene adattato e utilizzato da un grande numero di amministrazioni regionali e comunali attraverso le leggi regionali, i regolamenti edilizi, le gare d'appalto e i piani urbanistici. Il protocollo Itaca permette la contestualizzazione alle caratteristiche specifiche territoriali delle regioni, pur mantenendo la stessa struttura, lo stesso sistema di punteggio e di peso. Questa caratteristica è un aspetto particolarmente importante nel contesto italiano, in quanto un paese caratterizzato da diversi profili climatici e da diverse pratiche edilizie. Esso prevede tre classificazioni in base al genere di applicazione: l'ITACA per gli edifici residenziali, l'ITACA per gli edifici non residenziali e l'ITACA a scala urbana. La valutazione della sostenibilità ambientale secondo ITACA viene effettuata attraverso due tipi di schede: la prima è relativa al consumo di risorse, infatti raccoglie le schede che valutano il risparmio energetico invernale ed estivo, la generazione di acqua calda sanitaria, l'illuminazione naturale, la quantità di

²⁰ Abastante F., Gaballo M., Mecca B., (2021). Adaptive Reuse and Sustainability Protocols in Italy, Relationship with Circular Economy, Sustainability Vol. 13, 8077. <https://doi.org/10.3390/su13148077>

energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, l'impiego di materiali eco-compatibili, il consumo di acqua potabile e il rispetto delle prestazioni dell'involucro edilizio. Il secondo gruppo di schede controlla il peso degli impatti ambientali, esaminando la quantità di gas serra emessi, la produzione di rifiuti solidi e liquidi e la permeabilità delle aree esterne. In base alle prestazioni specifiche, per ogni criterio e sottocriterio l'edificio riceve un punteggio che può variare da -1 a +5, dove lo zero rappresenta uno standard di comparazione in riferimento alla pratica edilizia vigente, in conformità alle leggi o ai regolamenti in atto. Il punteggio complessivo permette di raggiungere i seguenti livelli: sufficiente, discreto, buono, molto buono, ottimo, aureo ²¹.

Il protocollo GBC Italia racchiude in sé i protocolli sviluppati per il mercato italiano che sono: GBC Historic Building per gli edifici storici; GBC Home, che riguarda gli edifici residenziali; GBC Quartieri, che si occupa di progettazione o riqualificazione di aree urbane e, infine, GBC Condomini per la progettazione o riqualificazione di complessi residenziali. Il modello di valutazione del GBC Italia si basa su un sistema di gerarchia, che include un numero massimo delle sezioni tematiche, contenenti sia requisiti obbligatori sia quelli facoltativi da considerare ai fini della valutazione. In particolare, ai crediti viene assegnato un punteggio in base ai requisiti individuati dai crediti stessi. In questo modo, il livello di certificazione che si ottiene dal protocollo GBC Italia è fatto dalla somma dei punteggi di ciascun credito, i quali possono essere compresi tra 40 e 110 punti. Il livello finale di certificazione dell'edificio si ottiene dalla somma complessiva dei punteggi nelle diverse sezioni tematiche e può essere base, argento, oro e platino²².

Secondo la ricerca condotta da Bruce-Hyrkäs T., Pasanen P., Castro R. nel contesto di individuazione di vantaggi e sfide attuali della valutazione del ciclo di vita (LCA) e del calcolo del costo del ciclo di vita (LCC) nel settore edilizio, grazie ai risultati di 41 risposte al sondaggio e 110 interviste tra il 2016 e il 2017, risulta

²¹ Ariaudo F., (2014). Protocolli di certificazione ambientale, Itaca: come funziona la procedura. <https://www.teknoring.com/news/green-building/protocolli-di-certificazione-ambientale-itaca-come-funziona-la-procedura/>

²² Green Building Council Italia, (2019). Regolamento di Certificazione Protocolli a Marchio GBC, Rovereto. <https://www.gbcsitalia.org/documents/20182/21329/2019+Regolamento+certificazione+protocolli+GBC+Italia.pdf>

che l'84% degli intervistati ritiene che il perseguimento di uno schema GBC è il principale incentivo a effettuare una valutazione LCA dell'intero edificio. Inoltre, alcune certificazioni hanno promosso l'adozione di LCA e LCC integrati ²³.

2.6 Integrazione con il Building Information Modeling (BIM)

I sistemi di Building Information Modelling svolgono un ruolo importante nell'adozione di modelli di business circolari, oltre a rendere più efficienti i rapporti tra gli stakeholders e altri attori durante la progettazione e la presa delle decisioni, e ad implementare l'applicazione dei principi di economia circolare.

Una metodologia è stata utilizzata recentemente per la valutazione degli impatti ambientali ed economici nel caso di rinnovamenti al Waterloo County Courthouse²³, dove il modello di BIM si abbina con il metodo di LCA (Life Cycle Assessment) per gli edifici e risulta di grande efficacia. Grazie all'utilizzo del software BIM è stato possibile valutare numerosi aspetti che costituiscono un edificio e fornire, così, una panoramica completa dell'intervento e la possibilità di valutazione preliminare molto precisa. Mentre, quando anche la LCA viene integrata nel processo decisionale per gli edifici, le parti interessate possono valutare scientificamente gli impatti del ciclo di vita dei sottosistemi, dei materiali e dei componenti dell'edificio e quindi selezionare le alternative che potrebbero ridurre il loro impatto ambientale netto.

I risultati finali di questo studio, applicando gli strumenti sopracitati, hanno dimostrato che il riuso adattivo della struttura dell'edificio produce un notevole risparmio ambientale, con una riduzione di circa 35-38% per quanto riguarda la Domanda di Energia Primaria, il Potenziale di Riscaldamento Globale e il Consumo di Acqua. L'analisi di bilancio ha rivelato un'importante riduzione dei costi di costruzione, pari a circa il 70% dei costi di costruzione da zero, nonché una redistribuzione degli investimenti in materiali e attrezzature. Le indagini hanno rivelato una diminuzione degli investimenti per i materiali da costruzione

²³ Bruce-Hyrkäs T., Castro R., Pasanen P., (2018). Overview of Whole Building Life-Cycle Assessment for Green Building Certification and Ecodesign through Industry Surveys and Interviews, *Procedia CIRP* 69, 178 – 183.

e un aumento per le attrezzature nel caso di studio del riuso adattivo. Questo risultato presenta i potenziali benefici economici del riuso adattivo dovuti al passaggio da un'economia lineare a un'economia circolare nel settore delle costruzioni ²⁴.

Infatti, un approccio che prevede l'integrazione del LCA nel BIM, mira a

1) integrare l'analisi dei costi del ciclo di vita (Life Cycle Cost - LCC) e degli impatti ambientali, 2) identificare alternative efficienti dal punto di vista energetico per il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, 3) rendere il processo decisionale semplice per i responsabili delle decisioni e gli investitori, 4) scoprire gli aspetti principali dell'efficienza energetica che comportano il maggior spreco di energia negli edifici esistenti ²⁵.

L'importanza del BIM nel settore risiede nella sua capacità di far risparmiare tempo e risorse nella gestione delle informazioni sugli edifici e di ridurre il consumo energetico. Nel caso della LCA, il BIM fornisce i dati fisici dei materiali definiti nell'edificio da abbinare con corrispondenti dati ambientali necessari di prodotto per calcolare gli impatti ambientali.

²⁴ Bullen P.A., Love P. E.D., (2010). The rhetoric of adaptive reuse or reality of demolition: Views from the field, *Cities*, Vol. 27, Issue 4, 215-224.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2009.12.005>

²⁵ Mohammad A.R., Motaleb M., Nasiria M., (2022). Optimization and BIM-based lifecycle assessment integration for energy efficiency retrofit of buildings, *Journal of Building Engineering*, Vol. 49.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104022>

CAPITOLO 3

MODELLI E STRATEGIE DI RIFERIMENTO PER IL RIUSO ADATTIVO NELL'AMBITO DI CIRCULAR DESIGN

3.1. Idoneità degli edifici all'intervento di riuso adattivo e valutazione di fattibilità

Prima di avviare l'intervento, è cruciale eseguire una valutazione approfondita dello stato di fatto dell'edificio. La pratica del riuso adattivo degli edifici esistenti è un argomento che appare in continua evoluzione, infatti è diventato complicato trovare una linea guida che possa essere adattata a tutti i progetti. Questo accade perché il riuso degli edifici dipende da un grande numero di fattori ed è un esito di diverse condizioni, come quelle politiche, sociali, culturali ed economiche.

Le proprietà fisiche dell'edificio sono risultate essere uno dei principali fattori che influenzano la decisione se intraprendere la pratica del riuso adattivo. Le caratteristiche che devono essere prese in considerazione sono legate alle dimensioni, tra cui l'ingombro fisico, la flessibilità dimensionale, le dimensioni dei piani, l'estetica e la tipologia dell'edificio. Inoltre, le difficoltà tecniche della conversione, in particolare l'inserimento di nuovi servizi e attrezzature, sono state questioni da esaminare in dettaglio. A causa di problemi tecnici e di una scarsa stima dei costi iniziali, il costo totale del progetto può risultare molto più elevato del previsto ²⁶.

L'analisi dettagliata dei risultati dei progetti di riuso adattivo in termini di costi di costruzione è fondamentale per garantire l'accessibilità economica dei progetti di riuso adattivo. La sostenibilità economica, infatti, risulta molto importante, in quanto è stato ampiamente sostenuto che il principale ostacolo per l'attuazione del riuso adattivo è l'aumento del budget dell'edificio a causa di alti costi di risanamento e ritardi nella costruzione, complessità e difficoltà delle tecniche per i lavori di ristrutturazione e disponibilità di materiali, e anche mancanza di artigiani qualificati, oltre ad altri fattori. Sorge così una necessità urgente di effettuare studi finanziari per analizzare la performance dei costi di costruzione dei progetti di riuso adattivo, nonché la distribuzione dei costi di costruzione per sottosistema edilizio ²⁷.

²⁶ Kirovová L., Sigmundová A., (2014). Implementing an ecosystem approach to the adaptive reuse of industrial sites, *WIT Transactions on Ecology on The Built Environment*, WIT Press, Vol. 142.

<https://doi.org/10.2495/ARC140371>

²⁷ Esnaashary Esfahani M., Haas C., Sanchez B., (2019). A methodology to analyse the net environmental impacts and building's cost performance of an adaptive reuse project: a case study

Nel momento in cui si prende una decisione rispetto alla demolizione o la conservazione dell'edificio, è fondamentale tenere in considerazione l'utilità residua di esso e il suo valore, il quale può essere ottimizzato proprio adattando e ristrutturando tramite la pratica di riuso adattivo. La mancata valorizzazione degli edifici può far sì che la loro potenziale vita residua non venga sfruttata pienamente, andando contro i principi di rapporto sostenibile nei confronti del patrimonio edilizio ²⁸.

3.1.1 Modello del Adaptive Reuse Potential (ARP)

Uno dei modelli della valutazione di idoneità degli edifici alla pratica di riuso adattivo è stato proposto nel 2007 da Craig Langston, Francis K.W. Wong, Eddie C.M. Hui, Li-Yin Shen nel loro studio riguardo al Potenziale di Riuso Adattivo dell'edificio (Adaptive Reuse Potential, ARP) ²⁹. Questo modello di calcolo del potenziale di riuso adattivo ha come obiettivo quello di facilitare l'identificazione e valutazione degli edifici idonei al riutilizzo adattivo da intraprendere prima che essi cadano in degrado o vengano demoliti. Infatti, il modello ARP può contribuire a trasformare i processi decisionali tradizionali degli stakeholder del settore immobiliare verso pratiche, strategie e risultati più sostenibili, fornendo un mezzo con cui l'industria può identificare e classificare gli edifici esistenti che hanno un alto potenziale di riuso adattivo. Questo modello rappresenta un passaggio importante per fare un uso migliore delle strutture esistenti e della vita residua in esse incorporata. Esso stima la vita utile effettiva (EL_u) in funzione della vita fisica effettiva (EL_p) e dell'obsolescenza e consente di calcolare il Potenziale di Riuso Adattivo (ARP) del ciclo di vita di un edificio, in modo da poter applicare la giusta programmazione tempistica degli interventi (Figura 7). Nel 1 Capitolo della presente tesi sono state approfondite le cause principali dell'abbandono degli edifici, tra cui la loro obsolescenza. Essa può essere di

of the Waterloo County Courthouse renovations, *Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature*.

<https://doi.org/10.1007/s10669-019-09734-2>

²⁸ Bullen P.A., Love P.E.D., (2010). The rhetoric of adaptive reuse or reality of demolition: Views from the field, *Cities*, Vol. 27, Issue 4, 215-224.

²⁹ Langston C.A., Wong F. K.W., Hui Eddie C.M., Shen L., (2008). Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong, *Building and Environment*, Vol. 43.

diverse nature e stimata secondo i diversi criteri che vengono riportati di seguito, dove il valore sta tra il 0 e 20%:

- *Fisica*, viene stimata secondo i criteri di gestione e manutenzione, dove il 20% indica il livello basso di budget e lo 0% quello alto;
- *Economica*, viene stimata in base alla localizzazione dell'edificio, dove il 20% indica la densità bassa del sito e lo 0% quella alta;
- *Funzionale*, viene stimata in base alla flessibilità del layout spaziale dell'edificio, dove il 20% indica il costo di conversione alto e il 0% quello basso;
- *Tecnologica*, viene stimata dall'utilizzo dell'energia di esercizio dell'edificio, dove il 20% indica la domanda di energia alta e lo 0% quella bassa;
- *Sociale*, viene stimata dalla relazione tra la funzione dell'edificio e del mercato, dove il 20% indica gli spazi completamente in affitto e lo 0% completamente di proprietà;
- *Legale*, viene stimata in base alla qualità dell'edificio, ovvero della sua conformità agli standard, dove il 20% indica una bassa qualità progettuale, mentre lo 0% una qualità alta;
- *Politica*, viene stimata in base all'interesse della comunità o quello pubblico, dove il -20% indica un ambiente di supporto, lo 0% sta per un interesse apatico, mentre il +20% sta per un ambiente inibente.³⁰

³⁰ Conejos S., Langston C.A., (2010). Designing for future building adaptive reuse using adaptSTAR, *International Conference on Sustainable Urbanization: ICSU*, Hong Kong. http://epublications.bond.edu.au/sustainable_development/41

La formula per calcolare la vita utile dell'edificio (Figura 4), proposta dagli autori, è seguente

$$\text{Useful life } (L_u) = \frac{L_p}{\left(1 + \sum_{i=1}^6 O_i\right)^{L_p}},$$

Figura 4_Calcolo vita utile dell'edificio

Fonte: Hui Eddie C.M., Langston C., Wong F.K.W., Shen L. (2008). *Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong, Building and Environment*, Vol. 43.

Dove,

L_p = vita fisica dell'edificio (anni);

O_1 = obsolescenza fisica (% n.d.);

O_2 = obsolescenza economica (% n.d.);

O_3 = obsolescenza funzionale (% n.d.);

O_4 = obsolescenza tecnica (% n.d.);

O_5 = obsolescenza sociale (% n.d.);

O_6 = obsolescenza legale (% n.d.).

Per calcolare la vita utile effettiva (EL_u), la vita effettiva dell'edificio (EL_b) e la vita fisica effettiva (EL_p), occorre moltiplicare i corrispettivi valori L_u , L_b e L_p per 100 e dividere per L_p , che rappresenta il massimo sull'asse x e sull'asse y, pari a 100.

L'area di fattibilità del ARP è rappresentata nella Fig. 7 in riempimento ed è calcolata secondo la seguente formula (Figura 5).

$$y = 100 - \frac{x^2}{100}$$

Figura 5_Area di fattibilità ARP

Fonte: Hui Eddie C.M., Langston C., Wong F.K.W., Shen L. (2008). *Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong, Building and Environment*, Vol. 43.

Le linee di crescita ($ARP_{\text{increasing}}$) e di decrescita ($ARP_{\text{decreasing}}$) sono ottenibili attraverso le seguenti equazioni (Figura 6).

$$ARP_{\text{(increasing)}} = 100 - \frac{(EL_u^2/100)}{EL_u} \times EL_b,$$

$$ARP_{\text{(decreasing)}} = 100 - \frac{(EL_u^2/100)}{100 - EL_u} \times (100 - EL_b),$$

Figura 6_Linea crescente e decrescente

Fonte: Hui Eddie C.M., Langston C., Wong F.K.W., Shen L. (2008). *Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong, Building and Environment*, Vol. 43.

Il Potenziale di Riuso Adattivo (ARP) è espresso percentualmente, dove lo 0% indica che l'edificio non presenta alcun potenziale di essere sottoposto al riuso adattivo, i valori da 1% a 19% presentano un potenziale basso, i valori compresi nella fascia da 20% a 49% sono propri del potenziale medio, mentre i valori sopra il 50% indicano un alto potenziale. Gli edifici che presentano il potenziale al di sopra dell'85% sono considerati molto favorevoli all'avvio immediato della progettazione (Figura 7).

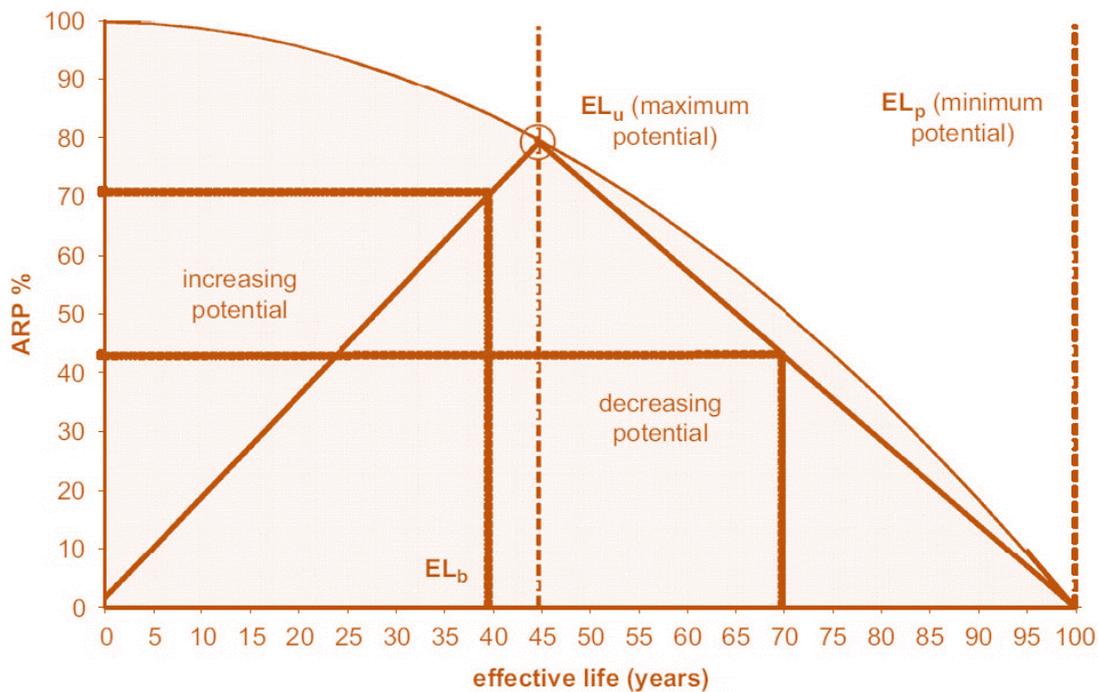


Figura 7_Modello ARP dell'edificio

Fonte: Hui Eddie C.M., Langston C, Wong F.K.W., Shen L. (2008). *Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong*, Building and Environment, Vol. 43.

3.1.2 Modello AdaptSTAR

Sulla base del modello ARP da Langston C.A., Conejos S.³¹ è stato elaborato uno strumento, che si chiama AdaptSTAR. Si tratta, infatti, di uno strumento utilizzato nelle fasi decisionali sia per i progetti di nuova costruzione, da sottoporre alla pratica di riuso adattivo in futuro, e per lo più contribuisce all'adattamento degli edifici ai cambiamenti climatici. Questo strumento fornisce una lista di controllo equilibrata delle strategie progettuali, la quale è costituita da differenti criteri raccolti nelle 7 categorie, le quali si rifanno alle tipologie delle cause dell'obsolescenza dell'edificio, ovvero: fisica, economica, funzionale, tecnologica, sociale, legale, politica. È utile analizzare i criteri progettuali presi in considerazione durante l'analisi, in quanto diventa evidente su quali caratteristiche, dell'edificio e del contesto in cui si trova, bisogna porre una maggiore attenzione pensando al riuso adattivo (Figura 8).

³¹ Conejos S., Langston C.A., Smith L., (2015). Enhancing sustainability through designing for adaptive reuse from the outset. A comparison of adaptSTAR and Adaptive Reuse Potential (ARP) models, *Facilities*, Vol. 33 Iss 9/10, 531 – 552.
<http://dx.doi.org/10.1108/F-02-2013-0011>

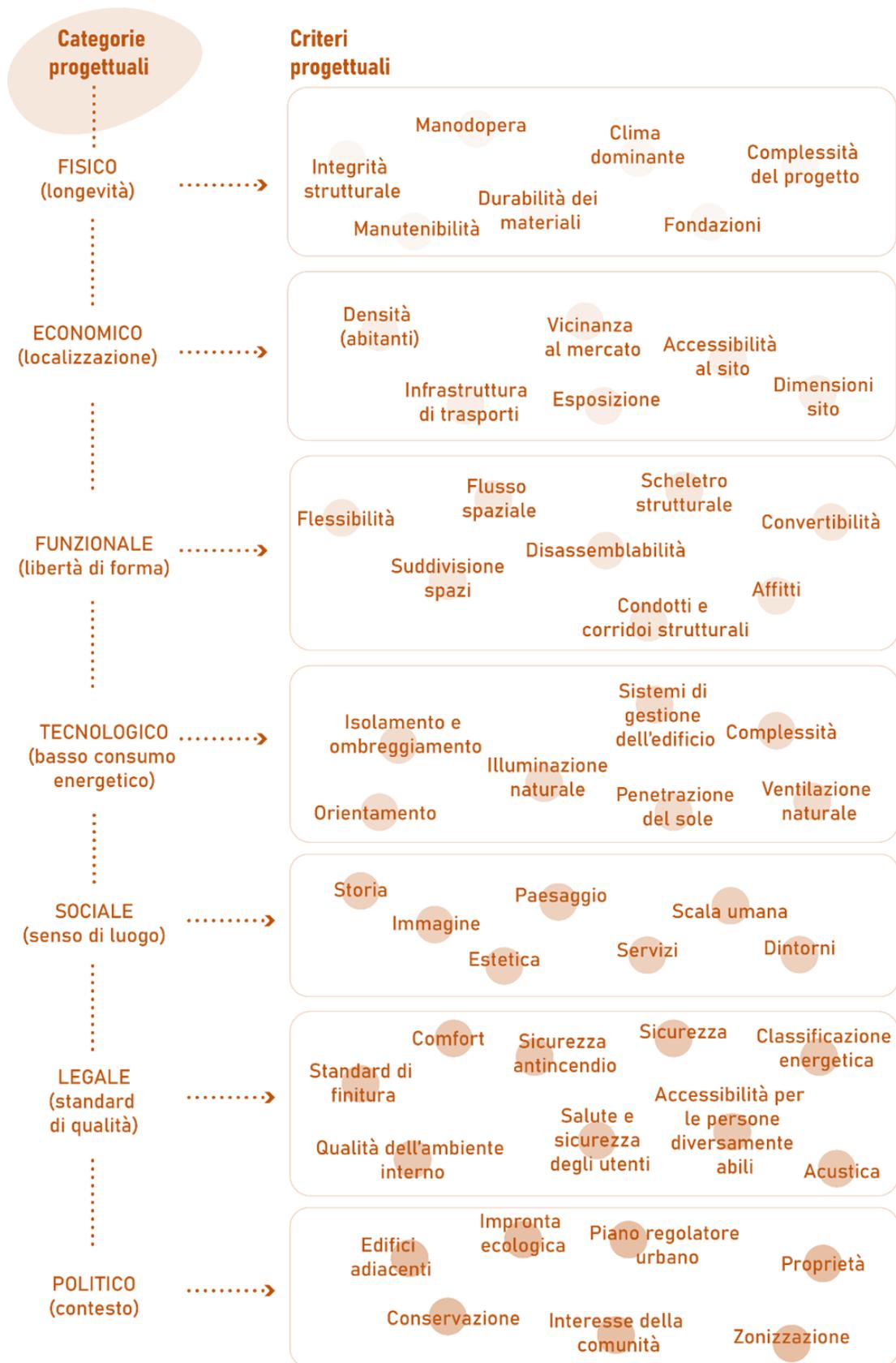


Figura 8_Categorie e criteri del modello AdaptSTAR

Fonte: elaborato dal candidato da Conejos S., Langston C.A., Smith L., *Enhancing sustainability through designing for adaptive reuse from the outset. A comparison of adaptSTAR and Adaptive Reuse Potential (ARP) models*, Facilities, 2015, Vol. 33 Iss 9/10, p. 536.

<http://dx.doi.org/10.1108/F-02-2013-0011>

3.2 Fasi progettuali di riuso adattivo

Il processo decisionale di un intervento di riuso adattivo è abbastanza complesso, in quanto deve tenere in considerazione nello stesso tempo molteplici elementi, sfide ed opportunità.

Nella scelta del sito o dell'edificio da destinare alla pratica di riuso adattivo sono state da Arfa F.H., Zijlstra H., Lubelli B. e Quist W.³² individuate le seguenti fasi progettuali, riportanti anche gli attori decisori nelle varie fasi (Figura 9)

1) Fase preliminare al progetto

Durante questa fase viene posta la domanda sulle azioni riguardo al destino dell'edificio che si trova nello stato di sottoutilizzo o abbandono. La scelta sta tra la preservazione, il riuso o la demolizione dell'edificio. Inoltre, questa fase prevede una definizione concreta degli attori interessati, degli stakeholders e avvengono le discussioni con i rappresentanti di Governo locali e nazionali (Figura 9).

In base alle analisi primarie, si svolgono anche le discussioni iniziali tra il committente e l'architetto riguardanti gli obiettivi, le scelte iniziali, i costi preliminari e le date indicative. Si effettuano gli studi della fattibilità dal punto di vista della conservazione dell'edificio e anche dell'identificazione e la quantificazione del potenziale di riuso adattivo negli edifici esistenti, ad esempio tramite l'utilizzo del modello ARP e l'AdaptSTAR, di cui si è parlato in precedenza.

Questa fase preliminare è di fondamentale importanza per passare alle fasi successive, in quanto dà una maggiore chiarezza e comprensione degli obiettivi.

2) Fase di preparazione

Partendo dal fatto che la pratica di riuso adattivo inizi con un edificio esistente rende necessaria un'analisi approfondita di esso. È essenziale raccogliere informazioni affidabili sul sito, sui materiali, sulla natura della costruzione, sugli

³²Arfa F.H., Quist W., Lubelli B., Zijlstra H., (2022), *Adaptive Reuse of Heritage Buildings: From a Literature Review to a Model of Practice, The Historic Environment: Policy & Practice*.
<https://doi.org/10.1080/17567505.2022.2058551>

elementi costitutivi e sull'ambiente circostante. La classificazione funzionale degli edifici esistenti può essere suddivisa in seguenti voci: edifici residenziali, industriali, commerciali, religiosi, militari, agricoli, governativi, culturali, educativi, sanitari e uffici ³³. L'analisi delle caratteristiche fisiche del patrimonio architettonico è fondamentale per definire una funzione nuova che sarà la più adatta all'edificio in questione. Per quanto riguarda l'analisi degli edifici del patrimonio culturale dovrebbe includere la mappatura dell'evoluzione dell'edificio e l'analisi del suo sviluppo nel tempo, dimostrando come e quando l'edificio si è evoluto fino allo stato attuale.

In primo luogo devono essere analizzate e confermate idonee le condizioni fisiche dell'edificio e del sito, ovvero

- la configurazione strutturale dell'edificio e la sua capacità di ospitare gli spazi e le funzioni richieste;
- il potenziale dell'edificio per soddisfare i requisiti di idoneità strutturale, salute, sicurezza e accessibilità;
- efficienza energetica dell'involucro esterno, ovvero delle pareti, delle finestre e del tetto dell'edificio;
- stato degli impianti meccanici, idraulici ed elettrici e la loro capacità di adattamento;
- la presenza di materiali pericolosi e sostanze nocive;
- capacità dell'edificio e del sito di garantire un ambiente sicuro e protetto;
- convenienza e sicurezza dell'ubicazione dell'edificio ³⁴.

Questa fase progettuale è caratterizzata dalla presa delle decisioni rispetto agli elementi che costituiscono l'edificio, ovvero rispetto alla loro importanza che va

³³ Günc K., Mısırlısoya D., (2016). Adaptive reuse strategies for heritage buildings: A holistic approach, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 26, 91–98.

³⁴ Spector S., (2003). *Creating Schools and Strengthening Communities through Adaptive Reuse*, National Clearinghouse for Educational Facilities, Washington DC, 4.

preservata e valorizzata o se possa essere modificata. Infatti, l'identificazione dei valori del patrimonio è un altro fattore importante nel processo decisionale, che influisce direttamente sulla scelta di una nuova funzione. Ai progettisti spetta il compito, in base all'analisi condotta, di decidere se conservare o cambiare, se creare un contrasto tra l'esistente e l'intervento nuovo o garantire una fusione tra essi.

Un'altra difficoltà per i progettisti sta nella scelta della funzione che sia adatta alle caratteristiche dell'edificio e del sito, in modo tale che essi vengano valorizzati. Vengono generate le idee progettuali e, in seguito, vengono sottoposte alla valutazione anche da parte della comunità locale, gli esperti, i turisti attraverso i questionari, in quanto occorre definire le esigenze della comunità del quartiere per definire la funzione più appropriata per l'edificio in questione, in quanto non deve essere considerato come un oggetto a sé stante, ma deve essere valutato nel quadro dell'intero quartiere. Spesso accade che le idee progettuali richieste dal cliente non sono in conformità con la configurazione dell'edificio, in quanto si possono verificare le limitazioni riguardanti le costruzioni del patrimonio da preservare.

Il parametro della sostenibilità sta diventando sempre più forte quando si tratta della pratica di riuso dell'edificio, ma i risultati economici tendono ancora ad essere i parametri cruciali nella decisione sull'idoneità dell'edificio da sottoporre al riuso. Infatti, i diversi criteri della sostenibilità, tra cui quello ambientale, sociale, economico, sono i criteri interdipendenti e sono considerati parte integrante del processo decisionale di riuso per i proprietari ed occupanti. Ovvero, la sostenibilità economica è anche molto importante, ma spesso funziona che all'inizio ci vogliono tanti investimenti, ma una volta eseguito il progetto, l'investimento economico può essere recuperato con il passare del tempo attraverso lo svolgimento delle attività che l'edificio ospiterà al suo interno.

3) Fase esecutiva

La terza fase è quella esecutiva, ovvero di costruzione, che si basa sulle due fasi precedenti in cui sono state raccolte le informazioni necessarie riguardanti l'edificio in modo tale che durante i lavori tutti i valori vengano rispettati. Ancora

più attenzione si attribuisce ai costi e alla gestione del tempo di esecuzione del progetto.

4) Fase successiva al completamento

L'ultima fase progettuale si incentra soprattutto sulla gestione e la manutenzione dell'edificio, e sulla valutazione degli impatti che esso comporta sull'ambiente circostante, sia nei termini dei benefici sociali, sia quelli economici e ambientali. L'impatto ambientale e il grado della sostenibilità e circolarità viene valutato attraverso i protocolli di sostenibilità di cui si è parlato nel Capitolo 2. Le analisi dei flussi finanziari in entrata e in uscita nei progetti destinati alla comunità aiutano a valutare l'andamento economico, la sostenibilità e gli impatti sociali ed economici locali.

Grazie a questi dati e la monitorizzazione continua dei progetti realizzati di riuso adattivo è possibile promuovere tale tipo di intervento, in quanto soluzione più sostenibile.

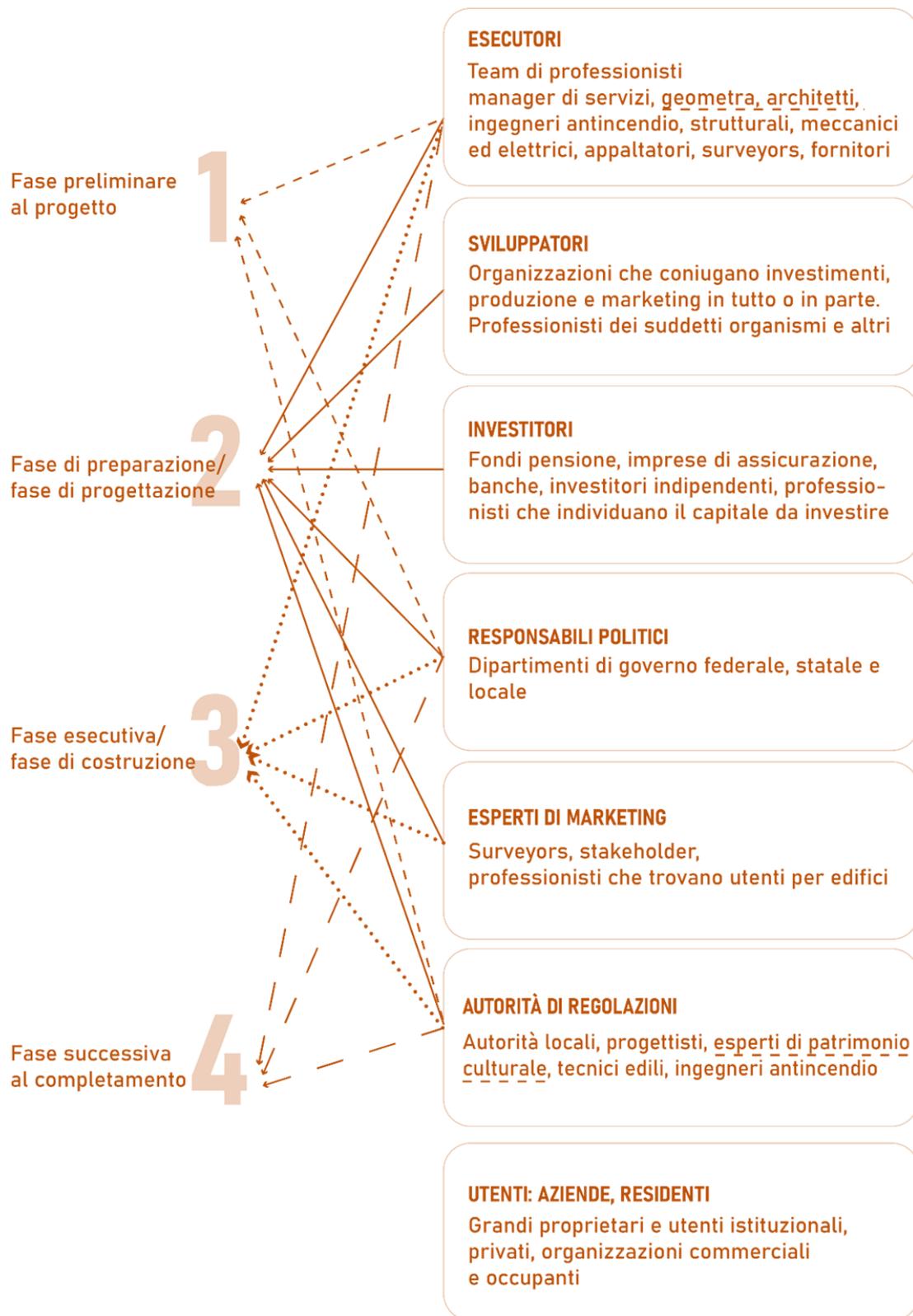


Figura 9_Fasi progettuali di Riuso Adattivo e i corrispondenti attori del processo decisionale
Fonte: elaborato dal candidato da Langston C., Wilkinson S. J., Remøy H.T., (2014). Sustainable Building Adaptation. Innovations in Decision-making, Wiley Blackwell, 11.

3.3 Strategie di riferimento per il riuso adattivo

Sulla base del concetto elaborato da parte dell'architetto Frank Duffy, che vede l'edificio per strati che cambiano in tempo, Stewart Brand ³⁵ apporta un'ulteriore approfondimento a questo concetto, dove gli strati che compongono l'edificio hanno un ciclo di vita proprio e per questo motivo devono essere trattati indipendentemente, in modo tale da garantire una facile sostituzione senza intaccare altri strati (Figura 10).

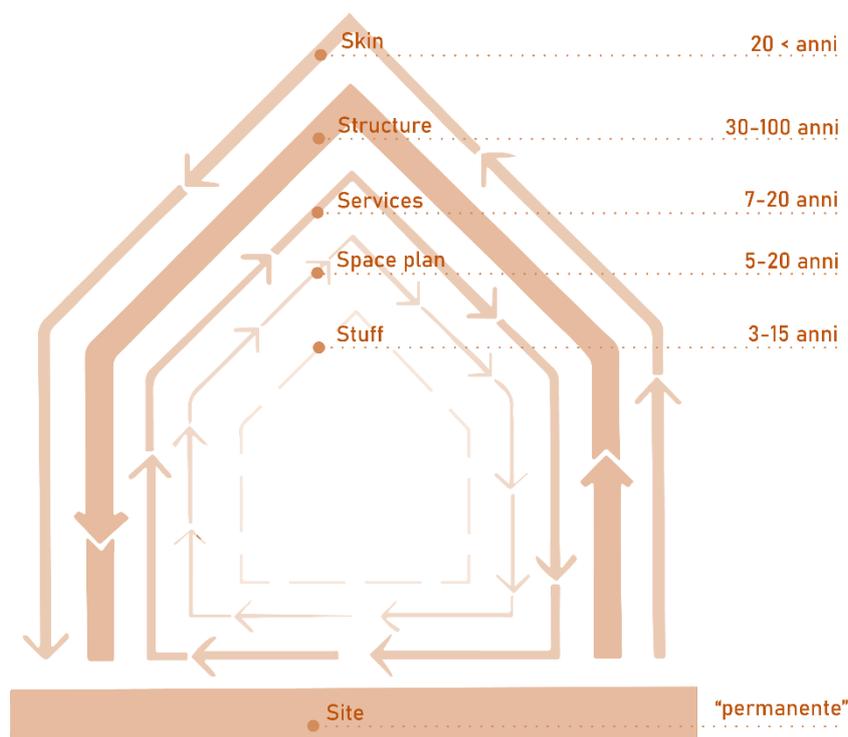


Figura 10_ *Stratificazione dell'edificio in base al ciclo di vita*

Fonte: elaborato dal candidato da Brand S., (1994). *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, London, Penguin Books.

La seguente stratigrafia dell'edificio si traduce in:

- *Site*, che rappresenta il contesto geografico, la localizzazione urbana su cui s'edifica l'edificio;
- *Structure*, questo strato include le fondazioni e la struttura portante;

³⁵ Brand S., (1994). *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, London, Penguin Books.

- *Skin*, sta per le superfici di rivestimento esterno, la copertura;
- *Services*, accomuna tutte le componenti che garantiscono il corretto funzionamento dell'edificio, quali i cavi di comunicazione ed elettrici; impianti idraulici; impianti di irrigazione; sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento; scale mobili e ascensori;
- *Space plan*, descrive la distribuzione interna, con i divisori interne, il soffitto, i pavimenti, le finestre e le porte;
- *Stuff*, comprende gli arredi e gli accessori, ovvero gli oggetti di uso quotidiano degli abitanti.

Questo concetto induce a pensare a un edificio non come un'insieme, un corpo unito e statico, ma a qualcosa di dinamico, mutabile ed adattabile nel tempo. L'analisi dei diversi componenti dell'edificio è fondamentale per adattare una strategia di intervento giusta.

Nell'intenzione di promuovere i principi della circolarità, nell'ambito edilizio nascono diverse strategie di progettazione, le quali si focalizzano soprattutto sul riuso di ciò che è già stato prodotto, il riciclo per la riduzione dei rifiuti e il recupero dell'esistente (Figura 11).

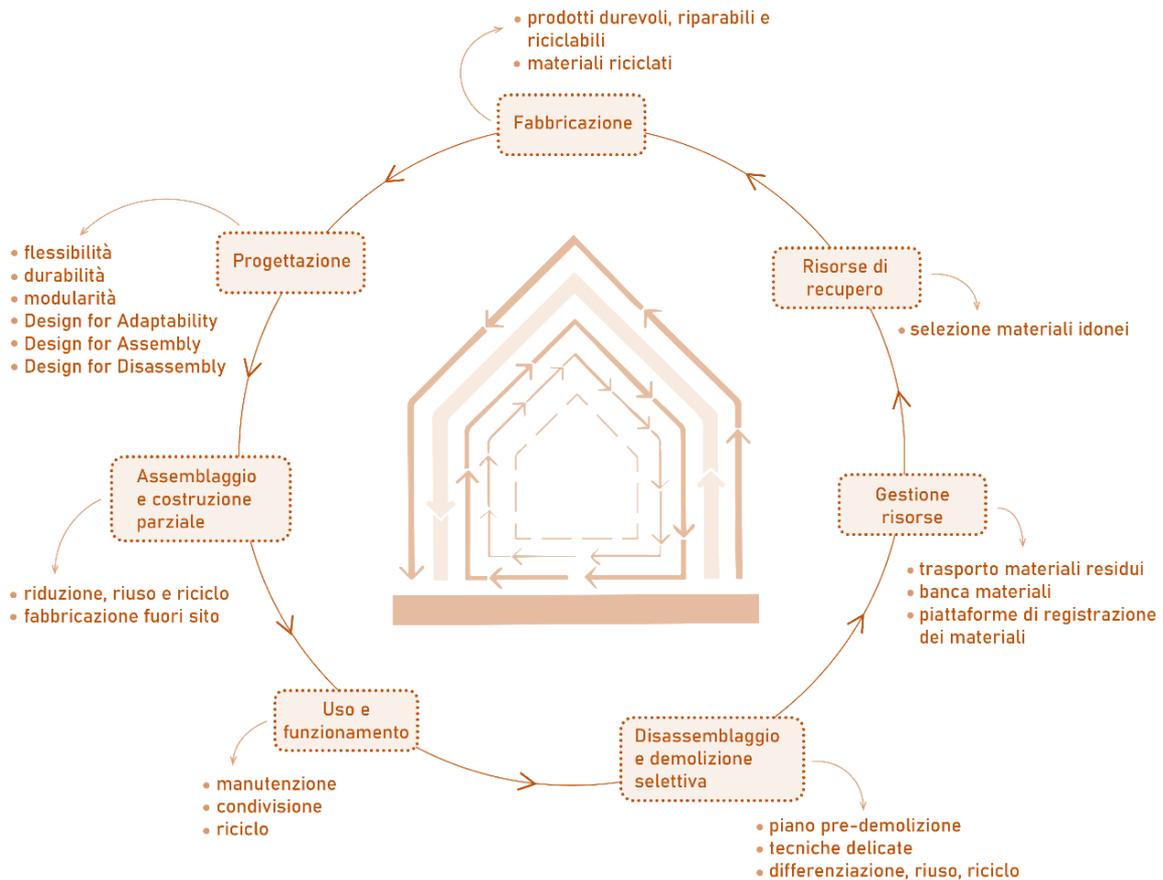


Figura 11 *Edificio a strati e ciclo progettuale circolare*

Fonte: elaborato dal candidato da Brand S., (1994). *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, London, Penguin Books e di Useful Project <https://usefulprojects.co.uk/circular-economy-in-construction/>

La struttura dell'edificio, in quanto caratterizzata da un ciclo di vita maggiore, può essere sottoposta alla decostruzione a fine vita, dove i materiali vengono recuperati per il riuso o il riciclo. Alla base di progettazione dell'involucro dell'edificio deve stare la facilità di ristrutturazione e risanamento, in quanto caratterizzato da un ciclo di vita più corto della struttura stessa. Per quanto riguarda i servizi, essi devono facilmente sostituibili, di alta qualità e quindi di lunga durata. La progettazione della distribuzione degli spazi interni deve essere pensata secondo i principi di flessibilità e adattabilità per le nuove funzioni in futuro. Gli oggetti che compongono gli spazi interni devono essere durevoli, di qualità e a servizio degli utenti che abitano l'edificio, facilmente rimovibili e sostituibili.

3.3.1 Design for Adaptability (DfA)

Il riuso adattivo si ricollega ad una strategia sostenibile chiamata Design for Adaptability, ovvero la capacità di un edificio adattarsi ai cambiamenti, che estende la vita utile di un edificio. Infatti, i progettisti devono pensare alle possibili conversioni degli edifici esistenti, prestando attenzione a come tali cambiamenti influenzeranno sulla struttura e la configurazione interna di esso. L'adattamento è la capacità di un'entità o di un sistema di evolversi nel tempo rispondendo ai cambiamenti dei fattori contestuali. Si abbandona così la percezione dell'edificio come un'entità statica

“A sustainable building is not one that must last forever, but one that can easily adapt to change.”³⁶

Alla base della strategia di Design for Adaptability stanno i seguenti principi:

1) Progettare dall'inizio pensando alla fine

Durante la progettazione di un intervento di riuso adattivo, ma anche delle nuove costruzioni, è importante tenere in considerazione come saranno gestite le parti, che compongono l'edificio, alla fine dei loro cicli di vita. Questo principio ha come scopo quello di riadattare gli edifici in futuro a funzioni simili o diverse, per questo motivo nella fase progettuale è importante garantire la loro flessibilità.

Seguendo questa strategia è più facile ridurre la quantità di rifiuti destinati al trasporto in discarica, in quanto si può analizzare fin da subito, quale è la percentuale dei materiali che possa essere riutilizzata e riciclata. Infatti, si offre la possibilità di recupero dei materiali e dei prodotti per il loro reimpiego nello stesso edificio o in un altro.

Se si pensa al riuso dei materiali da costruzione, è importante anche pensare alle tecniche di fissaggio, infatti, ogni strato dell'edificio deve apparire quasi indipendente. In questo modo i materiali possono essere facilmente smontati e riutilizzati per altri fini senza essere danneggiati.

³⁶ Graham P., (2006). Environment Design Guide, Royal Institute of Australian Architects.

2) *Pianificare il cambiamento*

Pensare al cambiamento significa vedere l'edificio a strati, ognuno dei quali con il ciclo di vita proprio e pensato come sostituibile nel tempo.

3) *Progettare per una lunga durata*

Il principio prevede una progettazione che si basa sulla durabilità della struttura, dei servizi, in modo tali da garantire la stabilità dell'edificio ai cambiamenti nel tempo. Una corretta progettazione degli edifici che si basa sui principi passivi di riscaldamento, raffreddamento aiuta a ridurre la quantità di servizi, ovvero degli impianti, e il ciò induce ad una gestione e manutenzione più facile.

4) *Progettare per un adattamento non vincolante*

Le strategie progettuali devono essere indirizzate verso una forte flessibilità, ovvero alle trasformazioni strutturali, spaziali e dei componenti. Bisogna pensare ad ogni elemento separatamente ma anche a come esse si relazionano tra loro.

5) *Progettare per la decostruzione*

La decostruzione è conosciuta anche come disassemblaggio non distruttivo. Tale principio tende a promuovere le soluzioni adatte ad una facile decostruzione dell'edificio o degli elementi separati. Viene inoltre spesso adottato il metodo di collegamento meccanico al posto di quello chimico.³⁷

Esistono molteplici strategie progettuali che consentono una maggiore adattabilità dell'edificio, da destinare alla pratica di riuso adattivo. Una di queste è *la disponibilità di ampi spazi aperti e ricchi di possibilità*, i quali consentono di alternare gli usi degli interni in futuro senza costose modifiche strutturali.

Le altezze generose tra i piani sono un buon modo per la pianificazione nel tempo; esse possono consentire, ad esempio, di passare da un uso commerciale a uno residenziale, rispettando i criteri minimi stabiliti dalle normative vigenti. Questo approccio consente anche una buona illuminazione diurna, ventilazione naturale e aggiunta o miglioramento dei servizi dell'edificio.

³⁷ Graham P., (2005). Design for Adaptability - An Introduction to the Principles and Basic Strategies, *Environment Design Guide*, Centre for a Sustainable Built Environment, UNSW.

Sono inoltre preferibili *i pavimenti piani* con pochi passaggi da un'altezza all'altra. Ciò consente una maggiore flessibilità in caso di ristrutturazione o cambio di destinazione d'uso.

Per quanto riguarda la scelta delle partizioni interne sono preferibili le *partizioni interne non portanti*, in quanto permettono una maggiore flessibilità in caso di ristrutturazione o di cambio di destinazione d'uso, senza compromettere l'integrità strutturale dell'edificio. Anche la possibilità di smontare e spostare le partizioni contribuisce alla flessibilità e all'adattabilità.

Gli *elementi strutturali a distanza regolare*, laddove le campate libere non sono realizzabili, consentono una pianificazione più semplice e flessibile quando l'adattamento avviene più avanti nella vita dell'edificio.

Un *sistema strutturale resistente ai carichi* può rendere l'edificio più facile da riutilizzare perché in questo modo è più sicuro apportare varie modifiche all'interno dell'edificio. Una *fondazione più solida* può poi consentire le eventuali aggiunte, come ad esempio altri piani. Una maggiore flessibilità strutturale può anche facilitare l'aggiunta di futuri sistemi funzionali, come gli impianti fotovoltaici e i tetti verdi.

L'impiego di *materiali durevoli* e l'impiego minimo di finiture con attacco chimico possono contribuire a garantire una vita più lunga all'edificio. Inoltre, in genere richiedono meno manutenzione durante la vita dell'edificio, riducendo i costi di gestione. Inoltre, resistono meglio alle forze della natura, aumentando la resilienza, inoltre quando si considera la durabilità, bisogna sempre tenere conto dei cambiamenti climatici.

Una *documentazione completa e chiara*, contenente tutte le caratteristiche di un edificio e dell'intervento su di esso, consente ai futuri progettisti di agire in modo più efficace per gli interventi successivi e deve essere soprattutto incorporata nei modelli computerizzati ³⁸.

³⁸ Melton P., *Buildings That Last: Design for Adaptability, Deconstruction and Reuse*, The American Institute of Architects, 6-15.

3.3.2 Design for Manufacture and Assembly (DfMA)

La progettazione per la fabbricazione e l'assemblaggio (Design for Manufacture and Assembly, DfMA) è un approccio che si focalizza sulla facilità di fabbricazione e sull'assemblaggio efficiente degli edifici e delle loro parti. Infatti, il metodo consiste nella progettazione da parte dei professionisti di un insieme di componenti strutturali, facilmente assemblabili e prefabbricati, di cui l'obiettivo principale è quello della riduzione dei costi di produzione, in quanto i tempi della messa in opera sono più brevi. Un'altro obiettivo riguarda la diminuzione degli impatti ambientali e un successivo disassemblaggio delle parti, che verranno riutilizzati o riciclati. Oltre a questi benefici, il DfMA permette di diminuire significativamente gli scarti di produzione, in quanto prevede una progettazione accurata. Per lo più, viene ridotta al minimo anche la produzione degli scarti nella fase del cantiere.

Un metodo efficace per gestire di DfMA è tramite l'utilizzo del Building Information Modelling (BIM). Con questo strumento, le attività del DfMA, come l'approvvigionamento, la fabbricazione, il trasporto e l'installazione, attraverso le quali i progetti vengono consegnati in cantiere, saranno gestite in modo efficiente con le attività come la valutazione delle opzioni e il concept del progetto. Per lo più, ciò migliorerà notevolmente la comprensione comune del progetto da parte di tutte le parti interessate. L'utilizzo del BIM aumenta il potenziale della strategia del DfMA nel raggiungimento degli obiettivi principali, e soprattutto permette un disassemblaggio più efficace ³⁹.

3.3.2.1 Standardizzazione e Modularità

Una delle strategie più sviluppate che si collega al principio del DfMA è la Modularità, che contribuisce alla Standardizzazione e quindi facilita sia la fase costruttiva che quella di decostruzione e disassemblaggio. Infatti, i vantaggi economici e di sostenibilità della costruzione modulare sono molteplici. La

³⁹ Chen K., Lu W., Mills G.R., Papadonikolaki E., Tan T., (2020). BIM-enabled Design for Manufacture and Assembly, Conference: 27th International Workshop on Intelligent Computing In Engineering (EG-ICE), Berlin, Germany, Vol. 27.

costruzione modulare riduce gli scarti di costruzione, il rumore e le interruzioni. Inoltre, aumenta le prestazioni energetiche dell'edificio e l'efficienza nell'uso dei materiali grazie ad alta precisione progettuale che si può ottenere fuori dal cantiere. La costruzione modulare aiuta a ridurre il costo complessivo della manodopera per il progetto attraverso installazione rapida, la riduzione dell'infrastruttura del sito e l'uso efficiente dei materiali.

È più immediata la progettazione di un edificio modulare come costruzione nuova, mentre bisogna fare le analisi di studio approfondite per gli edifici esistenti. Infatti, per gli edifici di patrimonio architettonico serve effettuare un approfondimento, individuando con cura gli elementi da preservare. L'analisi mostra quali sono le parti degli edifici meno vulnerabili in termini di perdita di valore architettonico a seguito del processo di trasformazione. Per eseguire questa analisi spesso nell'ambito delle costruzioni si utilizza la tecnologia di scansione laser ⁴⁰, dove si acquisiscono le nuvole di punte e bengono, di seguito trasformate in un modello tridimensionale.

Il principio modulare flessibile può trovare l'applicazione sia nella progettazione di elementi piccoli, come l'arredo, elementi medi ma anche nella fabbricazione dei moduli grandi come una stanza. Ogni progetto prevede diversi tipi di intervento, alcuni ne accomunano tutti. Molto spesso, si utilizza il metodo della fabbricazione digitale per la progettazione dei moduli, in quanto presentato una maggiore precisione nella fase di montaggio e la qualità del progetto architettonico finale.

I moduli di grandi dimensioni, inseribili all'interno dell'edificio esistente, sono spesso a sé stanti, ovvero non influiscono sulla struttura, facilmente smontabili e rimovibili. Questo metodo di progettazione viene denominato "scatola nella scatola" e garantisce una maggiore sicurezza, in quanto l'esistente rimane intatto e non viene compromessa la sua integrità. In questo modo gli standard normativi e le norme del comfort interno sono raggiungibili più facilmente.

⁴⁰ Bundgaard C., Buthke J., Larsen N.M., Ostfeld Pedersen S., (2020). Adaptive Reuse of Architectural Heritage, *Springer Nature Switzerland*.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-29829-6_5

3.3.3 Design for Disassembly (DfD)

Già nel 1996 Richard Rogers sosteneva

*“Modern life is changing much faster than the buildings that house it. <...> So buildings that are easy to modify will have a longer useful life and represent a more efficient use of resources.”*⁴¹

Il Design for Disassembly (DfD) è un'altra strategia di intervento sostenibile che risponde ai principi dell'economia circolare nella progettazione edilizia, in quanto permette di riutilizzare i materiali, i prodotti o anche gli edifici. Infatti, nella fase di progettazione non solo è importante pensare a come assemblare una costruzione, ma una scelta che valorizza e promuove i principi dell'economia circolare è proprio quella di dare la stessa importanza al disassemblaggio dell'edificio a fine vita utile o per essere reimpiegato in nuovi cicli di vita.

La pratica di riuso adattivo prevede solitamente una demolizione parziale o un disassemblaggio selettivo, dove possibile. In questo modo è possibile raggiungere l'obiettivo di tale intervento, che consiste nella massima preservazione dell'edificio esistente, produzione di minore quantità di rifiuti da demolizione e il recupero dei materiali e prodotti per il successivo riuso e riciclo.

La pianificazione dei metodi di disassemblaggio può avvenire in modi diversi, in base alla finalità che si vuole acquisire, da quello che suggeriscono gli autori Haas C. e Sanchez B. (Figura 12).

⁴¹ Rogers, R., (1996). Cities for a small planet. World Heritage Review, (3), 68-77.

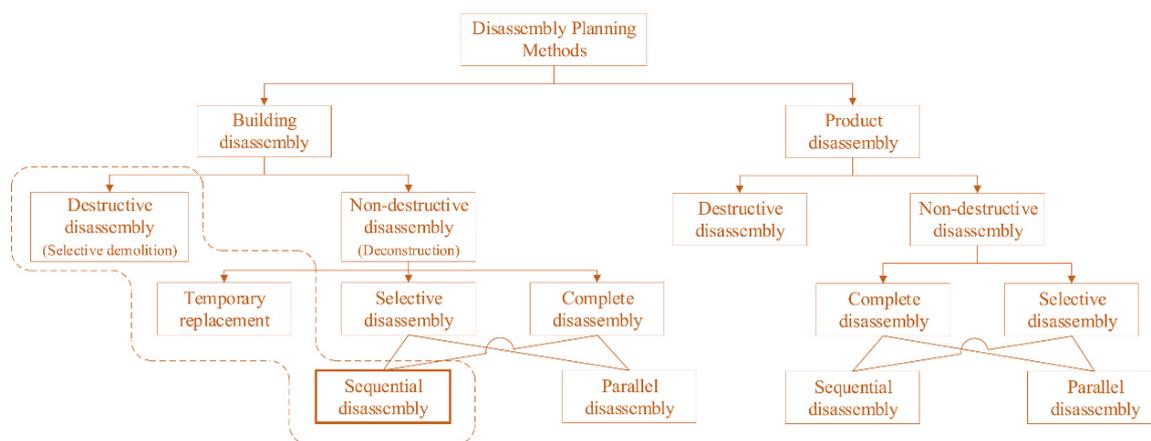


Figura 12_Categorie di pianificazione del disassemblaggio per gli edifici e i prodotti

Fonte: Haas C., Sanchez B., (2018). A novel selective disassembly sequence planning method for adaptive reuse of buildings, *Journal of Cleaner Production*.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.201>

Pertanto, è necessario sviluppare una strategia articolata che consenta di quantificare i benefici del riuso adattivo degli edifici attraverso un metodo computerizzato, ad esempio i software BIM, durante la fase di pianificazione dello smontaggio dei beni edilizi. Lo sviluppo di tale metodo potrebbe fornire una migliore comprensione dei parametri coinvolti nel processo di riuso adattivo, al fine di migliorarne i benefici e accelerarne l'applicazione verso uno sviluppo più sostenibile dell'industria edilizia ⁴².

Viene approfondito più in dettaglio il processo di disassemblaggio selettivo⁴³ (Figura 13), che prende come base il metodo multi-obiettivo, ovvero piuttosto che ricercare una soluzione ottimale o la migliore in assoluto, lo scopo di un'analisi multi-obiettivo è quello di definire l'insieme di soluzioni per le quali non esistono altre soluzioni migliori per gli obiettivi di interesse, chiamate soluzioni non-inferiori. In una prima fase, il metodo Sequential Disassembly Planning for Buildings (SDPB), il quale ottimizza le fasi di disassemblaggio in termini dei vincoli fisici, ambientali ed economici per ogni componente dell'edificio e

⁴² Haas C., Sanchez B., (2018). A novel selective disassembly sequence planning method for adaptive reuse of buildings, *Journal of Cleaner Production*.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.201>

⁴³ Haas C., Saaria R., Sanchez B., Rauscha C., (2019). Multi-objective Optimization Analysis for Selective Disassembly Planning of Buildings, *ISARC*.
<https://doi.org/10.22260/ISARC2019/0018>

utilizzando un solo metodo di decostruzione per ogni componente dell'edificio, che è disassemblaggio selettivo. Dopo aver individuato l'insieme di soluzioni non-inferiori, generati durante l'analisi multi-obiettivo, per un determinato piano di smontaggio, i professionisti possono selezionare l'alternativa che è più in linea con gli obiettivi del progetto complessivo e possono proseguire con le fasi successive della pianificazione della decostruzione, per stimare il costo finale e la durata complessiva del progetto (Figura 13).

La maggior parte delle strategie principali dell'approccio progettuale Design for Disassembly si ricollegano molto alle strategie di Design for Adaptability e Design for Assembly, in quanto interdipendenti. Infatti, *la progettazione indipendente di vari sistemi*, come servizi meccanici, elettrici, idraulici, informatici, consente una rimozione o un risanamento più facile che evita il danneggiamento di altri sistemi e materiali.

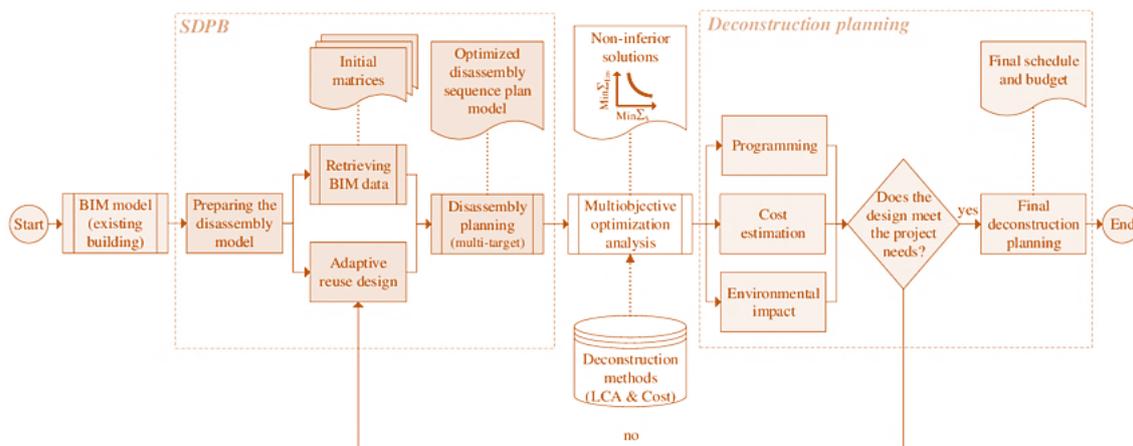


Figura 13_Metodo multi-obiettivo per il disassemblaggio selettivo

Fonte: Haas C., Saaria R., Sanchez B., Rauscha C., (2019). Multi-objective Optimization Analysis for Selective Disassembly Planning of Buildings, *ISARC*.
<https://doi.org/10.22260/ISARC2019/0018>

La scelta dei *materiali* rappresenta un momento importante, in quanto deve essere garantita *la qualità più alta possibile*, in modo tale che dopo la loro rimozione siano in grado di mantenere il valore di mercato. Essi, devono anche avere il *grado di tossicità minimo*, in modo tale da garantire la sicurezza per i professionisti e la maggiore possibilità di recupero.

I collegamenti a vista aiutano i futuri proprietari e lavoratori a vedere che lo smontaggio è possibile e favoriscono la decostruzione e il riutilizzo degli elementi. Le strutture in legno e acciaio sono ottime soluzioni da impiegare nel progetto per connessioni a vista e *fissaggi meccanici*. In merito dei sistemi di fissaggio, è sempre meglio utilizzare quelli meccanici al posto degli adesivi, in quanto permettono di smontare facilmente i sistemi e di riutilizzarli.

La *standardizzazione degli elementi*, ad esempio in termini di misure e di materiali, contribuisce positivamente al disassemblaggio dei sistemi e la loro successiva commercializzazione ⁴⁴.

L'applicazione di un approccio simile, contrario alla demolizione totale non programmata, si basa sulla pratica di Urban mining, ovvero sul recupero delle risorse dai rifiuti solidi, e potrebbe essere favorevole per orientare le decisioni delle Pubbliche amministrazioni verso l'ecosostenibilità. In particolare, l'attenzione sarebbe concentrata sulla riduzione degli impatti prodotti durante le attività edilizie favorendo più di tutto la pratica del riuso e della riqualificazione del patrimonio esistente, ovvero una pratica più sostenibile rispetto alla demolizione prematura e una successiva nuova costruzione. Nello stesso tempo, la demolizione controllata potrebbe far diventare gli edifici ad essa soggetti delle vere cave di materiali che possono essere riutilizzati per un altro scopo, contribuendo così alla riduzione degli impatti ambientali. Il riutilizzo dei materiali potrebbe servire nei processi di recupero e di riuso del patrimonio edilizio già esistente⁴⁵. L'edificio, per essere considerato una vera banca di materiali, è essenziale che sia disassemblabile. Un progetto, promosso dalla

⁴⁴ Melton P., Buildings That Last: Design for Adaptability, Deconstruction and Reuse, The American Institute of Architects, 18-23.

⁴⁵ Cossù R., Williams I.D., (2015). Urban mining: Concepts, terminology, challenges, Waste Management, Vol. 45.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.040>

Commissione Europea, prende il nome di BAMB (Buildings as Material Banks) e ha come scopo principale la riduzione dei rifiuti da costruzione e l'agevolazione della transazione verso l'Economia Circolare. Il progetto prevede l'utilizzo dei passaporti dei materiali digitali, in modo tale che essi siano facilmente riconoscibili, rimovibili e riutilizzabili nel futuro ⁴⁶.

Infatti, il Design for Disassembly o Deconstruction si applica direttamente anche all'Economia Circolare. Mentre il Design for Adaptability rallenta i cicli di utilizzo di materia ed energia, DfD agisce per chiudere i suddetti cicli ⁴⁷.

3.3.4 Flessibilità, come criterio fondamentale del Riuso Adattivo

Parlando del DfMA, DfA, DfD di un edificio è importante entrare in merito del concetto di Flessibilità, il quale caratterizza maggiormente l'edificio in vista della pratica di riuso adattivo, e influisce sulla scelta del tipo di intervento da effettuare. Maria Luisa Perri Drago, nel suo studio sulla flessibilità degli spazi, identifica la flessibilità a livello di progetto, a livello d'uso e a livello di programmazione nel tempo.

La flessibilità di progetto prevede una libertà di configurazioni degli spazi in modo tale da ospitare varie funzioni in base alle decisioni dei progettisti. Questo intervento può prevedere l'aggiunta dei moduli per aumentare la superficie funzionale, dove si pone anche attenzione allo scheletro strutturale, in modo tale che i moduli aggiuntivi siano facilmente inseribili.

La flessibilità di usi, invece, prevede che spetta all'utente cambiare gli spazi secondo le proprie esigenze. Questo tipo di flessibilità prevede l'inserimento di arredi mobili, facilmente spostabili, che non prevedono gli interventi sui sistemi strutturali.

Mentre l'ultimo tipo di flessibilità, ovvero quella programmata nel tempo prevede le modifiche nel tempo tramite la possibilità di smontare le parti che non

⁴⁶ <https://cordis.europa.eu/project/id/642384/it>

⁴⁷ Becker A. K., Roldán Rockow Z., Ross B.E., (2021). Comparison of Building Adaptation Projects and Design for Adaptability Strategies, *Journal of Architectural Engineering*, Vol. 27 Issue 3.

rispondono più alle esigenze degli utenti o agli standard di qualità o sicurezza, o aggiungere delle parti nel caso fosse necessario.

Dalla presente analisi (Figura 14) emerge che la progettazione che si basa sulla flessibilità programmata nel tempo, e soprattutto che tiene conto di ogni strato temporale dell'edificio, risulta essere un criterio più rilevante per raggiungere i massimi livelli e principi della sostenibilità ambientale. Inoltre, questo tipo di progettazione per la flessibilità non induce il progettista a limitare la propria creatività e permette di rispondere al meglio al contesto circostante ⁴⁸.

⁴⁸ Perri Drago M.L., (2020). "Living the Flexible Space". Strategie tecnologiche e spaziali per le nuove forme di abitare, *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, Firenze, Vol. 20, 106-112.

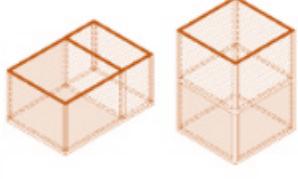
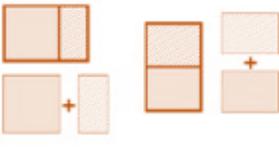
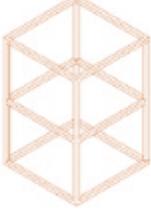
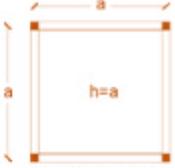
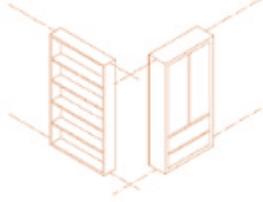
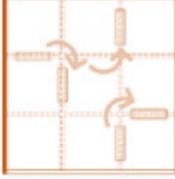
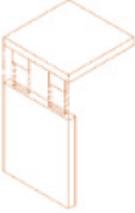
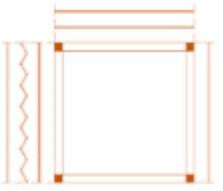
DESIGN FLEXIBILITY		FLEXIBILITY OF USE	
<p>strategy S1</p>  <p>concept</p>  <p>added module horizontal axis</p> <p>added module vertical axis</p>	<p>strategy S2</p>  <p>concept</p>  <p>modularity of spaces</p>	<p>strategy S3</p>  <p>concept</p>  <p>movable walls and equipped furniture</p>	
<input checked="" type="radio"/> A) customization	<input checked="" type="radio"/> A) customization	<input checked="" type="radio"/> A) customization	
<input type="radio"/> energetical self-sufficiency	<input type="radio"/> energetical self-sufficiency	<input type="radio"/> energetical self-sufficiency	
<input checked="" type="radio"/> B) life cycle design approach	<input checked="" type="radio"/> B) life cycle design approach	<input checked="" type="radio"/> B) life cycle design approach	
<input type="radio"/> reversibility	<input type="radio"/> reversibility	<input type="radio"/> reversibility	
<input checked="" type="radio"/> C) recyclability	<input checked="" type="radio"/> C) recyclability	<input checked="" type="radio"/> C) recyclability	
<input checked="" type="radio"/> reconfigurability	<input checked="" type="radio"/> reconfigurability	<input checked="" type="radio"/> reconfigurability	
FLEXIBILITY PROGRAMMED OVER TIME			
<p>strategy S4</p>  <p>concept</p>  <p>use of dry-layered junctions</p>	<p>strategy S5</p>  <p>concept</p>  <p>use of modifiable and adaptive envelopes</p>	<p>strategy S6</p>  <p>concept</p>  <p>space units for non-predetermined purposes</p>	
<input checked="" type="radio"/> A) customization	<input checked="" type="radio"/> A) customization	<input checked="" type="radio"/> A) customization	
<input type="radio"/> energetical self-sufficiency	<input type="radio"/> energetical self-sufficiency	<input type="radio"/> energetical self-sufficiency	
<input checked="" type="radio"/> B) life cycle design approach	<input checked="" type="radio"/> B) life cycle design approach	<input checked="" type="radio"/> B) life cycle design approach	
<input type="radio"/> reversibility	<input type="radio"/> reversibility	<input type="radio"/> reversibility	
<input checked="" type="radio"/> C) recyclability	<input checked="" type="radio"/> C) recyclability	<input checked="" type="radio"/> C) recyclability	
<input checked="" type="radio"/> reconfigurability	<input checked="" type="radio"/> reconfigurability	<input checked="" type="radio"/> reconfigurability	

Figura 14 *Livelli di flessibilità dell'edificio, strategie di intervento, criteri di sostenibilità*
 Fonte: Perri Drago M.L., "Living the Flexible Space". *Strategie tecnologiche e spaziali per le nuove forme di abitare*, *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, Firenze, 2020, p. 108.

CAPITOLO 4

CASI STUDIO DI RIUSO ADATTIVO

4.1 Modalità di selezione dei casi studio e struttura delle schede di analisi

Il progresso continuo implica diversi cambiamenti nelle vite delle persone e il loro modo di vivere gli spazi, infatti l'interesse per la pratica di riuso adattivo in diverse parti del mondo varia a seconda delle caratteristiche urbane e sociali, e cresce con il variare degli stili di vita e delle esigenze delle persone. Ad oggi esistono molteplici strategie più sostenibili di trattamento degli edifici a loro fine vita funzionale, come il riuso adattivo e nel caso in cui esso fosse irrealizzabile, una decostruzione dell'edificio.

La presente tesi prenderà in analisi i progetti di riuso adattivo esemplificativi, internazionali e quelli eseguiti in Italia, a Torino in particolare. L'obiettivo principale consiste nell'imparare a leggere gli edifici dal punto di vista del design circolare e saper individuare nelle pratiche di riuso adattivo le caratteristiche di sostenibilità e di circolarità, e fornire una linea guida per i futuri progetti di riuso adattivo.

Inizialmente sono stati selezionati 60 progetti di riuso adattivo nel contesto internazionale:

- | | |
|--|--|
| 1. Wooden Structure at Launchlabs | 8. Roof over the Walls of the Old Baños Church |
| 2. OGR | 9. Monastery of San Juan Cover |
| 3. Old Benalúa Station and Insertion of Casa Mediterraneo Headquarters | 10. Cascina Roccafranca |
| 4. Leszczynski Antoniny Manor Intervention | 11. Tesa 105 Conversion |
| 5. Technopole for Industrial Research Shed 19 | 12. Shoreham Street |
| 6. Palazzo Zen | 13. Daoíz y Velarde Cultural Center |
| 7. Monastery of San Juan Cover | 14. Studio in Arzignano |
| | 15. Base - Center for Culture and Creativity |
| | 16. Lumière Cinema Maastricht |
| | 17. St. Miquel 19 Refurbishment |
| | 18. São Paulo Office |
| | 19. MUSE / Woods Bagot |

- | | |
|---|--|
| 20. Fabers Fabrikker | 40. E131 - Timber Adaptive Reuse Theater |
| 21. The Cellar House | 41. ANOHA—The Children’s World of the Jewish Museum Berlin |
| 22. Ca’ Inua | 42. Resource Centre Fabrique 230 |
| 23. A6K Workspace | 43. 2 Arper Pavilions |
| 24. ULISSEIA | 44. Deskopolitan |
| 25. The Running Bean Café | 45. MALHA |
| 26. Blue Bottle Coffee Kiyosumi-Shirakawa Roastery & Cafe | 46. Esrawe Studio Office |
| 27. Warehouse Renovation | 47. Gouda Cheese Warehouse Loft Apartments |
| 28. Albert Works | 48. The Green Building |
| 29. ASKWATCH Store | 49. Saporiti Hub |
| 30. Vhils Studio Artist Workshop and Office | 50. 2004 TBA Temporary Theater |
| 31. Ruin Bar Pivzavod | 51. Pallota Teamworks; Clive Wilkinson Architects |
| 32. United Nations University in Guimarães | 52. Tecnopolo per la ricerca Shed 19 |
| 33. Dr. Atl 285 Apartment Building | 53. Baoshan WTE Exhibition Center |
| 34. Conversion of ÉTS’s Dow Planetarium | 54. Officine del Volo |
| 35. Former Pobre Diablo Cultural Factory | 55. Suzhou Creek Warehouse |
| 36. Gare Maritime Workspace | 56. Loja Coletiza |
| 37. Rooftop Prim | 57. Prysmian New Headquarter |
| 38. KB Building | 58. Faktoria Cultural Headquarters |
| 39. Adaptation of Hall 3 of the Central Park to Cultural Facilities | 59. Corte Bertesina |
| | 60. GES-2 |

Di questi ultimi sono stati selezionati 13 progetti

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1. Gare Maritime Workspace | 4. Baoshan WTE Exhibition Center |
| 2. Dr. Atl 285 Apartment Building | 5. Rooftop Prim |
| 3. The Green Building | 6. Monastery of San Juan Cover |

- | | |
|---|---|
| 7. Roof over the Walls of the Old
Baños Church | 10. Tecnopolo per la ricerca Shed
19 |
| 8. Fabers Fabrikker | 11. Corte Bertesina |
| 9. OGR | 12. Cascina Roccafranca |
| | 13. Ca' Inua |

Essi vengono approfonditi più in dettaglio. La scelta dei casi studio si basa su tre criteri:

1. I casi studio che adottano maggiormente le strategie dell'economia circolare. Infatti, ogni caso studio selezionato viene analizzato dal punto di vista delle strategie di seguito riportate.

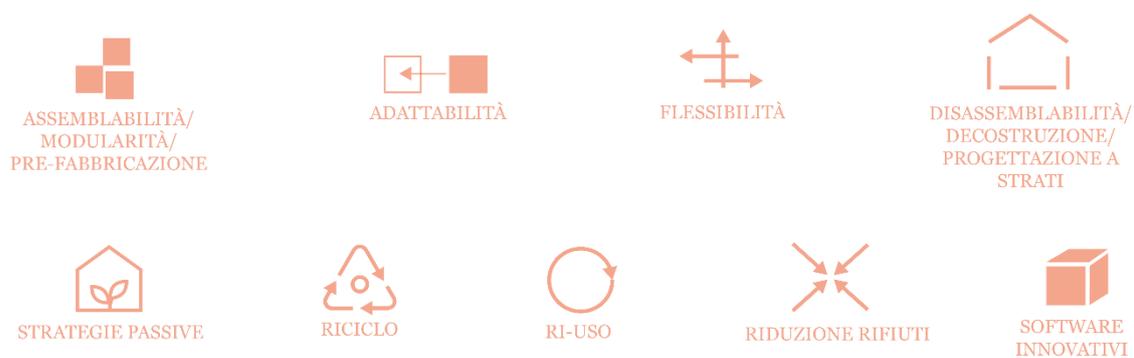


Figura 15_ *Strategie del design circolare nell'ambito di costruzioni*
Fonte: elaborato dal candidato

2. I progetti sono stati selezionati anche in base alle tipologie degli edifici – uno degli aspetti su cui si basano principalmente le scelte progettuali. La scelta di casi studio con tipologie varie offre un panorama più ampio di analisi. Come già specificato nel Capitolo 3, la classificazione funzionale degli edifici esistenti può essere suddivisa in seguenti voci ⁴⁹:

⁴⁹ Günc K., Mısırlısoya D., (2016). Adaptive reuse strategies for heritage buildings: A holistic approach, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 26, 91–98.

- Residenziali
- Industriali
- Commerciali
- Religiosi
- Militari
- Agricoli
- Governativi
- Culturali
- Educativi
- Sanitari
- Uffici

3. Un altro criterio di selezione dei casi studio è stata la diversificazione dei progetti in base alla tipologia di intervento eseguito. Come base di riferimento è stata presa la classificazione delle tipologie di intervento definita da Marco Borsotti ⁵⁰ nel suo studio di ricerca ed è la seguente

1) *Avvicinamento*

Si tratta generalmente di una strategia basata sull'assenza di contatto fisico tra l'edificio esistente e i nuovi volumi necessari alla rivitalizzazione, e consiste nell'intenzione di definire una relazione che si stabilisce in termini di vicinanza e giustapposizione. Infatti, diventa importante per il progettista stabilire forti relazioni di reciprocità in cui sia prevalente la relazione formale, composita, volumetrica tra le parti, legate tra loro in un dialogo di armonia.

2) *Addizione*

Questo tipo di intervento prevede, a differenza di quello di avvicinamento, un legame e contatto reciproco tra l'edificio esistente e i volumi di nuova costruzione, e che viene letto come un'insieme indipendentemente dalle caratteristiche temporali.

⁵⁰ Borsotti M., Campanella C., (2014). An atlas of "architectural design for existing buildings": towards a definition of founding design actions, *Heritage 2014 - 4th International Conference on Heritage and Sustainable Development. Book of abstracts*, Guimarães-Portugal, 22-25, 96.

3) *Inserimento*

La tipologia di intervento consiste nell'inserimento di uno o più volumi o componenti all'interno della struttura esistente, di cui le caratteristiche diventano cruciali nelle scelte progettuali.

4) *Sovrapposizione*

Gli interventi di questo tipo sono caratterizzati da una spiccata autonomia tra la struttura esistente e il volume nuovo.

Durante l'analisi dei casi studio, per alcune tipologie di intervento sono state da me identificate alcune sotto-categorie.



Figura 16_ *Tipologie di intervento di Riuso Adattivo*

Fonte: elaborato dal candidato

4.2 Casi studio internazionali



1 GARE MARITIME WORKSPACE

“La città nella città”: percorsi interattivi, spazi di socializzazione e il vivere nella natura.



LOCALIZZAZIONE: BRUXELLES, BELGIO

AREA: 45000 M²

PROGETTISTI: BUREAU BOUWTECHNIEK, NEUTELINGS RIEDIJK ARCHITECTS

COMMITTENTE: EXTENSA GROUP

La Gare Maritime, situata sul sito di Tour & Taxi, è un ex terminal ferroviario costruito all'inizio del XX secolo. In questa grandiosa hall storica, i progettisti hanno deciso di inserire dodici padiglioni in legno in relazione alle stradine interne, i giardini ricchi di vegetazione e le piazze, creando così l'idea di una “città dove non piove mai”. La vecchia struttura era complessivamente in buone condizioni, ad eccezione di alcuni elementi danneggiati e corrosi nella facciata posteriore e sotto le grondaie. La ristrutturazione della struttura comprende anche l'installazione di pannelli solari e l'isolamento del tetto per ridurre al minimo l'impatto ambientale del nuovo progetto.

· FUNZIONE/ UTILIZZO

· *Industriale -*

· un tempo la più grande
· stazione ferroviaria per
· merci d'Europa

· ANNO DI
· COSTRUZIONE
· 1902

STATO
Abbandono

· FUNZIONE/ UTILIZZO

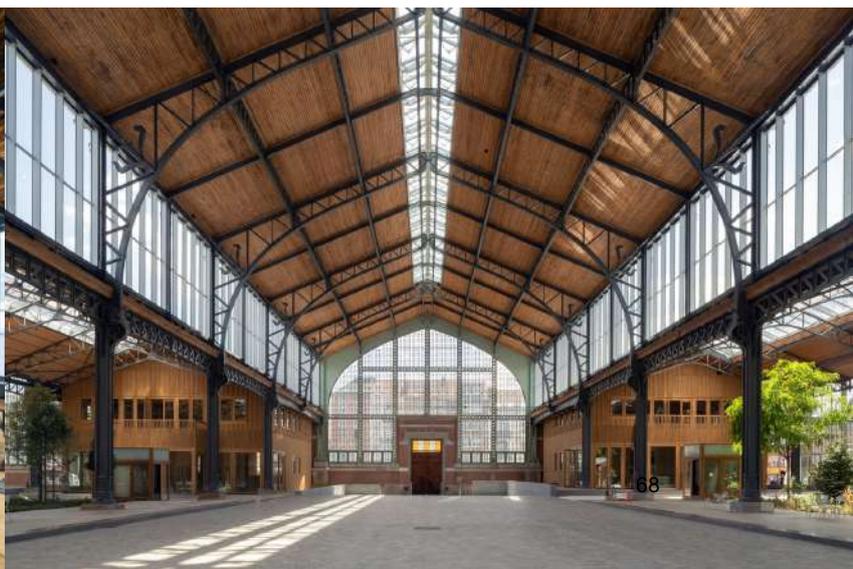
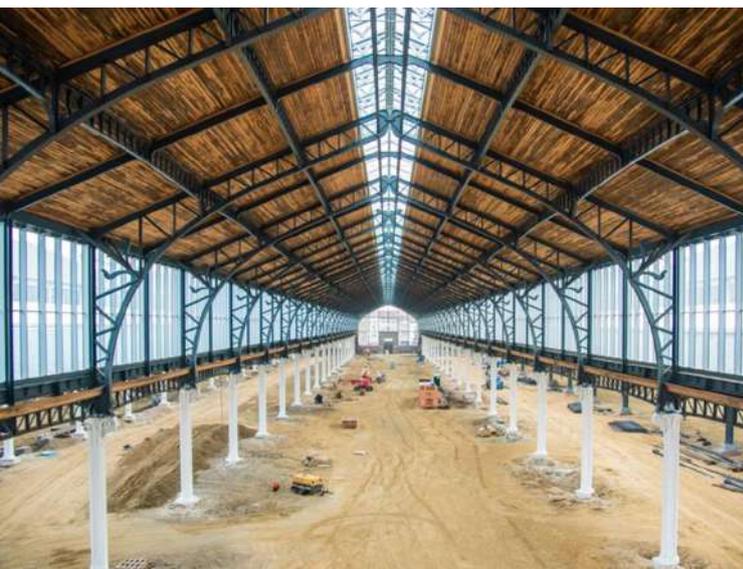
· *Culturale, commerciale, uffici -*
· “Città coperta”, con un
· programma misto di lavoro e
· shopping, e ampi spazi pubblici
· per il relax

· ANNO DI
· RIUSO ADATTIVO
· 2020

BREEAM®
OUTSTANDING

PRIMA

DOPO

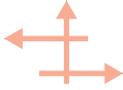




ASSEMBLABILITÀ/
MODULARITÀ/
PRE-FABBRICAZIONE



ADATTABILITÀ



FLESSIBILITÀ



STRATEGIE PASSIVE



RICICLO



RIDUZIONE RIFIUTI



RI-USO



DISASSEMBLABILITÀ/
DECOSTRUZIONE

I padiglioni di nuova costruzione che sono stati inseriti nella struttura preesistente sono costruiti in *legno lamellare certificato con il marchio FSC* tramite il metodo di *prefabbricazione a secco*;

Disponibilità di *ampi spazi* che possono essere utilizzati per eventi pubblici come mostre, feste;

La Gare Maritme è completamente *indipendente dal punto di vista energetico e non utilizza combustibili fossili*;

Attivazione di raffreddamento adiabatico;

Le facciate vetrate sono dotate di *celle solari*;

Installazione di 10.000 *pannelli fotovoltaici* su 17.000 m² dei tetti;

Implementazione dell'*energia geotermica* tramite 12 pozzi perforati fino a 140 m di profondità; e il *riutilizzo dell'acqua piovana* grazie a due serbatoi d'acqua da 1.300 m³;

Dotazione di polmoni verdi e “ammortizzazione climatica” attraverso l’inserimento di giardini interni che si estendono per 3.000 m²;

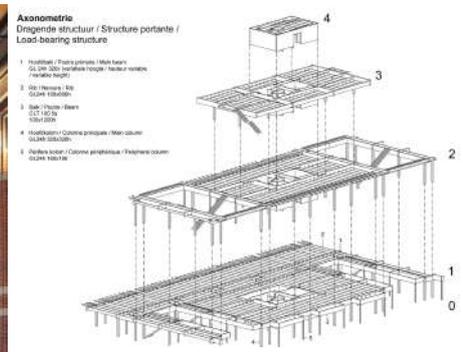
Impiego di *materiali riciclabili (legno)*;

Il riuso locale dato dal *recupero di 7.500 m² dell'acciottolato preesistente* che è stato rimosso e poi spianato per ottenere le pavimentazioni lisce in patina; il riuso di 350 m² pietra blu presente sul sito;

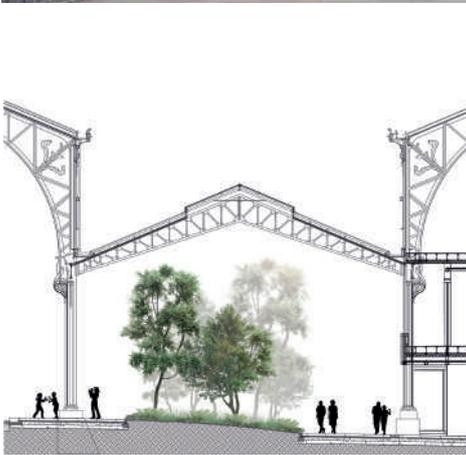
Il metodo di *assemblaggio a secco e l'ancoraggio meccanico* dei componenti in legno permettono un disassemblaggio efficace;



Vista esterna sulla facciata principale di La Gare Maritime Workspace
 Fonte: Filip Dujardin



Nuova struttura in legno lamellare
 Fonte: Filip Dujardin e concept di elaborazione dei progettisti



Giardini interni
 Fonte: Filip Dujardin e concept di elaborazione dei progettisti

2 DR. ATL 285 APARTMENT BUILDING

Spazi inclusivi e connettivi che consentano ai membri della società di vivere in un ambiente prospero e armonioso.



LOCALIZZAZIONE: CITTÀ DEL MESSICO , MESSICO

AREA: 3600 M²

PROGETTISTI: BAAQ'

COMMITTENTE: PRIVATO

L'intervento di riuso adattivo riguarda l'edificio costruito nel 1963 e utilizzato per diversi anni come fabbrica tessile. Questo progetto mostra come un corretto riutilizzo del patrimonio costruito possa apportare i benefici alla popolazione e all'ambiente, salvaguardando la memoria del luogo.

La struttura realizzata interamente in cemento armato rimane intatta durante l'intervento e ospita al suo interno 35 abitazioni loft. Il progetto prevede l'inserimento dei corpi modulari in legno, che svolgono la funzione delle pareti divisorie e degli arredi, con la capacità di essere riconfigurati e ridimensionati nel futuro.

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

Industriale/

una fabbrica di produzione
tessile

ANNO DI

CONSTRUZIONE

1963

STATO

Abbandono

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

Residenziale/

con 35 appartamenti loft

ANNO DI

RIUSO ADATTIVO

2018



Edge
Excellence in Design
For Greater Efficiencies

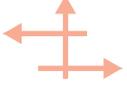




ASSEMBLABILITÀ/
MODULARITÀ/
PRE-FABBRICAZIONE



ADATTABILITÀ



FLESSIBILITÀ



STRATEGIE PASSIVE



RICICLO



RI-USO



DISASSEMBLABILITÀ/
DECOSTRUZIONE

La generazione del *progetto modulare* che può essere replicato per generare appartamenti di diverse dimensioni e configurazioni, adattandosi alle esigenze del mercato e permettendo di sfruttare la condizione reticolare dell'edificio;

I corpi modulari, inoltre, si pongono come *divisori tra gli spazi interni*;



Sfruttando la geometria della struttura esistente, è stato proposto un sistema di configurazione che prevede *l'inserimento dei moduli* negli spazi privati, offrendo così una *flessibilità* per diverse composizioni, dimensioni e configurazioni;

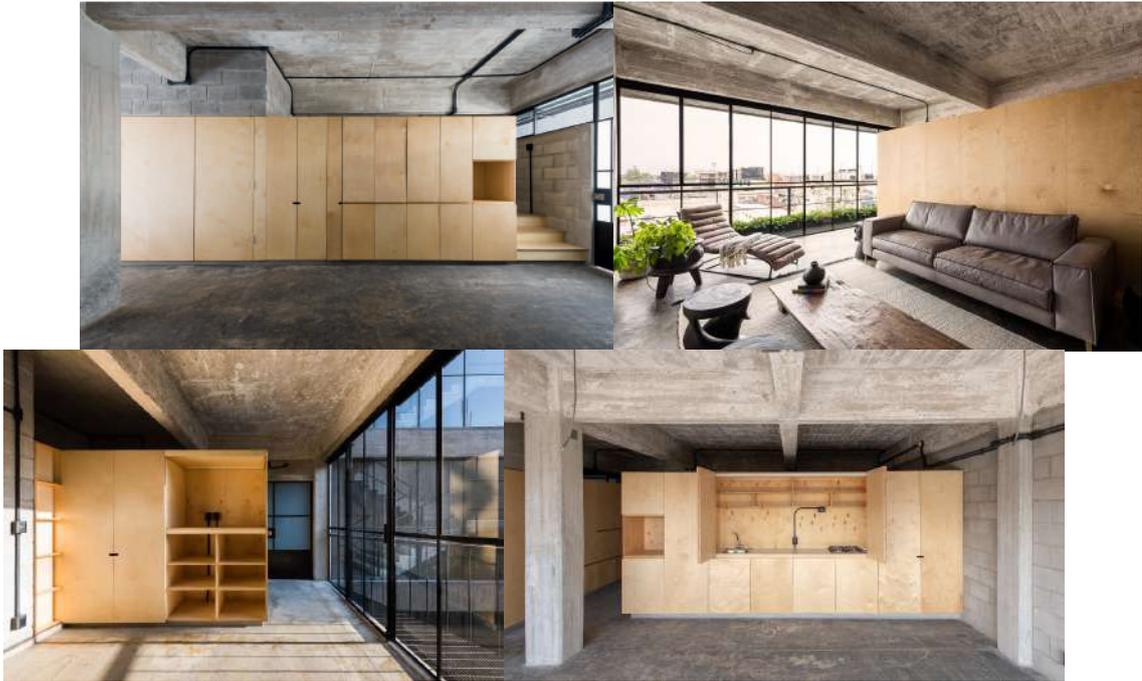
Promozione della *produzione e il consumo sostenibile* attraverso la progettazione dell'*orto sul tetto* che produce alimenti per tutti gli utenti del progetto e crea una connessione sociale tra tutti i vicini;

Installazione di un *impianto solare di trattamento delle acque* sotto il vecchio cortile e un sistema di *raccolta dell'acqua piovana* che copre il 96% del tetto per la raccolta dell'acqua piovana, contribuiscono a soddisfare fino al 45% del fabbisogno di acqua calda ricircolando tutta l'acqua utilizzata;

Il cortile al piano terra è caratterizzato da un *giardino con alberi e varia vegetazione*, i quali mitigano il calore e promuovono la *qualità dell'aria*, come anche gli orti sul tetto;

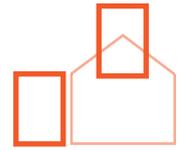
I moduli in legno di betulla possono essere *riciclati o riutilizzati* in un altro progetto;

L'intervento modulare permette un *disassemblaggio rapido*; la *reversibilità del progetto* è garantita dalla decisione dei progettisti di lasciare completamente *intatta la struttura preesistente* in cemento armato.



3 THE GREEN BUILDING

L'edificio come un catalizzatore per la rinascita dell'intero quartiere ed esempio per i progetti futuri di riuso adattivo ecologico.



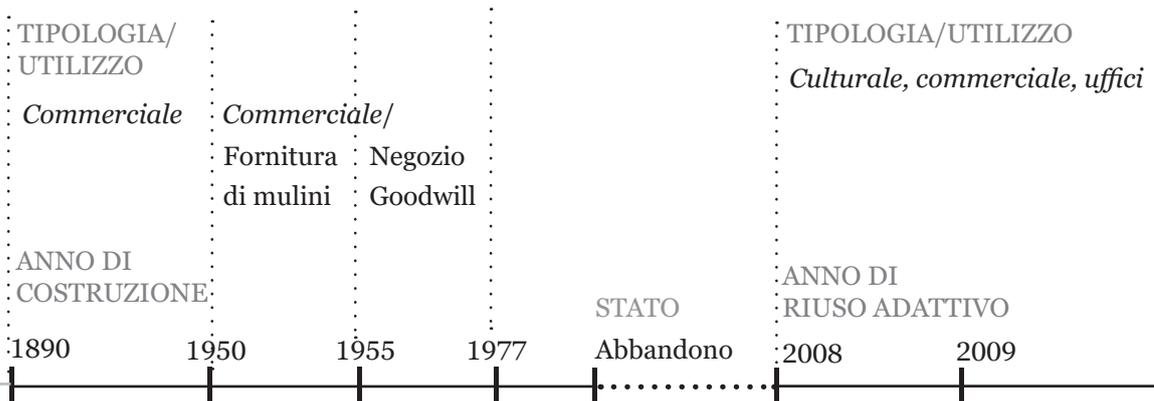
LOCALIZZAZIONE: LOUISVILLE, STATI UNITI

AREA: 945 M²

PROGETTISTI: (FER) STUDIO

COMMITTENTE: AUGUSTA E GILL HOLLAND

Il progetto The Green Building prevede il riuso adattivo di un edificio originariamente costruito con una funzione commerciale e gli attribuisce una funzione di centro artistico ad uso collettivo. La progettazione accurata ha permesso alle caratteristiche ecosostenibili del progetto di adattarsi al meglio e di instaurare una naturale connessione tra il design e la sostenibilità.





STRATEGIE PASSIVE

Un *tetto verde*, tre grandi barili per la *raccolta di acqua piovana* e un *giardino pluviale* aiutano a immagazzinare e filtrare l'acqua piovana che defluisce, fornendo allo stesso tempo acqua per l'irrigazione; inoltre attenua il deflusso dell'acqua, isola e riduce l'effetto "isola di calore".

Installazione di una *parete verde* con vegetazione che cresce da una parete di rete e zolle, con l'acqua fornita da un sistema a goccia montato sul tetto;

Grazie al posizionamento di 81 *pannelli fotovoltaici*, a un *sistema di stoccaggio del ghiaccio* e a dodici *pozzi geotermici* situati sotto l'edificio, l'efficienza energetica totale del Green Building è pari al 68% e supera le norme energetiche del Kentucky del 65%;

I nuovi *materiali* sono stati *reperiti localmente*, compresi i pannelli di acero bianco certificati dal FSC;



RECUPERO/ RICICLO



RI-USO



RIDUZIONE RIFIUTI

Riutilizzo di una grande parte *dei materiali* dell'edificio originale, come ad esempio, il legno strutturale dell'edificio originale è stato trasformato in pavimenti e mobili finiti. I mattoni dell'edificio preesistente sono stati smontati con cura e riutilizzati in altre aree della ristrutturazione, ovvero per le pareti esterne e le fiorerie;

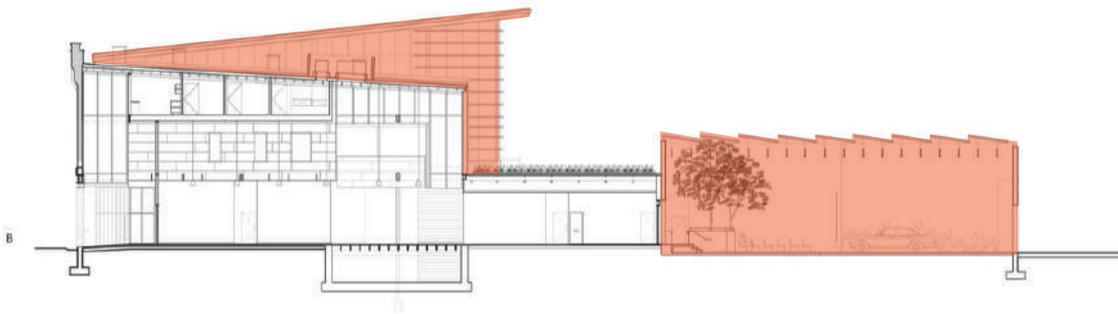
Durante l'intervento viene impiegata un'alta percentuale di *materiali riciclati*, tra cui il 100% dei pavimenti, il 70% delle finestre e l'80% dell'isolamento delle pareti, realizzato con i jeans blue riciclati;

Produzione di blocchi di cemento *con i sottoprodotti* delle centrali elettriche a carbone;

Sottrazione alla discarica di 420 m³ di materiale di demolizione, donandolo ai *cantieri di recupero locali*, alle imprese edili, a un'azienda agricola vicina e a Habitat Restore for Habitat.



Vista esterna sul Green Building
Fonte: Ted Wathen, Quadrant Studios



Sezione longitudinale. Volumi di nuova costruzione
Fonte: elaborato dai progettisti



Spazi interni: uffici, hall a doppia altezza
Fonte: Ted Wathen, Quadrant Studios

4 BAOSHAN WTE EXHIBITION CENTER



L'intervento promotore delle strategie circolare e la rappresentazione di coesione tra gli opposti.

LOCALIZZAZIONE: SHANGHAI, CINA

AREA: 725 M²

PROGETTISTI: KOKAISTUDIOS

COMMITTENTE: SIIC BAO STEEL ENVIRONMENTAL RESOURCES TECHNOLOGY CO., LTD.

Il Baowu Steel Group parte dalla volontà vuole costruire un impianto di termovalorizzazione dei rifiuti con annessa area parco, edifici per uffici e un museo sul sito della sua ex acciaieria. Per attirare investitori e inquilini nell'area, l'azienda ha commissionato allo studio di architettura Kokaistudios di Shanghai la progettazione di un centro espositivo. La ristrutturazione architettonica del Baoshan Exhibition Center di Kokaistudios costituisce un punto di riferimento in particolare per il dialogo tra passato industriale e futuro ecologico. Attraverso un approccio consapevole ai materiali, sia all'interno che all'esterno, il progetto preserva l'importante eredità della struttura, consentendo allo stesso tempo di aprire lo spazio ai suoi ruoli futuri.

: TIPOLOGIA/ UTILIZZO

: *Industriale/*

: la produzione di acciaio

: PERIODO DI
: COSTRUZIONE

: XX sec.

STATO

Abbandono

: TIPOLOGIA/ UTILIZZO

: *Culturale, educativo/*

: centro espositivo ed educativo
: per gli studenti che studiano le
: strategie di energia verde

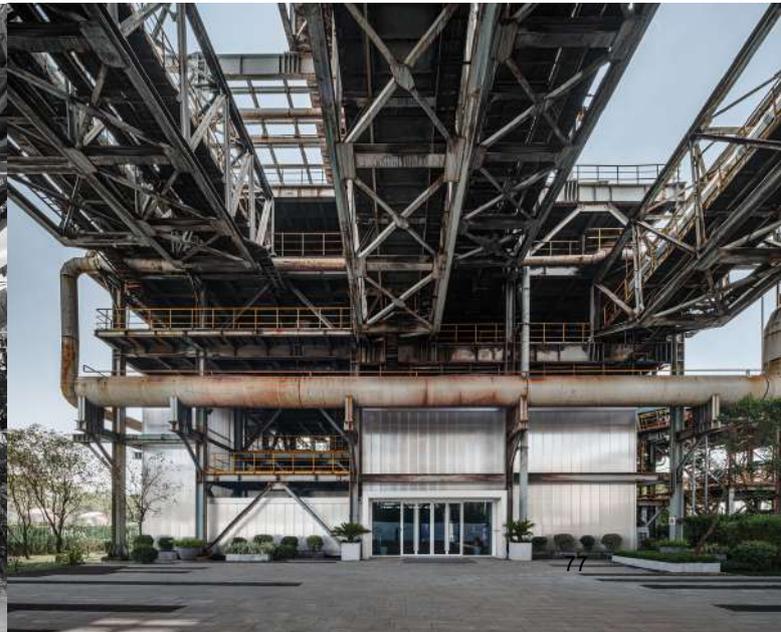
: ANNO DI
: RIUSO ADATTIVO

: 2020

PRIMA



DOPO

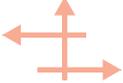




ASSEMBLABILITÀ/
MODULARITÀ/
PRE-FABBRICAZIONE



ADATTABILITÀ



FLESSIBILITÀ



RIDUZIONE RIFIUTI



RICICLO



RI-USO



DISASSEMBLABILITÀ/
DECOSTRUZIONE/
PROGETTAZIONE A
STRATI

Inserimento di nuovi *volumi modulari* all'interno dell'edificio caratterizzato da una forte *flessibilità incorporata*;



Adozione di un *approccio leggero* tramite la realizzazione dell'involucro in *policarbonato* che segue il perimetro dell'edificio esistente, dove i profili in *acciaio* verniciati di bianco costituiscono lo scheletro del nuovo intervento;

Il materiale *si integra* anche con l'ingombro e il peso delle tubature conservate e dei macchinari arrugginiti ospitati all'interno dell'involucro;



La massima flessibilità è stata raggiunta attraverso una *progettazione modulare e prefabbricata*;

Gli *arredi indipendenti* conferiscono alla totale flessibilità spaziale;

Demolizione minima che comprende solo alcune scale di servizio che erano in conflitto con la disposizione dello spazio espositivo;

Impiego di *materiali completamente riciclabili*;

I materiali impiegati vengono classificati e accompagnati da un *passaporto* contenente tutte le relative informazioni, che facilita il riuso e il riciclo di essi;

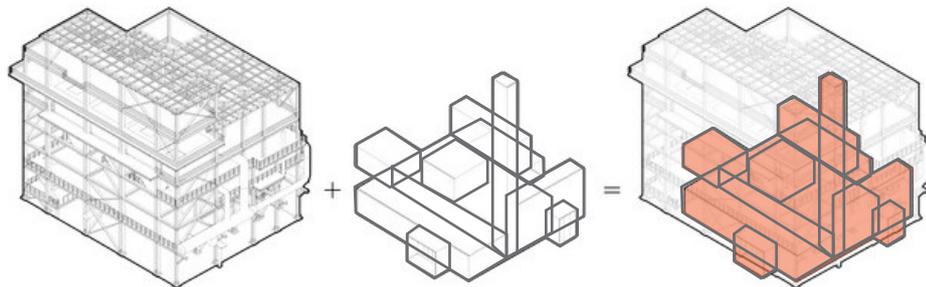
L'*involucro* in policarbonato è completamente *indipendente dalla struttura esistente*, facilmente disassemblabile e riutilizzabile;

Il pavimento è costituito da lastre di cemento di grande formato su doppi supporti alla stessa altezza delle fondazioni in cemento armato dell'impianto industriale circostante; nei bagno a pavimentazione vengono utilizzate le *lastre in acciaio inossidabile*;

Partizioni interne sono realizzate con il *metodo a secco*.



*Vista esterna sul Baoshan WTE
Exhibition Center*
Fonte: Terrence Zhang



Manifesto Concept. Preservazione della memoria industriale
Fonte: elaborato dai progettisti



Rapporto tra l'esistente e nuovo. Spazi interni
Fonte: Terrence Zhang

5 ROOFTOP PRIM

La funzione ed estetica a servizio del Palazzo antico.



LOCALIZZAZIONE: CITTÀ DEL MESSICO, MESSICO

AREA: 870 M²

PROGETTISTI: PRODUCTORA

COMMITTENTE: PROYECTO PÚBLICO PRIM

Come alternativa alla demolizione di edifici storici nella Città del Messico, il progetto Rooftop Prim mostra come strutture di valore possano essere riutilizzate e adattate in modo intelligente, quando non ci sono o non sono ancora disponibili i finanziamenti per un restauro su larga scala. Il progetto esplora la qualità estetica dell'edificio "così come è stato trovato" e valorizza questa esperienza contrappo-
nendola a un intervento contemporaneo.

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

Residenziale/

Palazzo storico

PERIODO DI
COSTRUZIONE

1906

STATO

Abbandono

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

Culturale/

Centro adibito alle mostre ed
eventi

ANNO DI
RIUSO ADATTIVO

2019

Coesione tra l'antico e nuovo

Fonte: Onnis Luque



6 MONASTERY OF SAN JUAN COVER

Atto di preservazione dell'antico Monastero in correlazione con una pratica di riuso adattivo per la dotazione uno spazio sociale.



LOCALIZZAZIONE: BURGOS, SPAGNA

AREA: 1300 M²

PROGETTISTI: BSA

COMMITTENTE: PUBBLICO

Il progetto di copertura delle rovine della chiesa del Monastero di San Juan ha lo scopo di proteggere i reperti architettonici del Tempio e di restituire un nuovo spazio protetto alla comunità per lo svolgimento di attività culturali, in qualsiasi condizione meteorologica. Dal punto di vista costruttivo, questo tipo intervento è fortemente rispettoso dei resti architettonici. I piani della copertura si estendono oltre i limiti delle rovine, al di sopra dei muri, per garantire la protezione dell'architettura antica, ricreando un effetto "galleggiante".

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

Religioso/
Monastero, ospedale per i pellegrini ed apparteneva all'ordine benedettino

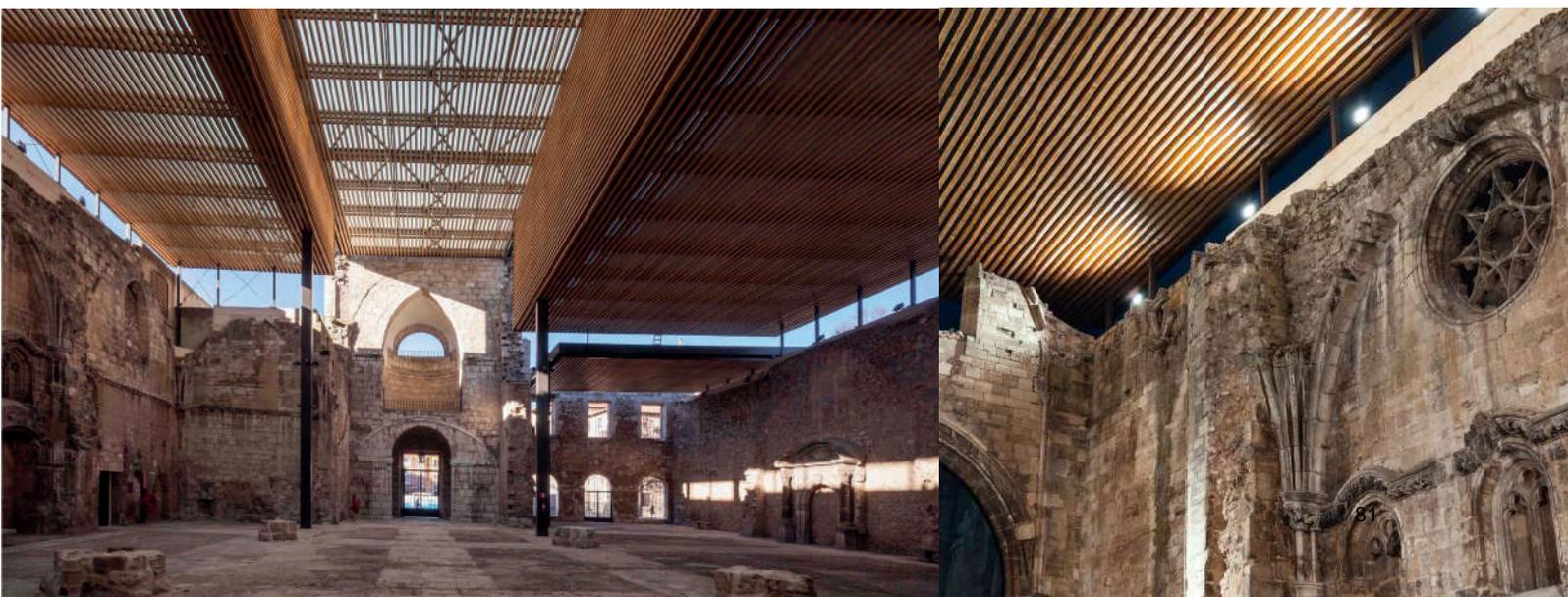
PERIODO DI COSTRUZIONE
1091, XI sec.

STATO
Abbandono

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

Culturale/
Spazio adibito agli eventi, mostre

ANNO DI RIUSO ADATTIVO
2015



7 ROOF OVER THE WALLS OF THE OLD BAÑOS CHURCH



Una copertura funzionale tendente a ricreare l'aspetto originale e garantire l'impermeabilità degli spazi.

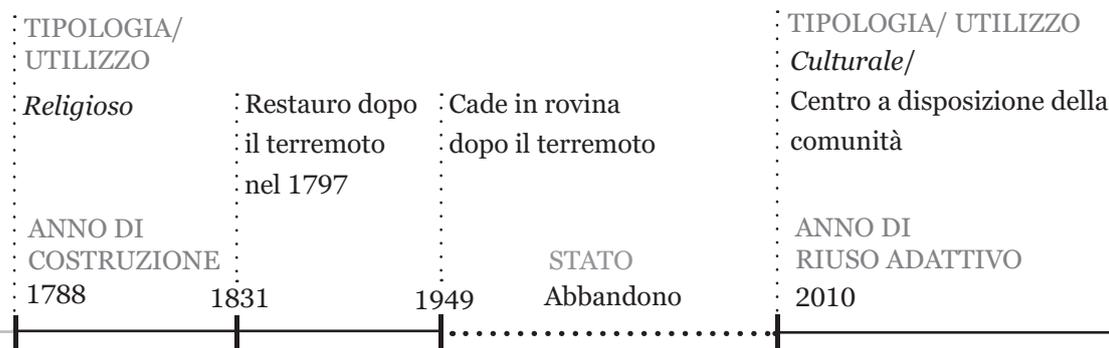
LOCALIZZAZIONE: BAÑOS, ECUADOR

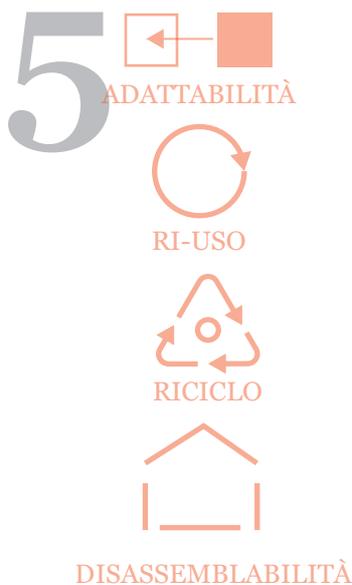
AREA: 437 M²

PROGETTISTI: BROWN MENESES ARQUITECTOS

COMMITTENTE: PUBBLICO

Partendo dalla necessità di recupero e preservazione degli spazi identificati come patrimonio culturale, ovvero come spazi che rappresentano un forte significato locale, regionale e del paese, il Ministero della Cultura di Ecuador ha avviato il progetto di riuso adattivo di Old Baños Church. La chiesa, infatti, viene coperta in maniera accurata, per ospitare al suo interno gli eventi riservati alla comunità. Una copertura fatta di materiali di qualità e leggeri, garantisce una buona illuminazione naturale, la ventilazione efficiente, fornendo così uno spazio molto accogliente dei visitatori.





Utilizzo di travi in acciaio a sostegno della copertura leggera in lastre di policarbonato;

L'acciaio può essere riutilizzato più volte;

L'utilizzo dei materiali completamente riciclabili come il policarbonato e l'acciaio;

Struttura di copertura a impalcatura montata a secco, un metodo che permette di disassemblare la copertura;



La riduzione degli supporti garantisce il mantenimento di ampi spazi del Monastero;

L'utilizzo di lamelle in legno e pannelli in vetro a rivestimento delle travi di copertura in acciaio permettono il riutilizzo e il riciclo di essi;

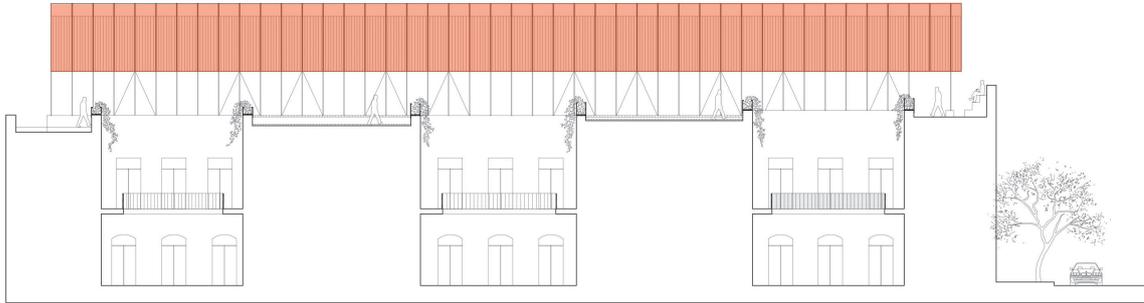
La struttura della copertura è indipendente, mantiene quindi inalterata la percezione dei resti architettonici e rappresenta una scelta fortemente rispettosa dei resti architettonici; il supporto della copertura è ridotto al minimo con pilastri situati nella navata centrale.



Protezione le pareti e lo spazio interno con materiali strutturali e di copertura che ne garantiscano la durata nel tempo, ottenendo uno spazio interno aperto;

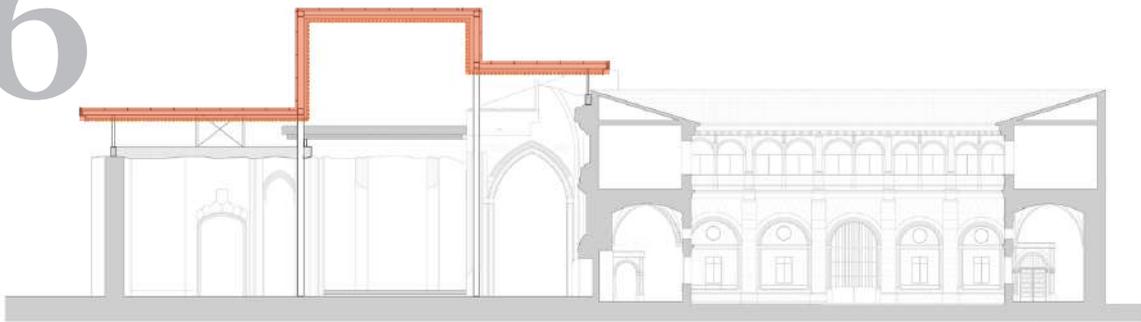
L'impiego di struttura metallica (copre grandi luci con piccole sezioni), policarbonato traslucido, i quali possono essere riutilizzati o riciclati;

5



Sezione longitudinale. I cortili interni e la copertura a due falde
 Fonte: elaborato dai progettisti

6

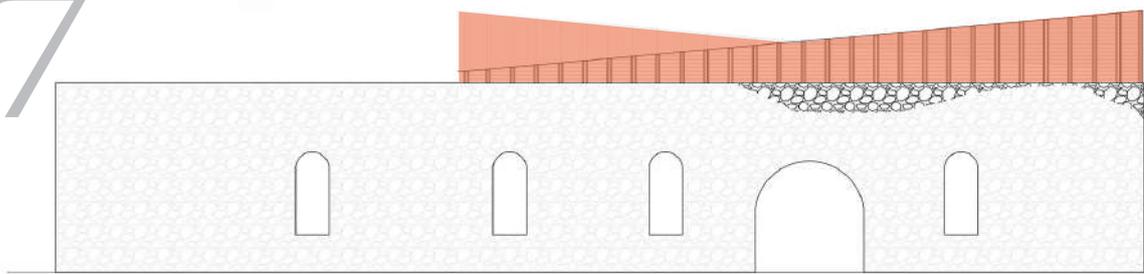


Sección 01

Sezione trasversale. Copertura del Monastero di San Juan.
 Fonte: elaborato dai progettisti



7



FACHADA NORTE
 ESCALA 1:200

Sezione longitudinale. La copertura nuova.
 Fonte: elaborato dai progettisti

8 FABERS FABRIKKER

“Casa nella casa”, dove la preesistenza viene preservata e valorizzata da un intervento innovativo e sostenibile.



LOCALIZZAZIONE: RYSLINGE, DANIMARCA

AREA: 500 M²

PROGETTISTI: ARCGENCY IN COLLABORAZIONE CON EKOLAB AND AARHUS SCHOOL OF ARCHITECTURE

COMMITTENTE: FAABORG-MIDTFYN KOMMUNE

Il progetto di riuso adattivo di Fabers Fabrikker si evolve in maniera sostenibile, sviluppando il metodo di costruzione modulare, che fornisce le abitazioni accessibili, attraenti e in rispetto dell'ambiente. Grazie a questo metodo di intervento sull'architettura preesistente, è stato possibile preservare l'identità locale del sito, esprimendo interessanti qualità spaziali.

La maggior parte della fabbrica è stata mantenuta nello stato originale, solo le parti che erano in condizioni critiche sono state ristrutturare.

Le superfici originali, con le loro tracce di usura e il soffitto a volta in mattoni, sono in netto contrasto con i nuovi nuclei in legno: un contrasto che attribuisce all'abitazione un grande fascino.

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

Industriale

PERIODO DI COSTRUZIONE

1900

STATO

Abbandono
2015

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

Residenziale

ANNO DI

RIUSO ADATTIVO
2020

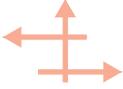




ASSEMBLABILITÀ/
MODULARITÀ/
PRE-FABBRICAZIONE



ADATTABILITÀ



FLESSIBILITÀ



SOFTWARE
INNOVATIVI



RIDUZIONE RIFIUTI



RICICLO



RI-USO



DISASSEMBLABILITÀ/
PROGETTAZIONE A
STRATI

I nuovi nuclei abitativi sono costruiti secondo una *griglia modulare* e sono costruiti con materiali *standard*, misure standard e con angoli retti; ciò consente la conversione di edifici funzionali in abitazioni su base *economica e razionale*;



Adattabilità della nuova costruzione è garantita dalla *progettazione modulare*;



La massima *flessibilità e spazi ampi* sono grazie all'inserimento dei moduli abitativi flessibili anch'essi; *Partizioni interne minime*;

L'utilizzo delle *strategie digitali e parametriche* che vengono implementate in modo vantaggioso nella conservazione e nella trasformazione dell'edificio.

Creazione di un modello di *edificio scansionato in 3D* insieme a modelli parametrici e alla *fabbricazione digitale* del legno, per lo sviluppo di progetti di riuso adattivo, in cui una parte di patrimonio edilizio viene trasformata e ottiene una nuova funzione;

Demolizione assente;

Riduzione dei rifiuti da produzione e da costruzione grazie alla *standardizzazione* dei nuovi volumi;

La costruzione del nucleo *interamente in legno*, ovvero le costruzioni portanti, l'isolamento, i soffitti, le pareti e i pavimenti;

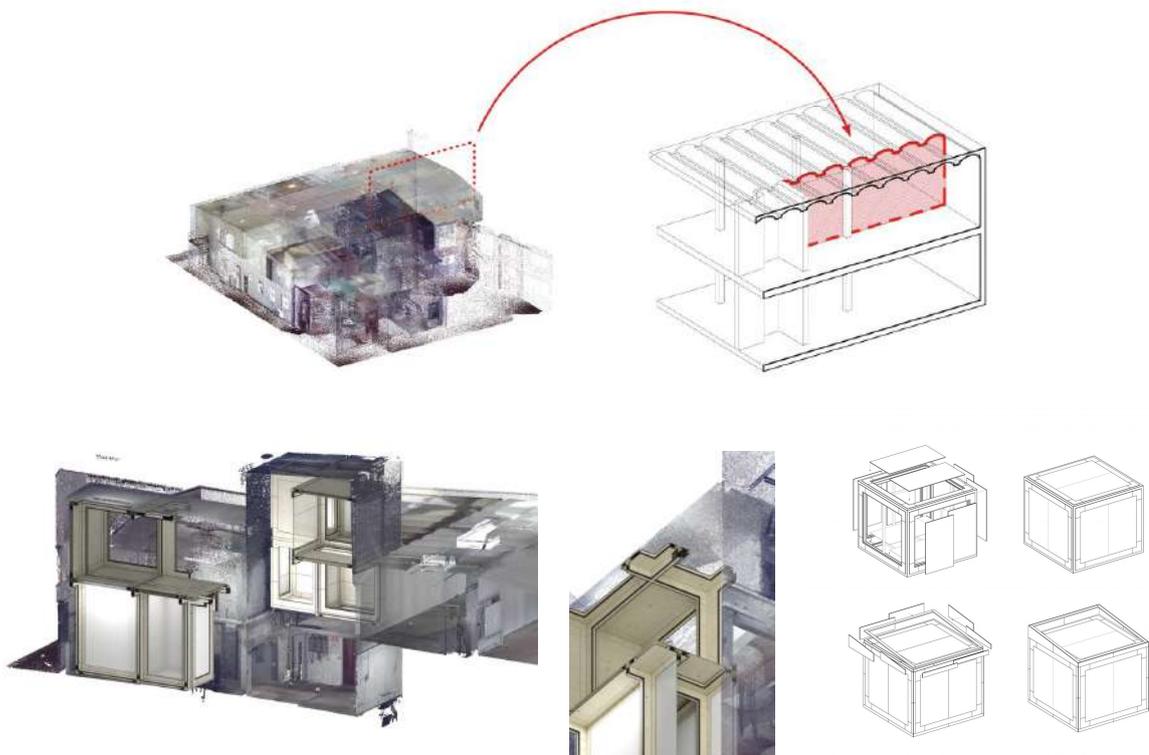
Ogni abitazione è composta da un nucleo (una costruzione in legno) che viene inserito in un involucro (l'edificio esistente) in modo indipendente, avviando così una *progettazione a strati*;

I nuclei modulari sono *indipendenti* dalla struttura preesistente e possono essere *disassemblati*;

Il *montaggio* dei moduli avviene *meccanicamente* (viti, ecc.);



La coesione tra la struttura preesistente e l'intervento nuovo
 Fonte: Rasmus Hjortshøj/ COAST Studio and Arcgency



Software digitali per la scansione dell'esistente
 Fonte: Aarhus School of Architecture



I nuclei modulari che compongono gli spazi interni
 Fonte: Rasmus Hjortshøj/ COAST Studio and Arcgency

4.3 Casi studio in Italia



1 OGR

Le Officine Grandi Riparazioni: una coesione tra forte connotazione storica e l'innovazione sociale.



LOCALIZZAZIONE: TORINO, ITALIA

AREA: 20000 M² (SUP. INTERNA), 35000 M² (SUP. COMPLESSIVA)

PROGETTISTI: NICOLA SINISCALCO/ STUDIO BOFFA PETRONE & PARTNERS/
GARIBALDI ARCHITECTS

COMMITTENTE: FONDAZIONE OGR - CRT

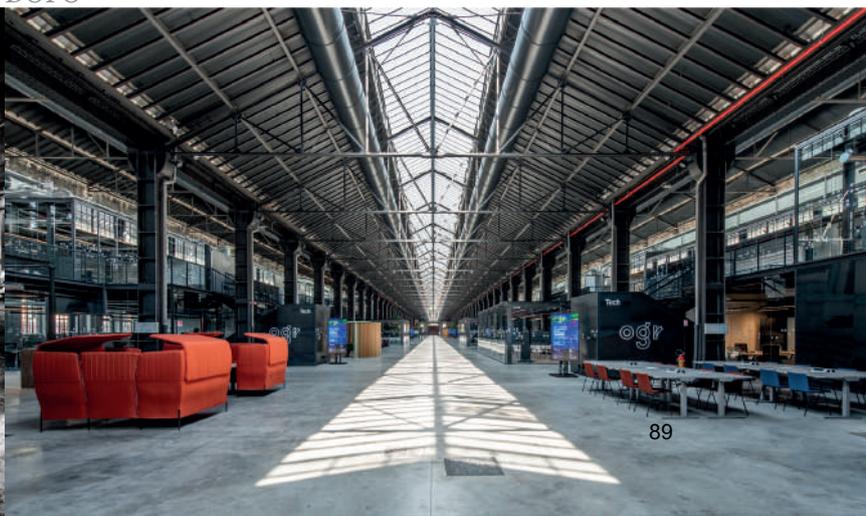
Le Officine Grandi Riparazioni, sottoposte all'intervento di riuso adattivo, rappresentano un momento di salvaguardia del patrimonio architettonico importante. Il progetto è caratterizzato da una significativa offerta pubblica, in quanto dispone degli spazi destinati alle attività espositive e museali, spazi adibiti alla ristorazione e attività terziarie, oltre agli uffici. Il progetto prevede che la costruzione mantenga al massimo il suo aspetto storico sia all'esterno sia all'interno. Gli spazi sono caratterizzati da una grande flessibilità, la quale permette di adattare lo spazio a diverse funzioni, che sono maggiormente richiesti in un certo periodo di tempo, come ad esempio quando nel 2020 la struttura ha accolto al suo interno i reparti ospedalieri temporanei.



PRIMA



DOPO

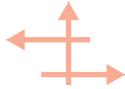




ASSEMBLABILITÀ/
MODULARITÀ/
PRE-FABBRICAZIONE



ADATTABILITÀ



FLESSIBILITÀ



STRATEGIE PASSIVE



RICICLO



RI-USO



RIDUZIONE RIFIUTI



DISASSEMBLABILITÀ

Introduzione dei *moduli prefabbricati in vetro e alluminio* nella manica destinata agli uffici;

Le *altezze elevate* dell'edificio industriale permettono una forte adattabilità degli spazi per le nuove funzioni di vario genere;

Presenza minima di partizioni interne, risultando reversibili garantiscono la flessibilità degli spazi;

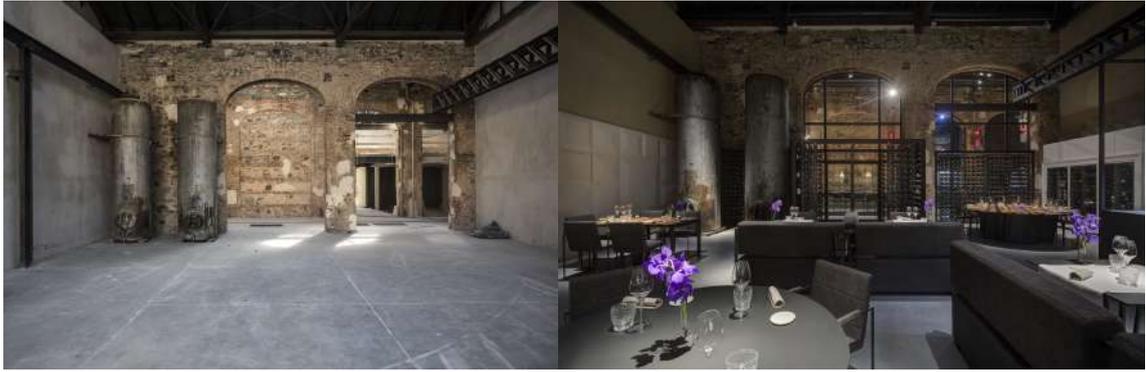
Una maggiore efficienza energetica grazie all'installazione di *sistemi di stoccaggio e di riutilizzo dell'acqua* con l'obiettivo di impiego nei sistemi di raffrescamento e riscaldamento;

Impiego di materiali come *acciaio e vetro*, i quali presentano alte potenzialità di riutilizzo o riciclo futuro;

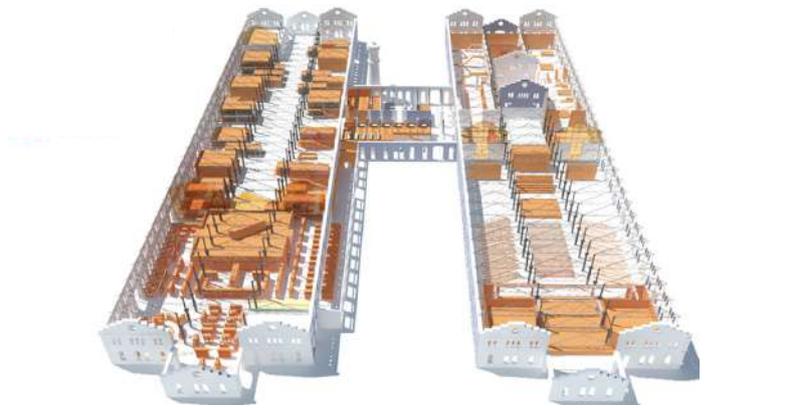
L'utilizzo significativo dei *materiali tradizionali locali di recupero* presenti sul sito in seguito al crollo di alcune parti dell'edificio, soprattutto di pietre della Val di Susa;

Demolizione parziale riguarda soprattutto le strutture in *metallo*, come la copertura e gli infissi, *riciclabili* e questo evita il loro trasporto in discarica;

I *moduli prefabbricati* sono facilmente disassemblabili;



Il mantenimento del carattere storico dell'edificio
 Fonte: Daniele Ratti/ Pietro Ottaviano



Inserimento dei moduli e delle componenti costruttive nella struttura preesistente
 Fonte: Società OGR-CRT



Spazi espositivi e di socializzazione
 Fonte: Dire Fare Mole/
www.ogrtorino.it



Vista dall'esterno
 Fonte: Luigi De Palma

2 TECNOPOLO PER LA RICERCA SHED 19



La conservazione della memoria del passato e la predisposizione degli spazi volti alla ricerca per il futuro.

LOCALIZZAZIONE: CADELBOSCO DI SOPRA (RE), ITALIA

AREA: 3600 M²

PROGETTISTI: ANDREA OLIVA ARCHITETTO CON STUDIO ALFA SRL

COMMITTENTE: COMUNE DI REGGIO EMILIA

Il degrado delle Officine Reggiane, oggi Tecnololo per la ricerca nel capannone 19, è stato causato, secondo il progettista, dall'assenza della componente umana, dei lavoratori all'interno della struttura. Infatti, l'edificio sottoposto al riuso adattivo accoglie al suo interno gli uffici, i laboratori di ricerca e startup, e recupera la vitalità dei vecchi tempi.

L'intervento prevede la conservazione della maggior parte della struttura e degli elementi caratteristici, portatori della memoria storica. Mentre, viene sostituita la copertura con una più efficiente dal punto di vista energetico e vengono installati nuovi corpi adiacenti alla preesistenza ed inseriti i moduli all'interno dell'edificio. La flessibilità, la reversibilità e l'innovazione sono le caratteristiche che emergono maggiormente nel progetto.

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

Industriale

ANNO DI
COSTRUZIONE

1901

STATO
Abbandono

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

Uffici/

Centro di ricerca con uffici e
laboratori, e startup innovati-
ve

ANNO DI
RIUSO ADATTIVO

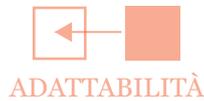
2013

PRIMA



DOPO





Inserimento di *moduli strutturali in legno* massiccio realizzate con il sistema Platform Frame giuntato di testa a tutta sezione, che ospitano laboratori e uffici;

Assemblaggio a secco dei moduli;

Le *altezze elevate* dell'edificio industriale permettono una forte adattabilità degli spazi;

La flessibilità è garantita dalla possibilità di *aggregare in maniera diversa, aggiungere o togliere i volumi* di nuova costruzione, adattando l'edificio a diverse esigenze;

I corpi modulari sono *autosufficienti* dal punto di vista *energetico*;

Rimozione della copertura vecchia e la costruzione di una nuova con *prestazioni termiche migliori*;

Impiego di *materiali* completamente *riciclabili* con *basso valore di energia incorporata*;

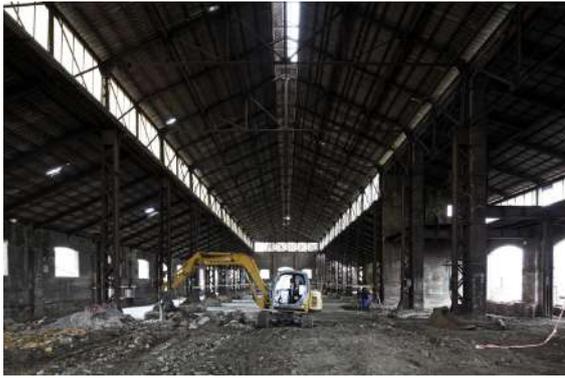
La possibilità dei *moduli* di essere riutilizzati in futuro;

Riduzione degli scarti di produzione grazie al metodo di *prefabbricazione*;

I *moduli prefabbricati* sono facilmente disassemblabili, in quanto strutturalmente indipendenti dalla costruzione esistente;

Il sistema di fissaggio alle fondazioni è *meccanico* e prevede l'utilizzo di barre d'acciaio filettate e di piastre di contenimento angolari;

Intervento minimo, *reversibile*.



Spazi interni. Sopra: assemblaggio dei moduli. Sotto: la sovrapposizione dei corpi modulari
 Fonte: Laurian Ghinitoiu/ Kai-Uwe Shutle-Bunert

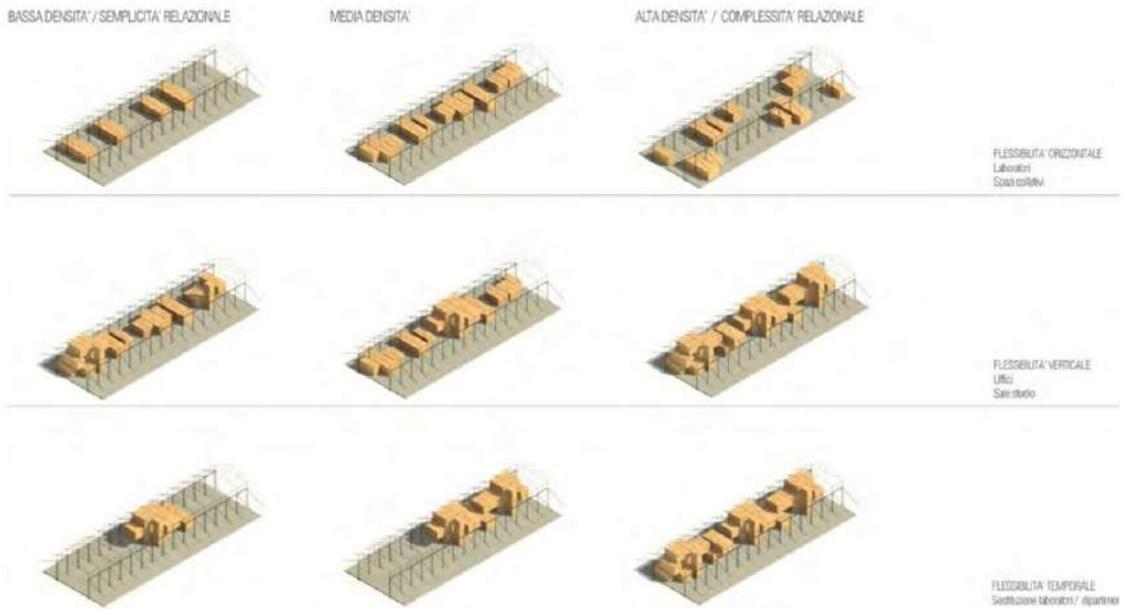


Diagramma delle tipologie di aggregazione modulare
 Fonte: elaborato dai progettisti

3 CORTE BERTESINA

Il luogo di convivenza armoniosa tra natura e l'uomo.



LOCALIZZAZIONE: VICENZA, ITALIA

AREA: 2258 M²

PROGETTISTI: TRAVERSO-VIGHY ARCHITETTI

COMMITTENTE: AZIENDA AGRICOLA TAPPARO

La Corte Bertesina, sottoposta al riuso adattivo, diventa un punto di coesione di valori storici rurali e agricoli e di innovazione verso gli aspetti della sostenibilità ambientale e sociale. Il progetto prevede un intervento tende ad intervenire sull'esistenza in modo olistico, che mette in centro la figura dell'utente che vive gli spazi. Infatti, una forte attenzione si presta all'utilizzo dei materiali naturali locali e tradizionali, come legno e pietra, come anche allo studio attento di strategie che possano avere forti benefici ambientali, come lo studio dell'illuminazione, ventilazione ed isolamento degli spazi dell'edificio.

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

Residenziale, agricolo

PERIODO DI COSTRUZIONE

800'

STATO

Sottoutilizzo

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

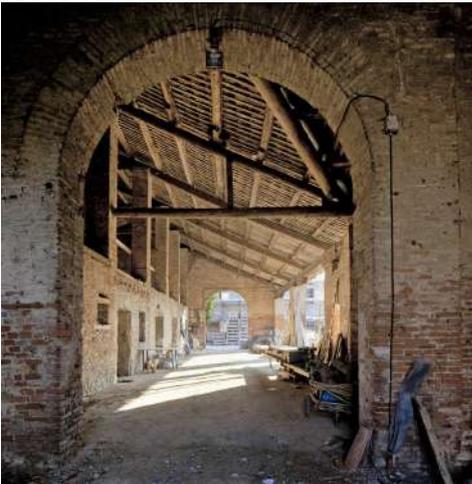
Residenziale, culturale, agricolo, educativo, commerciale/ Centro di attività culturali e didattiche; attività di vendita e di ospitalità

ANNO DI RIUSO ADATTIVO

2017

PRIMA

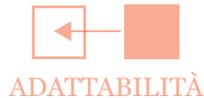
DOPO





Applicazione dei metodi di *costruzione leggera* e di *prefabbricazione* dei vari elementi costruttivi in *X-lam* con una conseguente *riduzione dei tempi di esecuzione*;

La maggior parte dei componenti costruttivi, in *legno, acciaio e pietra*, è stata costruita fuori dal cantiere da aziende industriali e artigiani locali, e poi *assemblata a secco* in sito utilizzando i connettori metallici;



Le *pareti perimetrali* nuove sono *leggere* e non incidono in modo impattante sulla struttura portante esistente;

La produzione dei materiali avviene con *l'utilizzo di sistemi a controllo numerico*, i quali garantiscono l'adattabilità di essi nella struttura esistente;



Ampi spazi caratterizzati da partizioni minime interne;



Installazione di *pannelli fotovoltaici*;

Il risparmio energetico e il comfort termico si raggiungono attraverso uno *studio accurato di soleggiamento* dell'edificio e la scelta delle *forme della coperture*;

Un *impianto geotermico per la climatizzazione*;



Il *disassemblaggio* delle parti costruttive permette un futuro riciclo o riuso di essi;



Riduzione degli scarti da produzione grazie al metodo di *prefabbricazione* e *l'utilizzo di sistemi a controllo numerico*;



Ancoraggio meccanico delle pareti interne nuove offre la possibilità di smontaggio futuro;



*Spazi interni.
Elementi costruttivi in
legno prefabbricati*
Fonte: Alessandra
Chemollo

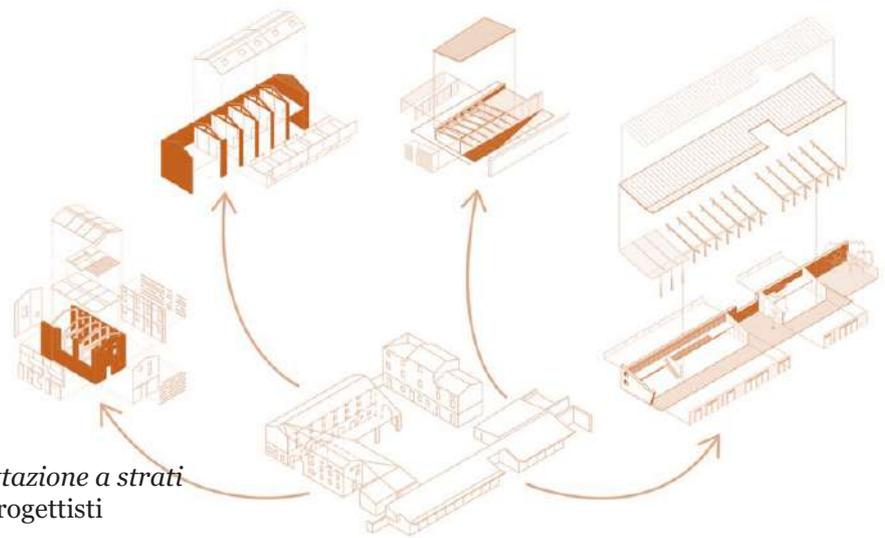


Diagramma di Progettazione a strati
Fonte: elaborato dai progettisti



Facciata esterna della Corte Bertesina
Fonte: Alessandra Chemollo

4 CASCINA ROCCA FRANCA

Un atto di salvaguardia del sito di patrimonio culturale attraverso il fluire delle energie della comunità locale.



LOCALIZZAZIONE: TORINO, ITALIA

AREA: 2500 M² DI SPAZI COPERTI, 1000 M² CORTILE ESTERNO

PROGETTISTI: CROTTI+FORANS ARCHITETTI, ANTONIO DE ROSSI, ATC

PROGETTO, STUDIO GSP

COMMITTENTE: CITTÀ DI TORINO-COMITATO URBAN 2

Un esempio di riuso adattivo nella città di Torino è quello della Cascina Roccafranca nel quartiere di Mirafiori Nord, che mostra come attraverso il recupero di un edificio in abbandono si arriva alla rivitalizzazione di uno spazio utile per gli abitanti del quartiere. Questo progetto è stato sostenuto dal programma di ricerca Horizon 2020 dell'Unione Europea nell'ambito della convenzione di sovvenzione e diventato oggetto d'indagine sulle pratiche di riuso adattivo dei beni culturali sotto il progetto di ricerca ed innovazione CLIC "Circular models Leveraging Investments in Cultural heritage adaptive reuse".

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

Residenziale, agricolo

PERIODO DI
COSTRUZIONE

XVII sec.

STATO
Abbandono
1970

TIPOLOGIA/ UTILIZZO

*Culturale, educativo/
Centro polifunzionale per le
attività del quartiere*

ANNO DI
RIUSO ADATTIVO
2007

PRIMA



DOPO





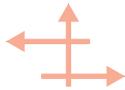
MODULARITÀ/
PRE-FABBRICAZIONE

Inserimento dei *moduli in lastre di legno prefabbricati* che hanno la funzione di dividere gli ambienti;



ADATTABILITÀ

I nuovi volumi in alluminio e vetro sono elementi *prefabbricati e montati sul sito*, accelerando i tempi di montaggio nel cantiere;



FLESSIBILITÀ

Quantità minima di partizioni interne e la regolarità della pianta dell'edificio rende gli ambienti flessibili e facilmente adattabili a diverse funzioni ed attività;



STRATEGIE PASSIVE

L'impiego di *strategie eco-compatibili* come l'inserimento delle *vetrate fotovoltaiche* nella hall;

L'utilizzo di *materiali rinnovabili* - in particolare legno di larice sbiancato e acciaio - per le strutture e i rivestimenti;



RICICLO

L'utilizzo dei *materiali completamente riciclabili* a fine vita o riutilizzabili, come *vetro, legno e alluminio*;



RI-USO



RIDUZIONE RIFIUTI

Demolizione minima della struttura esistente;



DISASSEMBLABILITÀ/
DECOSTRUZIONE

La possibilità di *disassemblaggio* dei componenti modulari del progetto permette un successivo riciclo o riutilizzo;

I componenti dei volumi nuovi e della passerella interna in alluminio possono essere *smontati e riutilizzati*, evitando il trasporto in discarica sottoforma di rifiuti.



Cortile esterno della Cascina Roccafranca
 Fonte: Francesca Talamini (a sinistra)/
 www.torinoggi.it (a destra)



Schizzo "Fusione dell'esistente con il nuovo"
 Fonte: elaborato dai progettisti



*Ambienti interni caratterizzati dall'inserimento
 di elementi modulari e prefabbricati*
 Fonte: Giulia Caira

5 CA' INUA

L'edificio, come proiezione verso il paesaggio e la storia del tessuto circostante.



LOCALIZZAZIONE: MEDELANA, ITALY
AREA: 400 M²
PROGETTISTI: CICLOSTILE ARCHITETTURA
COMMITTENTE: PANEM ET CIRCENSES

La casa rurale trova la sua localizzazione nel comune di Marzabotto, nei pressi del quale una volta sorgeva Kainua, l'antica città etrusca. Il nome del progetto, infatti, si forma da Ca', che rimanda ai toponimi delle caschine montane e Inua è una parola che si riferisce a un concetto spirituale del legame armonioso di tutto l'esistente. Infatti, l'idea progettuale consiste nel preservare un rapporto di armonia tra l'edificio e la natura circostante, caratterizzata da paesaggi montani.

Il progetto vede la ristrutturazione della cascina esistente e l'accostamento di un volume nuovo, il quale rispecchia nel suo aspetto le tecniche locali e di tradizione etrusca.

TIPOLOGIA/ UTILIZZO
Residenziale, agricolo

PERIODO DI COSTRUZIONE
non definito

STATO
Abbandono

TIPOLOGIA/ UTILIZZO
*Residenziale/
abitazione e spazio di ricerca
del collettivo artistico Panem
et Circenses*

ANNO DI RIUSO ADATTIVO
2019

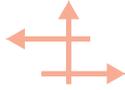




ASSEMBLABILITÀ/
MODULARITÀ/
PRE-FABBRICAZIONE



ADATTABILITÀ



FLESSIBILITÀ



STRATEGIE PASSIVE



RI-USO



RIDUZIONE RIFIUTI



DISASSEMBLABILITÀ/
PROGETTAZIONE A
STRATI

Inserimento dei *moduli in legno prefabbricati* che dividono gli ambienti e sono indipendenti dalla struttura esistente;

La costruzione del nuovo volume, di cui la *struttura è eseguita in pannelli X-lam prefabbricati*;

Il riscaldamento e il raffreddamento sono a carico di impianto ad aria che vengono alimentati a maggior parte dai *pannelli fotovoltaici*;

La coibentazione della casa con un *cappotto in fibra di legno di elevato spessore*, in modo tale da diminuire il carico sui sistemi che garantiscono il comfort termico;

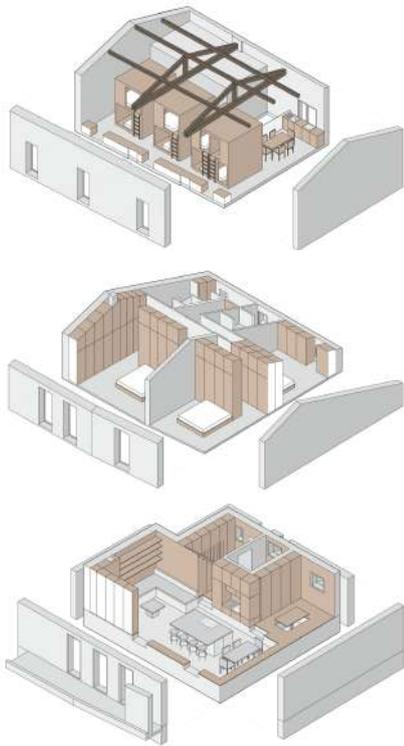
L'acqua piovana viene *raccolta in serbatoi d'acqua* e viene riutilizzata per irrigazione dei campi;

Impiego della *pietra di recupero* ottenuta dalla demolizione del muro preesistente;

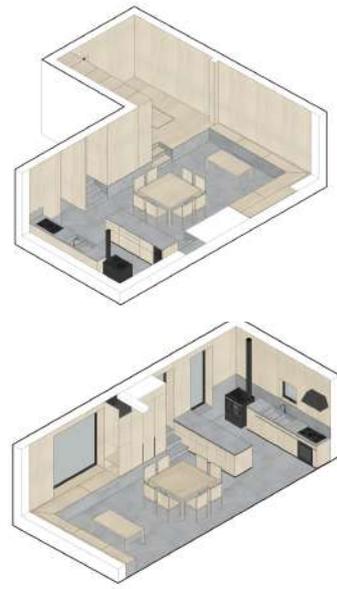
L'intero edificio offre le potenzialità di essere disassemblato (le partizioni, gli arredi modulari) o decostruito (la struttura in legno e pietra) per poi riciclare o riutilizzare i materiali.



Spazi interni in pannelli lignei X-lam
Fonte: Fabio Mantovani



Esploso della struttura preesistente
Fonte: elaborato dai progettisti



Esploso del nuovo volume
Fonte: elaborato dai progettisti

CAPITOLO 5

***LINEE GUIDA PER IL
RIUSO ADATTIVO CIRCOLARE***

5.1 Metodologia e struttura delle schede

L'applicazione delle strategie circolari nei progetti di riuso adattivo conduce alla realizzazione di interventi non impattanti sull'edificio esistente, la quale valorizza le sue caratteristiche storiche e, allo stesso tempo, attribuisce ad esso un carattere nuovo.

Grazie all'analisi dei casi studio e all'approfondimento dei principi del design circolare, è stato possibile ottenere una panoramica più ampia sul riuso adattivo circolare. Le strategie del design circolare si esprimono attraverso le soluzioni ben definite, ma nello stesso tempo rimangono oggetto di sviluppo continuo.

Lo sviluppo del capitolo conclusivo prevede una suddivisione in categorie, ciascuna delle quali contiene le soluzioni progettuali, che si basano sulle azioni individuate nei progetti eseguiti, che maggiormente promuovono le strategie circolari nel contesto del riuso adattivo, anch'esso una strategia a promozione dell'economia circolare. Inoltre, vengono specificati altre soluzioni che più si adattano alla pratica di riuso e risultano efficaci nello svolgere le loro funzioni.

L'approfondimento delle soluzioni progettuali avviene attraverso la suddivisione di esse in base alla parte o, riprendendo il concetto di Brand dell'edificio "a strati", allo strato dell'edificio in cui vengono realizzate. Viene di seguito riportata la simbologia adottata per la specificazione di questi strati funzionali dell'edificio (Fig. 17).

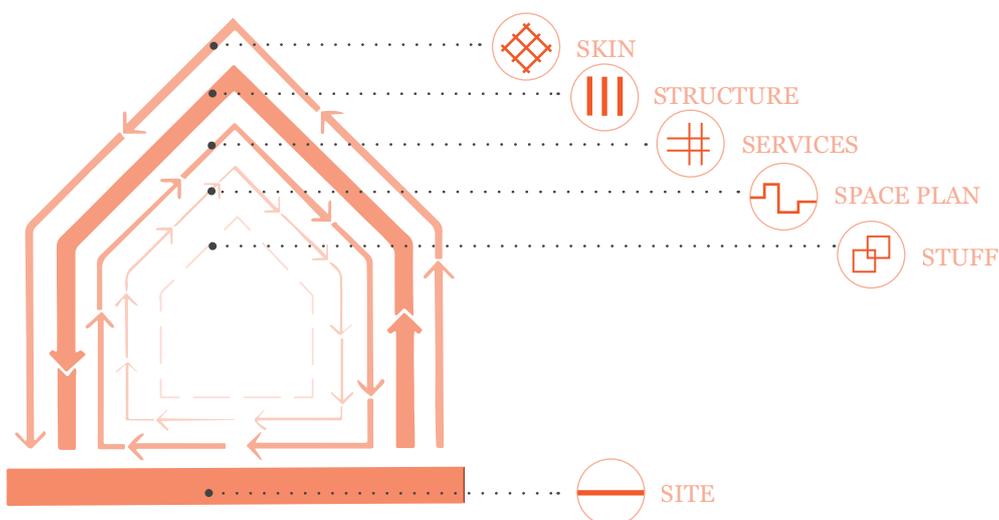


Figura 17 *Stratificazione dell'edificio in base al ciclo di vita compresa la simbologia*
Fonte: elaborato dal candidato da Brand S., (1994). *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, London, Penguin Books.

La struttura della scheda viene riportata sotto per facilitare la lettura del presente capitolo (Fig. 18).

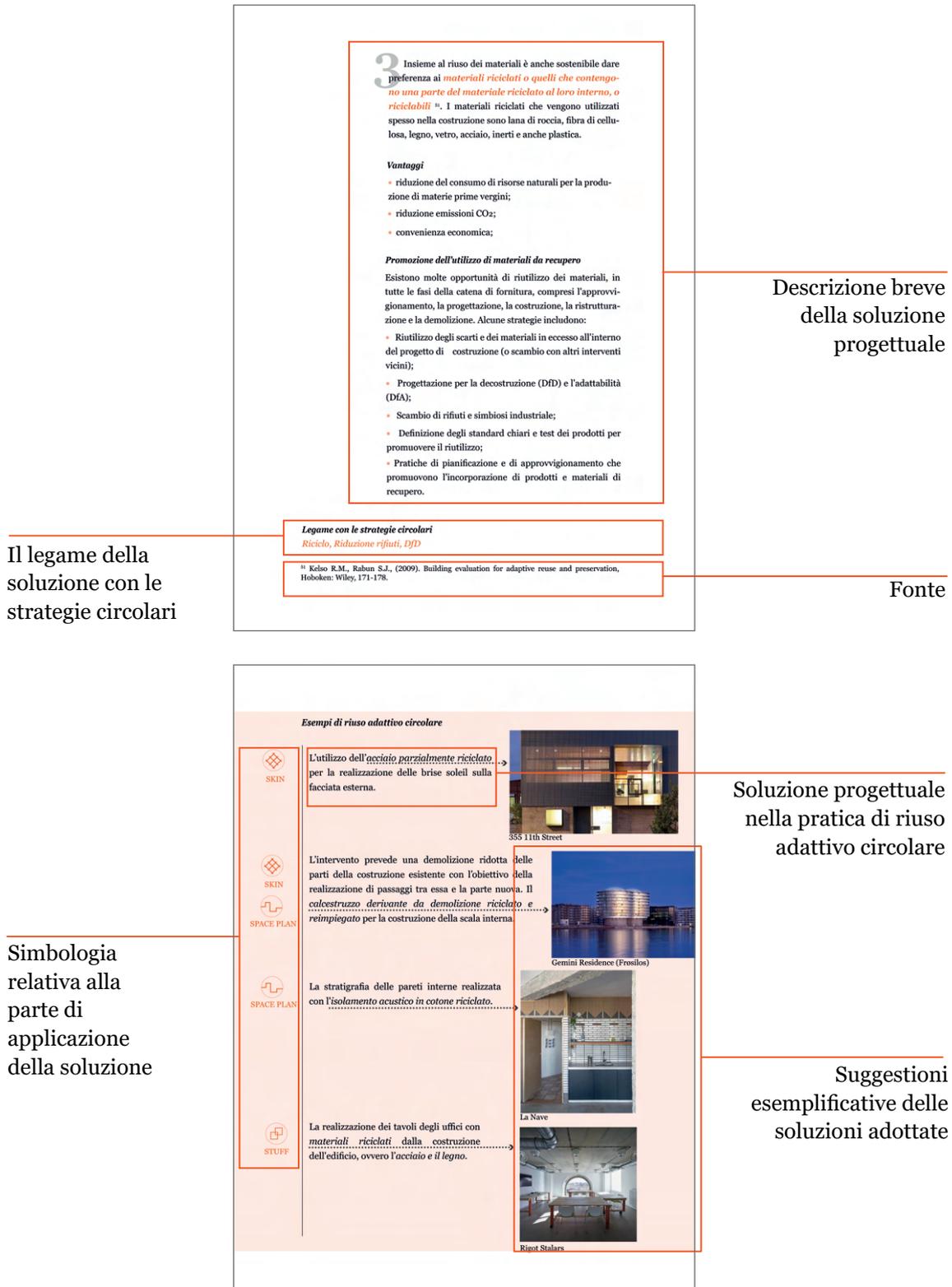


Figura 18_Scheda soluzione progettuale per il riuso adattivo circolare
Fonte: elaborato dal candidato

5.2 Soluzioni materiche

È ormai impossibile pensare a un progetto di edilizia sostenibile che non preveda una pianificazione della fine del ciclo di vita dell'edificio o il suo impiego successivo. La priorità, infatti, si deve dare ai materiali che si possono smontare facilmente, al riutilizzo e il riciclo di essi (Figura 19).

Nella scelta dei materiali è importante considerare l'energia grigia contenuta in essi e preferire tali materiali a quelli che invece presentano una grande quantità di energia incorporata. Non è semplice calcolare la quantità di tale energia, ma ad oggi ci sono già i database online per calcolarla. Per lo più, è possibile risalire alla quantità approssimata analizzando il tipo di materiale, l'origine e il trattamento. Ad esempio, il vetro e l'acciaio hanno un impatto maggiore rispetto a mattoni, pietra e legno lamellare, dal punto di vista del contenuto di carbonio.

Source	Material	Uses	Recyclable/reusable	Renewable	Environmental impact
Animals	wool/hair	blankets, carpets, textiles for insulation and shading additive in clay or concrete	can be reused/reshaped or be used as an additive not reusable because bound in material depending on process of dressing	yes (grows on animals)	CO ₂ – impact of animal production (but could be a side product of food production)
	leather/pelt dung	tipi/yurt coverage floor, ground material additive in clay or concrete	can be composted or burned once dried out not easy to reuse, but can be returned to soil	yes yes (animal waste product)	
Plants	living plant material	sod for roofing climbers/clingers/creepers for bridges & sunscreens	can be composted or burned at end of life	yes	binding of CO ₂ , habitat function
	wood	large-dimension timber & poles for primary structure boards and planks scantling, smaller pieces, shingles	can be reused/reshaped repeatedly if not chemically treated, and composted or burned at end of life	yes, but careful management needed	binding of CO ₂ during growth phase/harvesting, transport and production process creates positive or negative energy balance
	cork/bark	insulation material, flooring	can be reused or recycled	yes yes, but careful management needed	
	bamboo	roof structure, walls, fences, decoration	yes, but usually weak after initial use, can be composted or burned	yes, rapidly	
	rush, straw, thatch hemp paper	roofs & ropes thermal insulation walls and screens wallpaper	can be composted yes can be reused or recycled no (sticky glue on it)	yes, rapidly yes partly	water/energy demand depending on production process, various chemicals added
	Earth	water	ice buildings component in clay or concrete	can be reused or recycled no	no
mud/clay		walls, floors, stoves	once dried out not easy to reuse, but can be returned to soil		
		bricks tiles (glazed material)	after firing not easily reusable, but can be returned to soil reusable but not easily recyclable		average, depending on energy resource for firing depending on energy resource for firing and glazing depending on mining process and transport
stone		plaster walls gravel	can be reused, recycled as gravel can be recycled in concrete		
sand metal lime		glass various products paint	can be recycled can be returned to soil with other products can be recycled in concrete		depending on mining process, transport and energy resource for production
opus caementicium (lime and sand)		walls, floors, roofs			

Figura 19_Materiali da costruzione tradizionali e loro proprietà rilevanti per l'implementazione delle Nature-Based Solutions

Fonte: doi: 10.2166/bgs.2019.928

Applicazione



SITE



STRUCTURE



SKIN



SPACE PLAN



STUFF

1 *Materiali rinnovabili, materiali di scarto e sottoprodotti* presentano un'altra categoria preferibile da adottare negli interventi di riuso adattivo in modo tale da promuovere la circolarità dei progetti.

Il riutilizzo di scarti, rifiuti o sottoprodotti vengono considerati come una delle principali strategie per chiudere il ciclo rifiuti-risorse e, nella maggior parte dei casi, più efficiente del riciclaggio. I sottoprodotti generati in diversi settori industriali, come quello agricolo, automobilistico ed elettronico, possono essere reintegrati con successo nella catena di fornitura, aiuta a realizzare i prodotti nuovi con la quantità di materie prime minima o pari a zero. Come esempio si può individuare il materiale come fibra di legno mineralizzata.

Inoltre, la maggior parte dei rifiuti del settore edile è composta da materiali inerti, che possono essere utilizzati con successo per produrre nuovo *calcestruzzo riciclato* e miscelati con i sottoprodotti del settore edile. Questi sottoprodotti comprendono anche il calcestruzzo riciclato, le piastrelle di ceramica e i mattoni.

Altri materiali facilmente rinnovabili e di scarto sono il *sughero, la paglia e il grano*, che per lo più vengono impiegati per molteplici soluzioni costruttive circolari. L'impiego di essi è conveniente, in quanto generalmente sono frutto delle piante che crescono in fretta, come ad esempio il bamboo. Nel caso del bamboo però, nel contesto europeo, bisogna tener conto del consumo di energia e benzina nella fase del trasporto.

Il *legno* rappresenta un altro materiale rinnovabile e con altre prestazioni strutturali, funzionali ed estetiche.

Legame con le strategie circolari

Riuso, Riciclo, Riduzione rifiuti, DfD, Strategie passive

Esempi di riuso adattivo circolare



STRUCTURE

L'utilizzo del *calcestruzzo con l'aggiunta di sottoprodotti da riciclo*, impiegato per il corpo strutturale di amplificazione all'edificio esistente rappresenta un metodo con cui dare valore ai rifiuti derivati da C&D.



Tecnopolo per la ricerca SHED19



SKIN

Inoltre, è possibile far uso della paglia per la realizzazione dell'*isolante interno ed esterno in paglia o canapa* in quanto materiali di scarto del settore agricolo. L'impiego delle materie prime seconde contribuisce alla riduzione dell'utilizzo delle materie prime vergini.



Casa Turoldo



SPACE PLAN

L'impiego dell'*isolante in fibra di legno mineralizzata* ha il vantaggio di utilizzare materiali di scarto della filiera del legno.



Fabers Fabrikker

2 L'utilizzo dei **materiali locali** è un'ulteriore scelta materica sostenibile, in quanto una grande parte dell'energia incorporata nei materiali è data dal trasporto dei materiali dal luogo di provenienza fino al sito del progetto. Inoltre, capace di sostenere le *economie locali e incoraggiare il riutilizzo*.

Diventa di fondamentale importanza condurre la ricerca sui materiali della località in cui si va ad intervenire con il riuso dell'edificio. Inoltre, l'impiego dei materiali locali contribuisce inoltre alla promozione dell'immagine culturale e della *tradizione locale*. In questo modo l'edificio trasmette un'immagine della risorse locali e le valorizza tramite l'impiego.

Legame con le strategie circolari

Riduzione rifiuti, Riuso, Strategie passive

Esempi di riuso adattivo circolare



Le pareti strutturali ad arco, ispirate alla muratura ad arco del forte, sono realizzate con *blocchi di terra compressa ricavati da argille locali*.



Regional house Edeghem



Le facciate esterne in cemento di canapa e il tetto isolante in cemento di canapa sono lasciati a vista come finitura e rendono questo edificio CO₂-negativo.

L'utilizzo dei materiali reperibili localmente limita la produzione di emissioni dovute al trasporto.



I pannelli prefabbricati di *blocchi di terracotta perforati "jaali"* che sovrastano il tetto metallico lo ombreggiano e interrompono in maniera significativa il rumore della pioggia che cade. I suddetti blocchi possono essere reimpiegati successivamente sia nelle soluzioni verticali che orizzontali dell'edificio.



Office at #15



L'impiego del *bambù*, un materiale locale in Cina, nella produzione dei mancorrenti e delle porte, il quale ha impatti energetici di raccolta e lavorazione bassissimi ed è smaltibile a fine vita soprattutto se reperibile localmente.



Zhujiadian Brick Kiln Museum

3 Insieme al riuso dei materiali è anche sostenibile dare preferenza ai *materiali riciclati o quelli che contengono una parte del materiale riciclato al loro interno, o riciclabili*⁵¹. I materiali riciclati che vengono utilizzati spesso nella costruzione sono lana di roccia, fibra di cellulosa, legno, vetro, acciaio, inerti e anche plastica.

Vantaggi

- riduzione del consumo di risorse naturali per la produzione di materie prime vergini;
- riduzione emissioni CO₂;
- convenienza economica;

Promozione dell'utilizzo di materiali da recupero

Esistono molte opportunità di riutilizzo dei materiali, in tutte le fasi della catena di fornitura, compresi l'approvvigionamento, la progettazione, la costruzione, la ristrutturazione e la demolizione. Alcune strategie includono:

- Riutilizzo degli scarti e dei materiali in eccesso all'interno del progetto di costruzione (o scambio con altri interventi vicini);
- Progettazione per la decostruzione (DfD) e l'adattabilità (DfA);
- Scambio di rifiuti e simbiosi industriale;
- Definizione degli standard chiari e test dei prodotti per promuovere il riutilizzo;
- Pratiche di pianificazione e di approvvigionamento che promuovono l'incorporazione di prodotti e materiali di recupero.

Legame con le strategie circolari

Riciclo, Riduzione rifiuti, DfD

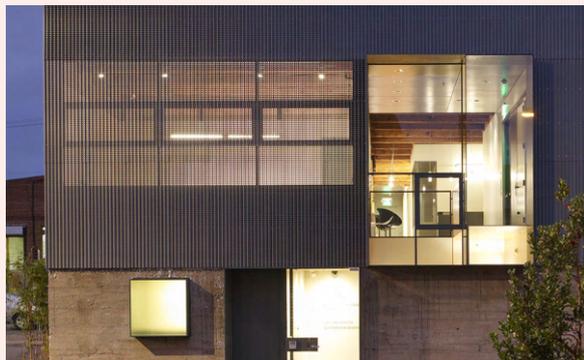
⁵¹ Kelso R.M., Rabun S.J., (2009). Building evaluation for adaptive reuse and preservation, Hoboken: Wiley, 171-178.

Esempi di riuso adattivo circolare



SKIN

L'utilizzo dell'*acciaio parzialmente riciclato* per la realizzazione delle brise soleil sulla facciata esterna. La produzione dell'acciaio è un processo che comporta la quantità di emissioni di CO₂ notevole, e il riciclo di esso permette di evitarla, oltre a garantire la possibilità di riuso di esso altre innumerevoli volte.



355 11th Street



SKIN



SPACE PLAN

L'intervento prevede una demolizione ridotta delle parti della costruzione esistente con l'obiettivo della realizzazione di passaggi tra essa e la parte nuova. Il recupero e il riciclo del *calcestruzzo derivante da demolizione*, per la costruzione della scala interna nuova rappresenta un modo per ridurre al minimo i rifiuti da C&D.



Gemini Residence (Frøsilos)



SPACE PLAN

La stratigrafia delle pareti interne contiene l'*isolamento acustico in cotone riciclato*, materia prima seconda, caratterizzata da leggerezza e possibilità di reimpiego.

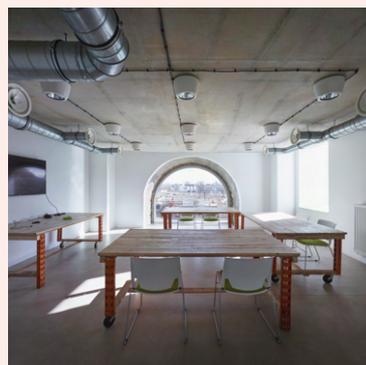


La Nave



STUFF

La realizzazione dei tavoli degli uffici con *materiali riciclati* dalla costruzione dell'edificio, ovvero l'*acciaio e il legno*, contribuisce alla riduzione dei rifiuti da trasportare in discarica e l'utilizzo di materie vergini.



Rigot Stalars

4 L'opzione che oggi giorno è considerata come la più sostenibile è quella di impiegare i *materiali di riuso*, salvaguardando così le materie prime, riducendo l'inquinamento dell'aria e dell'acqua e non contribuisce allo sfruttamento del suolo destinato alla discarica.

Questo metodo può *ridurre drasticamente l'energia incorporata di un progetto*, evitando le emissioni derivanti dall'estrazione, dalla produzione e dal trasporto. Attribuisce, inoltre, alla sostenibilità economica del progetto, consentendo la realizzazione di un progetto con ridotti investimenti finanziari richiesti.

Il riutilizzo dei materiali e dei prodotti avviene in modo meno impattante in assoluto per l'ambiente circostante soprattutto nei casi in cui essi vengono adottati nel progetto tali quali, ovvero che non vi è nessuna fase di trattamento.

Legame con le strategie circolari

Riuso, Riduzione rifiuti

Esempi di riuso adattivo circolare



STRUCTURE

Il riuso della *pietra* proveniente da demolizione di una parte dell'edificio stesso per realizzare i muri strutturali del piano terra del corpo nuovo.



Ca' Inua



SKIN

Per la realizzazione della facciata vengono riutilizzate *centinaia casse di plastica*, che avvolgono il nuovo corpo di scala fornendo una nuova identità all'edificio. Si offre una seconda vita al materiale in eccesso, oltre ad evitare l'utilizzo di nuovi materiali per il rivestimento.

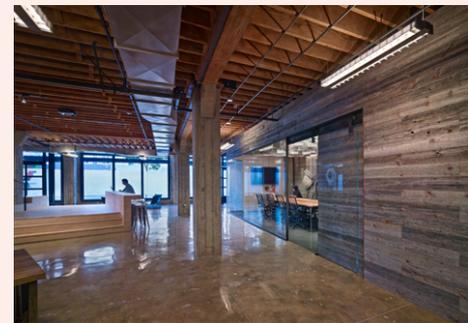


Protiro



SPACE PLAN

L'impiego del *legno da recupero* per la realizzazione della parete interna divisoria dopo una serie di trattamenti volti al miglioramento della qualità del materiale, necessari per garantire la durabilità del prodotto, la quale contribuisce alla promozione dei principi del circular design.

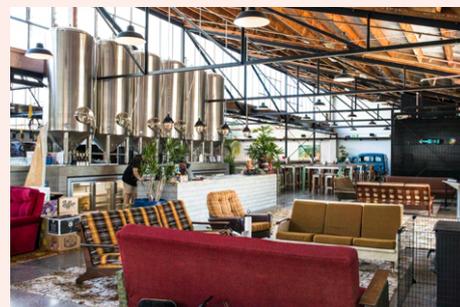


Heavybit Industries



STUFF

Il riuso degli *arredi inutilizzati e* l'assemblaggio manuale creativo dei *materiali di recupero* per il decoro attribuisce unicità agli spazi e limita l'utilizzo di prodotti nuovi.



Suggerimenti esemplificative



St. Miquel 19

5 La *quantità*, come anche la tipologia del materiale, incide sulle scelte progettuali più sostenibili. Infatti, si afferma che l'utilizzo di una *quantità ridotta* delle tipologie dei materiali impiegati nel progetto, facilita il processo di decostruzione, la classificazione e il trasporto. Ad esempio, anche le varie stratigrafie tecnologiche devono presentare uno schema caratterizzato da minor numero di materiali impiegati e la semplicità compositiva.

Inoltre, bisogna tendere all'utilizzo dei *prodotti "monomaterici"*, in quanto caratterizzati dal potenziale di riciclo maggiore rispetto ai prodotti realizzati da più materie.

Legame con le strategie circolari

DfMA, DfD, Riuso, Riduzione rifiuti

6 In modo tale da *recuperare e riutilizzare la maggiore quantità possibile dei materiali esistenti* sul sito di progetto e garantire uno corretto smaltimento di quelli non utilizzabili, il progettista deve effettuare le azioni che vengono descritte di seguito.

- Prima di tutto, il progettista deve effettuare un sopralluogo con la conseguente *identificazione dei materiali* presenti sul sito e la possibilità del loro reimpiego nel nuovo progetto. È fondamentale capire, inoltre, se questi materiali e/o prodotti da demolizione o di scavo possano offrire le stesse riutilizzati con le stesse prestazioni di quelli nuovi. In questa fase è utile utilizzare lo strumento di Laser scanning per avere una visione complessiva e in modo tale da acquisire una base per il modello 3D dell'edificio esistente da sottoporre al riuso adattivo;
- Dopodiché è necessario fare una *valutazione delle tecniche e delle tecnologie* da adottare nel nuovo progetto per riutilizzare al massimo i materiali preesistenti, come anche i prodotti e i componenti. Si tratta della necessità di valutare le tecniche costruttive in cui riutilizzare i materiali e i componenti (es. le lastre in legno

per il riutilizzo nella prefabbricazione dei moduli costruttivi);

- Tutti i materiali devono essere *esaminati* utilizzando un approccio precauzionale per eliminare possibili tossicità o futuri vincoli normativi al loro uso e smaltimento. Di seguito, i restanti materiali che non sono idonei al riutilizzo nel nuovo progetto devono essere *classificati e quantificati* per essere trasportate nei centri di recupero, riciclo o in discarica, nel caso non fossero riciclabili;
- Infine, deve essere eseguita una *stima di costi* necessari a coprire le fasi di trattamento di materiali e componenti riutilizzati, ove necessario ⁵².

La classificazione dei materiali viene facilitata attraverso l'utilizzo dei software di quantificazione e classificazione *BIM* e del *Passaporto del materiale*, i quali sono molte volte combinati.

Il *Passaporto del materiale* è una documentazione, solitamente digitale, che contiene i dati dei materiali, componenti e prodotti che compongono l'edificio. Questi dati includono: le caratteristiche qualitative e quantitative, provenienza, tipo di trattamento, dimensioni, localizzazione esatta all'interno dell'edificio, impatto ambientale, le istruzioni per il disassemblaggio dei prodotti, la separabilità da altri componenti, il potenziale di riciclo e di riuso di materiali. Secondo il BAMB (Buildings as Material Banks), il progetto citato nel Capitolo 3 e avviato da Horizon 2020, il Passaporto dei materiali è un insieme elettronico di dati che descrive le caratteristiche dei materiali presenti nei prodotti, che conferiscono loro valore e la possibilità per il recupero o il riutilizzo ⁵³.

Legame con le strategie circolari

DfD, Riuso, Riciclo, Riduzione rifiuti, Software innovativi

⁵² Monsù Scolaro A.; con contributi di Dettori M., Settimo G., Palumbo E., (2017). Progettare con l'esistente: riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare, Milano, Angeli.

⁵³ Aschenbrenner P., Honica M., Kovacica I., Ragossnig A., (2021). Material Passports for the end-of-life stage of buildings: Challenges and potentials, Journal of Cleaner Production, Vol. 319.

5.3 Soluzioni tecnologiche

La definizione delle soluzioni tecnologiche da adottare nel progetto di riuso adattivo influisce sui *tempi di realizzazione, sui costi di realizzazione, sulla qualità e la durabilità dell'intervento e sugli scenari di fine vita dell'edificio.*

La *scelta dei metodi costruttivi* da adottare nel progetto di riuso adattivo deve basarsi sulla relazione che viene a formarsi tra la struttura nuova e l'edificio esistente. Un progetto che prevede il metodo di prefabbricazione degli elementi ha un grande potenziale di risparmio energetico, economico e temporale. Le tecniche con cui questi ultimi elementi vengono montati, ovvero a secco o non, influenza in modo diretto sulla reversibilità dell'intervento, la possibilità di smontaggio e riciclo delle parti che lo costituiscono.

Legame con le strategie circolari

Modularità, DfMA, DfD, Prefabbricazione, Adattabilità, Riciclo, Riuso, Riduzione rifiuti

Applicazione



1 L'adozione del metodo di *prefabbricazione degli elementi in legno* contribuisce alla circolarità, in quanto i prodotti in legno sono naturalmente rinnovabili, riutilizzabili, biodegradabili e possono essere raccolti in modo sostenibile. Come materiale da costruzione strutturale, il legno è anche adatto alla riconfigurazione, al riutilizzo e al recupero.

Inoltre, offre una varietà di impiego molto vasta, ad esempio per le soluzioni strutturali di solito si utilizza il *legno lamellare* (Cross Laminated Timber, CLT) e i *pannelli X-lam*, tra cui la differenza sta nella direzione delle fibre dei pannelli, infatti nel primo caso risultano tutte parallele, aumentano la resistenza, mentre nei pannelli X-lam sono perpendicolare da strato a strato, rafforzando la resa.

Per quanto riguarda i pannelli di rivestimento si fa uso delle soluzioni più leggere, ovvero del *legno compensato*, i *pannelli OSB* e i *pannelli in truciolato*, in quanto composti da lastre più sottili.

Progettazione e costruzione

Secondo diversi studi, la costruzione in fabbrica potrebbe ridurre i tempi di completamento di un progetto edilizio in modo molto significativo. Le tecnologie prefabbricate, che utilizzano sia le strutture leggere che il legno massiccio, offrono un modo più agile e rapido di costruzione. I *software digitali innovativi e la modellazione 3D* consentono ai team di progettisti di simulare l'assemblaggio di un edificio dall'ideazione alla progettazione, fino allo scavo e alla costruzione, pianificando accuratamente ogni fase fino al completamento.

Questo approccio, infatti, consente di progettare in modo preciso tenendo conto delle peculiarità strutturali dell'edificio esistente e offre un grande potenziale di adattamento dell'intervento nuovo all'interno dell'edificio esistente.

Le pratiche di riuso adattivo prevedono generalmente il montaggio degli elementi in sito, in quanto l'inserimento dell'intero corpo prefabbricato risulta spesso di difficile realizzazione o anche impossibile.

Legame con le strategie circolari

Modularità, DfMA, DfD, Prefabbricazione, Adattabilità, Riciclo, Riuso, Riduzione rifiuti

Esempi di riuso adattivo circolare



STRUCTURE

La convenienza dell'utilizzo degli *elementi in legno prefabbricati* per le realizzazioni strutturali si intravede nei progetti di riuso adattivo di diverse tipologie degli interventi, ad esempio l'aggiunta strutturale, l'inserimento modulare strutturale, in quanto flessibili, adattabili e riutilizzabili.



Ca' Inua



STRUCTURE

L'impiego del *legno massiccio prefabbricato con funzione strutturale* a sostegno della struttura esistente. La costruzione nuova è durevole e fortemente adattabile all'esistente.



Timber Lofts



STRUCTURE



SPACE PLAN

La *costruzione modulare in legno* garantisce un'elevata qualità sia negli edifici temporanei che in quelli permanenti e soddisfa i più rigidi requisiti ecologici, climatici interni, strutturali, di isolamento acustico ed efficienza energetica. Essa permette di adattare lo spazio alle esigenze che cambiano nel tempo, e anche facilmente smontabile e riutilizzabile.



Ca' Inua



SPACE PLAN

Le *soluzioni modulari di rivestimento in legno* permettono un adattamento alla struttura esistente senza intaccarla in nessun modo, e il quanto viene garantito anche tramite l'utilizzo dei *software innovativi di rilievo* di esso e una *modellazione 3D*, che permettono di ridurre notevolmente la quantità di rifiuti da C&D.



Fabers Fabrikker



SKIN

La copertura in *lamelle di legno* garantisce il passaggio della luce naturale, può essere rimossa senza comportare danno alla struttura preesistente. La circolarità del progetto consiste nella facilità di rimozione, futuro reimpiego o riciclo.



Monastery of San Juan Cover



STUFF

Gli arredi prefabbricati si adattano facilmente all'ambiente in cui vengono inseriti (DfA), in quanto progettati con cura e precisione. Inoltre, offrono la possibilità di *assemblaggio fuori dal sito o in sito in base alla configurazione*.

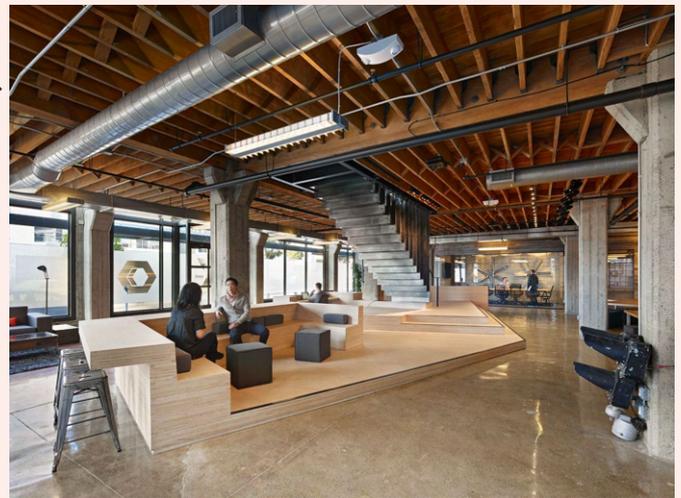


Zhujiadian Brick Kiln Museum



STUFF

La prefabbricazione degli arredi permette una *forte personalizzazione* di essi, permette di realizzare i prodotti complessi e multi-funzionali. Essendo prefabbricati, possono essere facilmente assemblati (DfMA) e disassemblati a fine vita (DfD).



Heavybit Industries

2 L'impiego degli *elementi prefabbricati in acciaio* risulta come una soluzione circolare, offre un potenziale alto di reimpiego di esso molteplici volte, in quanto facilmente riciclabile e riutilizzabile. Solitamente vengono assemblati con il metodo a secco e ciò permette un alto grado di disassemblabilità di essi.

I prodotti in acciaio strutturale sono elementi durevoli, robusti e dimensionalmente stabili. Inoltre, rispetto ad altri materiali strutturali comunemente utilizzati, le strutture in acciaio sono leggere, il che significa che sono necessari molti meno materiali per costruirle. Gli interventi non impattanti è uno dei più grandi vantaggi quando si parla di riuso adattivo, in quanto viene limitato l'impatto sulla struttura esistente.

I moduli vengono prefabbricati fuori dal sito e di seguito portati in sito, già *pre-assemblati o pronti ad essere montati in loco*, in base alle dimensioni proprie e dell'edificio con cui entrano in contatto. L'utilizzo dei *software 3D* attribuisce alla realizzazione descritta prima.

Legame con le strategie circolari

Modularità, DfMA, DfD, Prefabbricazione, Adattabilità, Riciclo, Riuso, Riduzione rifiuti

Esempi di riuso adattivo circolare



STRUCTURE

La pratica di riuso adattivo degli edifici industriali prevede spesso come destinazione d'uso – gli uffici, i laboratori o le attività commerciali, in quanto dispongono di un'area vasta e la pianta regolare, adatta ad ospitare tali funzioni. Una delle soluzioni più frequenti è il sistema modulare di intelaiatura in acciaio e le lastre in vetro sia per la questione di maggiore illuminazione che di trasparenza visiva, o altri materiali.



OGR



STRUCTURE



SKIN

La prefabbricazione modulare della maggior parte dei componenti della struttura di ampliamento ha ridotto i costi e i tempi di realizzazione del 33% rispetto ad un intervento di riuso lineare dell'edificio.



Gemini Residence (Frøsilos)



SKIN

La copertura in travi d'acciaio offre una stabilità ed è altamente performante ed adattabile alla struttura esistente. Gli elementi in acciaio possono essere smontati, riutilizzati molteplici volte in futuro o riciclati.



Rooftop Prim



STRUCTURE



SPACE PLAN

Il riuso dei container industriali in acciaio che sono destinati ad ospitare vari spazi funzionali, come uffici, spazi commerciali, svago, e svolgono anche la funzione dei divisori interni. Possono essere resi più performanti inserendo gli strati di isolamento termico, acustico e dei sistemi di illuminazione ed aerazione.



Malha

3 Il sistema di *costruzione a secco* è un metodo che prevede una prefabbricazione degli elementi costruttivi e il loro assemblaggio meccanico, ovvero evitando gli attacchi chimici (collanti, sigillanti, malte, ecc.), ma attraverso l'utilizzo delle giunzioni meccaniche (viti, bulloni, saldature, ecc.). Questo metodo di assemblaggio permette un montaggio efficiente e veloce, garantisce uno smontaggio facile e il successivo trasporto degli elementi, i quali possono essere nuovamente riassemblati in un altro luogo.



Figura 20 *Assemblaggio a secco*

Fonte: Kengo Kuma & Associates + College of Environmental Design UC Berkeley

Le soluzioni costruttive dei sistemi a secco possono essere riguardare molteplici tipi di impiego, ovvero utilizzate per l'esterno, per l'interno, per realizzare un corpo sopraelevato, per una costruzione ex novo o per una riqualificazione dell'involucro dell'edificio.



Figura 21 *Soluzioni costruttive dei sistemi a secco*

Fonte: www.vanoncini.it

Legame con le strategie circolari

Prefabbricazione, DfMA, Flessibilità, Riduzione rifiuti, Riuso, Riciclo, DfD

Esempi di riuso adattivo circolare



STRUCTURE



SPACE PLAN



STRUCTURE



SKIN



SPACE PLAN



STUFF

In un intervento di riuso adattivo il *sistema costruttivo a secco* permette di agire in modo flessibile in un edificio esistente, in quanto diventa possibile raggiungere una massima personalizzazione della struttura stessa e degli elementi di connessione verticale. La struttura, infine può essere smontata (DfD), rimontata o riciclata.

Il *montaggio a secco della struttura in alluminio e dell'involucro in polycarbonato* garantisce la reversibilità completa della struttura per offrire spazio alla nuova struttura senza intaccare quella esistente.

Come si vede nel caso studio “Fabrik Fabrikker”, l'intervento prevede un intervento interno con la *costruzione a secco modulare in legno*, garantendo la preservazione della struttura preesistente e nello stesso tempo il comfort termico e acustico all'interno dell'edificio.

L'assemblaggio dei moduli con il metodo a secco può avvenire *fuori dal sito o in sito* in base alla conformazione dell'edificio originale e la facilità di inserimento dell'arredo nuovo.



Gare Maritime



Baoshan WTE Exhibition Center



Fabers Fabrikker



Dr. Atl 285 Apartment Building

5.4 Soluzioni distributive

La distribuzione interna negli edifici che vengono sottoposti al riuso adattivo è strettamente legata alla flessibilità e l'adattabilità degli spazi. Il riuso adattivo circolare prevede una *suddivisione degli spazi flessibile e manovrabile*. Le partizioni interne, devono essere inoltre facilmente smontabili o disassemblabili in modo tale da essere reimpiegati o riciclati.

La suddivisione interna degli spazi è, inoltre, strettamente collegata con le strategie passive, soprattutto per quanto riguarda *l'illuminazione naturale e la ventilazione naturale*. Ampi spazi, con poche pareti divisorie interne hanno un potenziale maggiore di essere sufficientemente illuminato nelle ore del giorno. La ventilazione naturale deve essere progettata con attenzione in modo tale da garantire un livello di comfort elevato ed evitare le correnti d'aria forti, privilegiando la ventilazione incrociata.

In base alla *configurazione della parete, opaca, trasparente o semitrasparente; piena o semi-piena*, cambia la percezione dello spazio. Le pareti trasparenti o semitrasparenti forniscono la sensazione di spaziosità, ampiezza, mentre le pareti opache garantiscono la privacy. La scelta deve basarsi sulla tipologia della nuova destinazione d'uso dell'edificio.

Legame con le strategie circolari

DfMA, Flessibilità, Adattabilità, DfD, Riuso, Riciclo, Strategie Passive

Applicazione



1 L'utilizzo delle *pareti divisorie fisse* per la delimitazione degli spazi interni, in modo tale da garantire una maggiore flessibilità. Essi possono essere eseguiti in diverse soluzioni, di cui i più comuni e leggeri sono i pannelli in legno, in cartongesso o in paglia con l'intelaiatura in metallo o legno, e altri materiali.

Esempi di riuso adattivo circolare



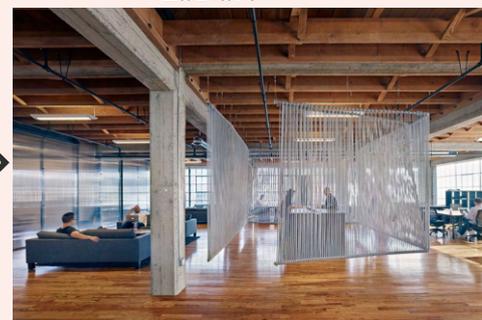
SPACE PLAN

La messa in opera delle *pareti divisorie con materiali leggeri* e con una stratigrafia non complessa permette di realizzare un intervento delicato, reversibile in quanto di facile rimozione.



La Nave

La realizzazione della "stanza delle corde" è una divisione fissa stesso tempo pesante e leggera; è realizzata con una *spessa corda industriale di cotone con nodi pesanti*. Facilmente smontabile e riciclabile, e non produce scarti.



Heavybit Industries

2 Le *partizioni divisorie mobili* possono essere eseguiti in tanti tipi di materiale, ma la cosa di cui si tiene conto maggiormente è la leggerezza delle pareti e la manovrabilità di essi. Infatti, offrono una possibilità di modificare gli spazi in modo veloce per separare o allargare gli ambienti in base alle esigenze degli utenti. Ci sono varie tipologie di pareti mobili, la cui differenza si basa principalmente sul metodo di manovra.

Esempi di riuso adattivo circolare



SPACE PLAN

L'utilizzo delle *pareti mobili a pacchetto*, con o senza attacco al soffitto a pavimento, nei progetti di riuso adattivo garantisce un'alto livello di flessibilità ed adattabilità degli spazi a varie funzioni, permettendo i cambiamenti esigenziali nel tempo.



Spectris Innovation Center



SPACE PLAN

L'impiego dei *pannelli scorrevoli su binario fissato a soffitto in acciaio e policarbonato*, garantisce la possibilità di riciclo di essi al 100%.



Baoshan WTE Exhibition Center



SPACE PLAN

I *pannelli divisori indipendenti su ruote o appoggi* vengono spesso utilizzati negli edifici esistenti, in cui è preferibile non creare il contatto diretto con la struttura esistente, come ad esempio i luoghi sacri o di forte valore architettonico.



Saint Atilano's Church

Essi possono essere spostati facilmente e, di conseguenza, servire per molti anni e poi essere riutilizzati negli altri spazi.

3 La pratica comune che può essere adattata negli interventi di riuso adattivo è quella di utilizzare i *mobili come divisori interni*, spesso sotto forma di moduli prefabbricati. Utilizzare gli arredi come un mezzo di separazione tra gli spazi permette agli utenti stessi di poter modificare la distribuzione di essi anche in autonomia.

Esempi di riuso adattivo circolare

Gli armadi, gli scaffali e altre tipologie degli arredi interni servono perfettamente da divisori interni, permettono di risparmiare lo spazio e hanno un valore funzionale ed estetico. Nel caso studio Dr. Atl 285 Apartment Building viene garantita l'accessibilità economica degli appartamenti, la preservazione del senso di ampiezza degli spazi.



Dr. Atl 285 Apartment Building



SPACE PLAN



STUFF

Nei casi studio di riuso adattivo essi assumono un carattere circolare in quanto solitamente *progettati a misura, facilmente smontabili o ricollocabili* in base alle mutevoli esigenze degli utenti.



The Factory

5.5 Soluzioni per l'efficienza energetica

Gli edifici esistenti nello stato di sottoutilizzo o abbandono che vengono sottoposti al riuso adattivo rappresentano un forte *potenziale di trasformazione energetica*, oltre a quello di preservazione e rivitalizzazione spaziale e sociale. È importante agire nell'obiettivo di fornire edifici a zero emissioni di carbonio e ad alta efficienza energetica. Infatti, a partire dal 13 giugno 2022 (D.lgs, 199/2021) per gli edifici nuovi, le ristrutturazioni e il riuso degli edifici privati, il 60% dei consumi previsti per l'acqua sanitaria calda, i sistemi di raffrescamento e raffreddamento deve essere coperto dagli impianti a base di fonti di energie rinnovabili. Per gli edifici pubblici la percentuale minima è pari a 65⁵⁴.

La varietà dei sistemi volti a rendere l'edificio efficiente dal punto di vista energetico permette di scegliere quello più *adatto alla struttura* sulla quale si va ad intervenire. Infatti, la pratica di riuso adattivo circolare si presenta come una possibilità di rivitalizzazione dell'edificio abbandonato non solo dal punto di vista funzionale ma anche rendendolo altamente performante e sostenibile.

Legame con le strategie circolari

Strategie passive

Applicazione



SITE



SKIN



SERVICES

⁵⁴ www.edilportale.com

1 L'impiego dei **sistemi di energia rinnovabile** nel progetto di riuso adattivo serve a compensare o coprire totalmente il fabbisogno energetico durante le fasi di costruzione o utilizzo dell'edificio sottoposto al riuso adattivo. Le strategie di utilizzo dell'energia da fonti rinnovabili appartiene alla categoria di strategie attive per la progettazione di NetZero Building ⁵⁵. Esistono vari sistemi che utilizzano l'energia rinnovabile per soddisfare le esigenze degli utenti e vengono di seguito descritti. Rimane di fondamentale importanza eseguire uno studio delle condizioni dell'edificio esistente nella fase della scelta del sistema adatto ad esso.

1.1 L'utilizzo delle **pompe di calore** di diversi tipi permette di ottenere l'energia pulita sfruttando il potenziale dell'ambiente (sottosuolo, aria, acqua). Infatti, l'idea consiste nell'appoggio sulle risorse ambientali rinnovabili.

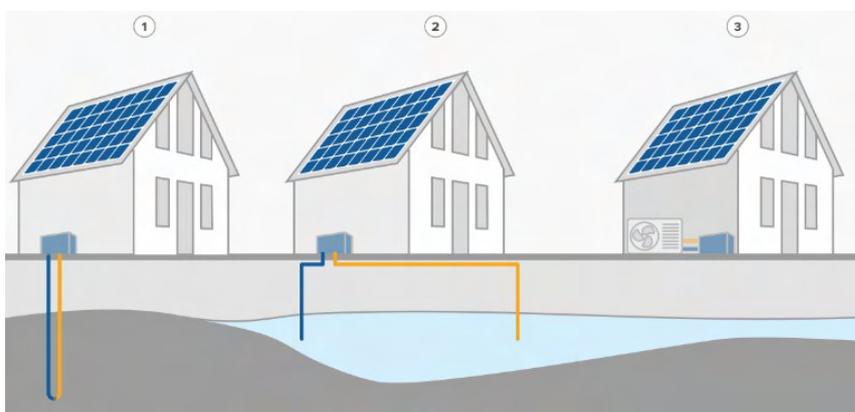


Figura 22_ *Pompe di calore* 1) sottosuolo 2) acqua 3) aria
Fonte: <https://www.helion.ch/it/>

Legame con le strategie circolari

Strategie passive

⁵⁵ Hong T., Jeong K., Kim H., An J., Koo C., Oh J., (2017). Advanced Strategies for Net-Zero Energy Building: Focused on the Early Phase and Usage Phase of a Building's Life Cycle, Sustainability, Vol. 9.

Esempi di riuso adattivo circolare



SITE



SERVICES

L'energia geotermica si ottiene attraverso le apposite *pompe da sottosuolo* che vengono posizionate sottoterra in quanto il terreno stesso diventa la fonte di energia e serve per i sistemi di riscaldamento e raffreddamento degli ambienti.

Come si vede nel caso studio di Gare Maritime, vengono effettuati gli scavi di 140 m di profondità per il posizionamento le pompe sottoterra *in centro città, senza disturbare il contesto*.



Gare Maritime



SITE



SERVICES

Le *pompe di calore ad acqua* possono utilizzare l'acqua da sottoterra ma anche da superficie (fiumo, laghi, mare), utilizzando in modo efficiente le risorse.

Le *pompe di calore ad aria* producono energia termica sfruttando l'energia dell'aria esterna, per poi utilizzarla per l'acqua da riscaldamento, limitando le emissioni di anidride carbonica rispetto ai sistemi tradizionali.

1.2 Gli *impianti fotovoltaici e i vetri fotovoltaici* sono in grado di produrre energia elettrica grazie all'energia solare. I *pannelli solari termici* servono per garantire una copertura parziale o totale dell'approvvigionamento dell'acqua calda sanitaria e, tendenzialmente, del riscaldamento invernale.

Esempi di riuso adattivo circolare



SKIN

Nei progetti di riuso adattivo, l'impiego dei *pannelli solari* avviene principalmente posizionandoli direttamente sulla *copertura*, come nel caso studio del The Green Building. Gli impianti fotovoltaici producono *energia pulita* e, inoltre, vi è una costante ricerca su come riciclare gli stessi al 100%, come ad esempio quella promossa dal programma Horizon 2020, volto a potenziare l'Economia Circolare.



The Green Building



SKIN



SERVICES

Spesso nei progetti di riuso adattivo, gli impianti fotovoltaici si integrano nelle *superfici verticali trasparenti o semitrasparenti, o nelle superfici apribili*, ovvero porte e finestre, comuni nell'integrazione soprattutto per i progetti che prevedono l'aggiunta dei corpi nuovi vetrati, come avviene nel riuso adattivo della Cascina Roccafranca, o nel caso dell'impossibilità di installazione sul tetto.



Cascina Roccafranca

1.3 Il *sistema di recupero delle acque piovane* può essere utilizzato per due tipi di raccolta, ad uso domestico o per l'irrigazione, entrambi generalmente dotati di filtro, serbatoio, impianto di aspirazione, sistema di distribuzione e centralina. I costi e la complessità di intervento dipende dal posizionamento, ovvero un sistema interrato o no.

Esempi di riuso adattivo circolare



SITE

Nel caso studio Ca' Inua l'acqua piovana viene raccolta dalle fronde del tetto *le cisterne d'acqua interrate, senza essere visibili dall'esterno*. Le acque nere e grigie provenienti da casa e fienile vengono recuperate con un *sistema di fitodepurazione* realizzato in autocostruzione. Si tratta quindi del *riuso delle risorse naturali*.



Ca' Inua



SKIN



SERVICES

Il *sistema di raccolta di acqua piovana posizionato sul tetto* copre una fondamentale parte del fabbisogno d'acqua degli abitanti. L'aspetto circolare di questo progetto è dato dal *recupero delle acque e il riutilizzo* di esse.



Dr. Atl 285 Apartment Building

2 Le **strategie passive** nei progetti di riuso adattivo si basano sulle strategie progettuali elaborate in base alle caratteristiche dell'edificio esistente e il clima in cui esso si trova.

Legame con le strategie circolari

Strategie passive

2.1 L'**illuminazione naturale** garantisce la dotazione degli ambienti di luce, influenzando in modo diretto sulla quantità dell'impiego degli apparecchi di illuminazione artificiale. Infatti, è cruciale analizzare l'orientamento dell'edificio, il posizionamento delle finestre e la grandezza di essi.

Esempi di riuso adattivo circolare

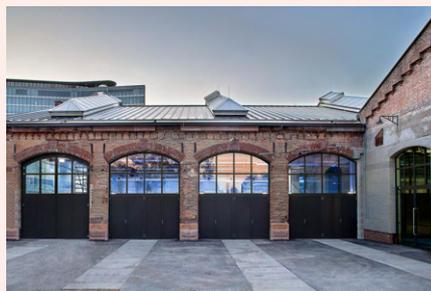


SKIN

Nel caso di riuso adattivo, spesso volte viene adottata la tattica di **costruzione della copertura trasparente**, ovvero vetrata, o **semitrasparente**, o l'inserimento dei **lucernari modulari**, che offrono numerose funzioni per il controllo del clima, la ventilazione e l'ombreggiatura.



Roof over the Walls of the Old Baños Church



Wagenhallen Stuttgart Cultural Center



SKIN

Spesso nei casi degli edifici industriali viene effettuata una **demolizione parziale del tetto per introdurre le vetrate** attraverso le quali penetra la luce naturale, permettendo un risparmio dell'energia da apparecchi speciali.



Aripäev Office



SKIN

Nei casi di riuso adattivo che prevedono un'apliamento strutturale, **le pareti possono essere realizzate in vetro**, come nel caso di The Green Building.



The Green Building

2.2 L'utilizzo delle **schermature solari** vengono utilizzate per controllare e ottimizzare la quantità di guadagno di calore solare e di luce visibile che entra in un edificio. La limitazione del calore che agisce sull'edificio garantisce una limitazione dell'utilizzo energetico per bilanciare la temperatura all'interno di esso con i sistemi di raffrescamento. Le schermature solari comprendono le strategie come le prestazioni oscuranti delle vetrate stesse, il posizionamento delle vetrate, gli elementi di schermatura.

Esempio di riuso adattivo circolare



SKIN

L'introduzione delle schermature nei progetti di riuso adattivo è facilmente realizzabile in quanto esistono vari tipi di esse, *fisse e mobili, interne ed esterne (persiane, veneziane, avvolgibili, tende, brise soleil)*, che si adattano alle caratteristiche dell'edificio (DfA) e contribuiscono al *risparmio energetico* dei sistemi per il raffreddamento degli interni.



355 11th Street

2.3 La progettazione che tiene conto della **ventilazione naturale** influisce in modo diretto sulla necessità di impiego dei sistemi di raffreddamento. La ventilazione incrociata permette di raggiungere un buon livello di comfort termico nelle stagioni estive ed abbassare i livelli di umidità negli ambienti.

Esempio di riuso adattivo circolare



SKIN

La realizzazione della *copertura "galleggiante"* sopra la struttura esistente permette una ventilazione naturale degli spazi, importante in caso degli edifici antichi per evitare i rischi legati all'umidità elevata degli spazi. Una struttura di questo toglie la necessità di utilizzare i sistemi di ventilazione meccanica.



Roof over the Walls of the Old Baños Church

2.4 La scelta dell'*isolamento termico* efficiente e continuo, evitando i ponti termici, in modo tale da ridurre significativamente la dispersione del calore e garantire una riduzione notevole dell'energia dei sistemi di riscaldamento. Questa strategia riguarda sia le superfici verticali sia orizzontali opache e trasparenti. Ci sono molteplici soluzioni di isolanti realizzati con *materiali naturali e sostenibili*, come ad esempio fibra di legno, fibra di legno mineralizzata, lana di roccia, lana di vetro, fibra di cellulosa.

Esempio di riuso adattivo circolare



SKIN



SPACE PLAN

La strategia di isolamento massiccio viene adottata nel caso studio della abitazione Ca' Inua, dove viene utilizzato l'*isolante termico in lana di roccia*, composto da materie naturali e quelle da riciclo. Vi è un grande *risparmio di energia* proveniente dai sistemi di riscaldamento.



Ca' Inua

5.6 Soluzioni per l'integrazione del verde nel progetto

Un altro approccio sostenibile che contribuisce alla circolarità dei progetti di riuso adattivo riguarda l'uso appropriato e *l'integrazione della vegetazione nel progetto*.

Le attuali tendenze delle *pareti e dei tetti verdi, e degli orti urbani* sono trovano spesso luogo nella realizzazione dei progetti di riuso adattivo. Questo può sia rendere gli spazi pubblici più attrattivi, ma anche avere un'importante influenza sul clima locale e sulla richiesta energetica. L'introduzione della vegetazione nei progetti di riuso adattivo circolare è un'opportunità di realizzare gli spazi di alta qualità dal punto di vista prestazionale, ma anche estetico ed attrattivo.

Per quanto riguarda gli orti urbani, essi svolgono una funzione anche di approvvigionamento con il cibo e contribuiscono all'*interazione pubblico-sociale*. Gli orti urbani rappresentano un modo di vivere circolare in quanto la quantità di produzione sarà la stessa del consumo, senza produrre sprechi.

Legame con le strategie circolari

Riuso, Riciclo, Strategie passive

Applicazione



SITE



SKIN



SPACE PLAN

1 Le **pareti verdi** rappresentano una delle soluzioni a favore della sostenibilità ambientale, essi vengono progettate sia all'interno degli edifici che all'esterno e vengono utilizzate per aumentare l'isolamento degli ambienti, favorire la protezione dalla radiazione solare, migliorare la filtrazione dell'aria e dell'acqua. L'adozione di questa soluzione efficiente dal punto di vista energetico può essere effettuata con l'utilizzo delle cassette alveolari, spesso eseguite in materiale riciclato, come il polipropilene o plastica, o attraverso l'inserimento di uno strato e dei relativi strati complementari funzionali.

Esempio di riuso adattivo circolare

Il posizionamento delle **pareti verdi** all'interno dell'edificio *aumenta i valori dell'IAQ*, ovvero della qualità dell'aria interna, e contribuisce alla produzione di cibo a Km 0 se piantumata con specie edibili.



Prysman HQ



The Green Building

2 Molto spesso spazio nei paesaggi urbani vengono adottati i **tetti verdi** che contribuiscono alla gestione delle acque piovane, alla riduzione dell'inquinamento acustico e atmosferico, alla mitigazione delle isole di calore urbane.

Dall'analisi dei casi studi, più volte è emersa la necessità della sostituzione delle coperture, in quanto un elemento maggiormente sottoposto agli agenti atmosferici. In questo modo, è possibile progettare la nuova copertura, altamente performante, ovvero verde. Nel caso in cui la sostituzione del tetto non fosse necessaria, spesso vengono adottati i metodi più spontanei, ovvero il posizionamento degli orti sul tetto.

Esempio di riuso adattivo circolare

Il progetto del **tetto verde** comprende apprezzamenti di terreno per il "raccolto urbano" della comunità, irrigati dalle **acque piovane riciclate**. Esso *riduce* il deflusso delle acque, ed inquinamento sonoro ed atmosferico.



The Coal Loader



SPACE PLAN



SKIN

3 Sempre più interesse si attribuisce alla progettazione degli **orti urbani**. Gli orti vengono generalmente posizionati sul *tetto, in cortile, sul muro o all'esterno*. La soluzione più disponibile è quella degli orti pensili, facilmente collocabili e fortemente personalizzabili ed adattabili allo spazio a disposizione.

Esempi di riuso adattivo circolare



SITE

Nei casi di riuso adattivo dove vi è uno spazio esterno si possono collocare gli *orti urbani* ad uso privato o pubblico. La produzione degli alimenti a Km 0 riduce l'inquinamento dovuto al trasporto.



SKIN

Se l'edificio è caratterizzato da una *copertura piana e facilmente accessibile*, gli orti urbani pensili vengono posizionati direttamente sul tetto e aiutano a ridurre l'inquinamento atmosferico.



The Green Building



Dr. Atl 285 Apartment Building

4 Il trattamento e la gestione dell'acqua in loco diventa molto importante da considerare nei progetti. Infatti, la gestione in loco dell'acqua piovana spesso avviene tramite l'uso di **superfici permeabili** negli spazi aperti. Esse possono anche depurare l'acqua piovana e le acque grigie e raccogliere l'acqua per la manutenzione della vegetazione o per l'uso nei servizi igienici. Infatti, il consumo di acqua può essere ridotto fino al 70% riciclando e riutilizzando le acque grigie ⁵⁶.

Esempi di riuso adattivo circolare



SITE

Introduzione minima della superficie pavimentata, il resto lasciato *sterrato*.



Ombú



SITE

L'impiego della *pavimentazione micro-perforata* in modo tale da ridurre al minimo lo scorrimento delle acque piovane.



355 11th Street

⁵⁶ Kirovová L., Sigmundová A., (2014). Implementing an ecosystem approach to the adaptive reuse of industrial sites, WIT Transactions on Ecology on The Built Environment, WIT Press, Vol 142.

5 La *piantumazione del verde all'esterno* contribuisce in modo notevole all'ambiente, oltre a *ridurre l'isola di calore nelle città*, influisce in modo significativo sull'attrattività e la qualità degli spazi pubblici attraenti rendendo vivibile una comunità. Invece la *piantumazione del verde all'interno* aiuta a migliorare la qualità dell'aria interna.

Il verde urbano è prezioso per il raggiungimento dei tre obiettivi principali della gestione idrica integrata: *aumentare la disponibilità di risorse idriche, migliorare la qualità dell'acqua e ridurre i rischi legati all'acqua piovana*. È inoltre interessante sottolineare che alcune specie di piante possiedono proprietà di fitorimediazione, ovvero possono essere utilizzate per depurare i suoli contaminati durante la rigenerazione di aree dismesse, soprattutto le aree ex-industriali.

Esempi di riuso adattivo circolare



SITE

La *piantumazione degli alberi all'esterno*, nel cortile rende l'ambiente salubre, funzionale ed attraente, in quanto la vegetazione aiuta a ridurre in modo significativo l'inquinamento atmosferico.



Prysmian HQ



SPACE PLAN

Il posizionamento della *vegetazione a basso-medio fusto* all'interno degli ex-edifici industriali attribuisce la vivibilità e il comfort agli spazi.



Prysmian HQ



SPACE PLAN

La *vegetazione* in questo caso di riuso adattivo, oltre ad attribuire alla qualità dell'edificio, ha un *carattere attrattivo*, in quanto fa parte dei *giardini a tematiche* diverse da esplorare.



Gare Maritime

Conclusione

Il presente elaborato si propone di approfondire il concetto di riuso adattivo in relazione con l'economia circolare. La scelta di un intervento di questo tipo consente di ottenere sicuramente numerosi vantaggi; tuttavia, è necessario soffermarsi sull'individuazione delle strategie e degli strumenti da adottare ai fini della massimizzazione degli stessi e della risoluzione degli eventuali ostacoli.

Un'approfondita ricerca sulle metodologie di valutazione della sostenibilità e circolarità degli edifici che vengono sottoposti alla pratica di riuso ha permesso di individuare nelle fasi iniziali di studio i criteri che influenzano il grado di sostenibilità dell'edificio. Così, attraverso il piano d'azione per la Circolarità e lo strumento di calcolo Level(s) promossi dall'UE, che si traduce in macro-obiettivi, azioni ed indicatori, vengono specificati i criteri di sostenibilità da perseguire nei progetti. Nello stesso tempo anche i protocolli di valutazione della sostenibilità, come BREEAM e LEED, e ITACA e GBC Italia servono ad incentivare le pratiche costruttive verso la circolarità attraverso la conseguente attribuzione dei livelli di sostenibilità. I Criteri Ambientali Minimi (CAM) regolano nello stesso momento le quantità, influenzando le qualità dell'edificio da valorizzare tramite il riuso adattivo. Questi strumenti si possono integrare con il Life Cycle Assessment e il modello BIM, in modo tale da racchiudere insieme tutti gli obiettivi, i limiti e le azioni e realizzare un intervento al massimo sostenibile e circolare.

L'analisi approfondita dello stato di fatto dell'edificio aiuta a superare gli ostacoli che si incontrano nella progettazione del riuso adattivo, come ad esempio un calcolo corretto del Potenziale di Riuso Adattivo di un edificio, che determinerà la successiva azione riguardo al futuro dell'edificio. Queste analisi devono avvenire nella fase preliminare, durante la quale si pone la domanda se demolire o riutilizzare l'edificio. È molto importante eseguire una valutazione dettagliata di una destinazione d'uso futura e dei costi relativi, in quanto risultano le cause principali dell'abbandono di un edificio.

L'identificazione degli obiettivi da perseguire nella progettazione sostenibile ha indirizzato la ricerca verso l'individuazione delle strategie circolari da adottare negli interventi di riuso adattivo. Infatti, la circolarità di un edificio è data innanzitutto dal suo riuso, a cui di seguito si aggiungono le strategie come

l'adattabilità, la flessibilità, la reversibilità dovuta alle strategie come la prefabbricazione, la Modularità, il Design for Manufacture and Assembly, il Design for Disassembly, mentre si aggiunge un grado di sostenibilità e circolarità ulteriore attraverso l'adozione di strategie passive nel progetto.

I casi studio racchiudono in sé le strategie, le corrispettive modalità di intervento e gli strumenti attraverso i quali si avvicina sempre di più allo stile di vita e di costruzione sempre più sostenibile. Grazie all'analisi dei casi studio di riuso adattivo nel contesto internazionale e quello italiano è stato possibile individuare le tendenze di tipologie di intervento maggiormente riscontrati. Infatti, sono i mutamenti temporali, la crescita demografica e con essi lo stile di vita delle persone che maggiormente influenzano l'ambiente costruito, ovvero gli edifici industriali si trasformano in luoghi residenziali o di collaborazione di molte persone, gli edifici agricoli in edifici polifunzionali per gli abitanti. Si tende all'innovazione ma insieme a questo si considera di fondamentale importanza preservare la memoria storica, conducendo la pratica di riuso adattivo verso l'adattabilità e reversibilità nello stesso momento.

Infine, la domanda che sorge durante l'elaborazione della presente tesi è la seguente: qual è la differenza tra la sostenibilità e l'economia circolare? Nell'elaborato di ricerca scientifica "The Circular Economy – a new sustainability paradigm?"⁵¹, gli autori definiscono la sostenibilità come un'insieme di criteri; sociali, economici, ambientali, che contribuiscono alla soddisfazione delle esigenze delle attuali e future generazioni. Mentre quando si parla dell'Economia circolare, il concetto viene visto come un sistema rigenerativo, in cui gli input e gli output di ogni processo siano minimi, e a "ciclo chiuso". Questo obiettivo concreto può essere raggiunto attraverso le strategie concrete, come riciclo, riuso, riparazione e altri, che sono stati trattati nel presente elaborato. La differenza ad oggi risulta difficilmente percepibile e descrivibile, e il quanto può cambiare attraverso il proseguimento della ricerca sull'argomento e l'approfondimento dei principi e delle azioni concrete da intraprendere a favore della promozione dell'Economia Circolare.

⁵¹ Bocken N., Geissdoerfer M., Hultink E.J., Savaget P., (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm?, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 143, 757-768. 10.1016/j.jclepro.2016.12.048

Bibliografia

Abastante F., Gaballo M., Mecca B., (2021). Adaptive Reuse and Sustainability Protocols in Italy, Relationship with Circular Economy, *Sustainability*, 13, 8077. <https://doi.org/10.3390/su13148077>

Aicher A., Arnold K., Calheiros C., Igondová E., Florentin Y., Gal E., Garcia Mateo M.C., Korolova A., Nehls T., Ouannou S., Papaefthimiou S., Pearlmutter D., Pinho P., Pitha U., Piro P., Pucher B., Schosseler P., Theochari D., Zluwa I., (2020). Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment: green building materials, systems and sites, *Blue-Green Systems*, Vol. 2 (1), 46–72.

doi: 10.2166/bgs.2019.928

Ambrose M.D., Tucker S.N., (1997). Embodied energy of Dwellings, *CSIRO Division of Building, Construction and Engineering*, Melbourne, Australia.

Antonini E., (2017). Una circolarità da costruire, in *Progettare con l'esistente. Riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare*, Milano, Franco Angeli s.r.l., 17-20.

Ariaudo F., (2014). Protocolli di certificazione ambientale, Itaca: come funziona la procedura.

<https://www.teknoring.com/news/green-building/protocolli-di-certificazione-ambientale-itaca-come-funziona-la-procedura/>

Aschenbrenner P., Honica M., Kovacica I., Ragossnig A., (2021). Material Passports for the end-of-life stage of buildings: Challenges and potentials, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 319.

Becker A. K., Roldán Rockow Z., Ross B.E., (2021). Comparison of Building Adaptation Projects and Design for Adaptability Strategies, *Journal of Architectural Engineering*, Vol. 27 Issue 3.

Bocken N., Geissdoerfer M., Hultink E.J., Savaget P., (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm?, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 143, 757-768.

10.1016/j.jclepro.2016.12.048

Borsotti M., Campanella C., (2014). An atlas of "architectural design for existing buildings": towards a definition of founding design actions, *Heritage 2014 - 4th International Conference on Heritage and Sustainable Development. Book of abstracts*, Guimarães-Portugal, 22-25, 96.

Brand S., (1994). *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, London, Penguin Books.

Bruce-Hyrkäs T., Castro R., Pasanen P., (2018). Overview of Whole Building Life-Cycle Assessment for Green Building Certification and Ecodesign through Industry Surveys and Interviews, *Procedia CIRP*, Vol. 69, 178 – 183.

Bullen P.A., Love P. E.D., (2010). The rhetoric of adaptive reuse or reality of demolition: Views from the field, *Cities*, Vol. 27, Issue 4, 215-224.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2009.12.005>

Bundgaard C., Buthke J., Larsen N.M., Ostenfeld Pedersen S., (2020). Adaptive Reuse of Architectural Heritage, *Springer Nature Switzerland*.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-29829-6_5

Chen K., Lu W., Mills G.R., Papadonikolaki E., Tan T., (2020). BIM-enabled Design for Manufacture and Assembly, Conference: 27th International Workshop on Intelligent Computing In Engineering (EG-ICE), Berlin, Germany, Vol. 27.

CLIC Project (2020). Adaptive Reuse of Cultural Heritage. An Examination of Circular Governance Models from 16 International Case Studies, *I.C.L.E.I Local Governments for Sustainability*.

Conejos S., Langston C.A., (2010). Designing for future building adaptive reuse using adaptSTAR, *International Conference on Sustainable Urbanization: ICSU*, Hong Kong.
http://epublications.bond.edu.au/sustainable_development/41

Conejos S., Langston C.A., Smith L., (2015). Enhancing sustainability through designing for adaptive reuse from the outset. A comparison of adaptSTAR and Adaptive Reuse Potential (ARP) models, *Facilities*, Vol. 33 Iss 9/10, 531 – 552.
<http://dx.doi.org/10.1108/F-02-2013-0011>

Consol F., (1993). Guidelines for life-cycle assessment: a 'code of practice': from the SETAC Workshop held at Sesimbra, Portugal, *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, Portugal.

Documento di lavoro WWF Land Use Principles and Agriculture Guidelines, (2014).

Douglas J. (2006). *Building Adaptation*, Butterworth-Heinemann.

Esnaashary Esfahani M., Haas C., Sanchez B., (2019). A methodology to analyse the net environmental impacts and building's cost performance of an adaptive reuse project: a case study of the Waterloo County Courthouse renovations, *Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature*.
<https://doi.org/10.1007/s10669-019-09734-2>

European Commission, (2020). Circular Economy Action Plan, For a cleaner and more competitive Europe, Brussels, 11.3.2020, COM 98 final.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>

Fusco Girard L., (2020). The circular economy in transforming a died heritage site into a living ecosystem, to be managed as a complex adaptive organism, *Aestimum* 77, 145-180.

<https://doi.org/10.13128/aestim-9788>

Graham P., (2005). Design for Adaptability - An Introduction to the Principles and Basic Strategies, Environment Design Guide, Centre for a Sustainable Built Environment, UNSW.

Graham P., (2006). Environment Design Guide, Royal Institute of Australian Architects.

Green Building Council Italia, (2019). Regolamento di Certificazione Protocolli a Marchio GBC, Rovereto.

<https://www.gbccitalia.org/documents/20182/21329/2019+Regolamento+certificazione+protocolli+GBC+Italia.pdf>

Günc K., Mısırlısoya D., (2016). Adaptive reuse strategies for heritage buildings: A holistic approach, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 26, 91–98.

Haas C., Sanchez B., (2018). A novel selective disassembly sequence planning method for adaptive reuse of buildings, *Journal of Cleaner Production*.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.201>

Haas C., Saaria R., Sanchez B., Rauscha C., (2019). Multi-objective Optimization Analysis for Selective Disassembly Planning of Buildings, *ISARC*.
<https://doi.org/10.22260/ISARC2019/0018>

Hong T., Jeong K., Kim H., An J., Koo C., Oh J., (2017). Advanced Strategies for Net-Zero Energy Building: Focused on the Early Phase and Usage Phase of a Building's Life Cycle, *Sustainability*, Vol. 9.
doi:10.3390/su9122272

Hui Eddie C.M., Langston C., Wong F.K.W., Shen L. (2008). Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong, *Building and Environment*, Vol. 43.

Kirovová L., Sigmundová A., (2014). Implementing an ecosystem approach to the adaptive reuse of industrial sites, *WIT Transactions on Ecology on The Built Environment*, WIT Press, Vol. 142.
<https://doi.org/10.2495/ARC140371>

Kelso R.M., Rabun S.J., (2009). Building evaluation for adaptive reuse and preservation, Hoboken: Wiley, 171-178.

Langston C.A., Wong F. K.W., Hui Eddie C.M., Shen L., (2008). Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong, *Building and Environment*, Vol. 43.

Langston C., Wilkinson S. J., Remøy H.T., (2014). Sustainable Building Adaptation. Innovations in Decision-making, *Wiley Blackwell*, 11.

McDonald, G.W., Patterson, M.G., (2007). Bridging the divide in urban sustainability: from human exemptionalism to the new ecological paradigm, *Urban ecosystems*, 10(2).

Melton P., *Buildings That Last: Design for Adaptability, Deconstruction and Reuse*, The American Institute of Architects, 6-15.

Mohammad A.R., Motaleb M., Nasiria M., (2022). Optimization and BIM-based lifecycle assessment integration for energy efficiency retrofit of buildings, *Journal of Building Engineering*, Vol. 49.

<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104022>

Monsù Scolaro A.; con contributi di Marco Dettori, Gaetano Settimo, Elisabetta Palumbo (2017), *Progettare con l'esistente: riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare*, Milano, Angeli.

Mondini G., (2015). Strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale ed economica, Piombino.

Parlamento europeo, (2021). Nuovo piano d'azione per l'economia circolare, P9_TA(2021)0040, 10.

https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0040_IT.html

Perri Drago M.L., (2020). “Living the Flexible Space”. Strategie tecnologiche e spaziali per le nuove forme di abitare, *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, Firenze, Vol. 20, 106-112.

Rogers R., (1996). Cities for a small planet. *World Heritage Review*, 68-77.

Saling P., (2019). *ISO 14040: Environmental management—Life cycle assessment, Principles and framework (Report)*. Geneve, CH: International Organization for Standardization (ISO).

Spector S., (2003). *Creating Schools and Strengthening Communities through Adaptive Reuse*, National Claringhouse for Educational Facilities, Washington DC, 4.

Bocken N., Geissdoerfer M., Hultink E.J., Savaget P., (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm?, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 143, 757-768.

[10.1016/j.jclepro.2016.12.048](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048)

Sitografia

Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici, Decreto Ministeriale 11 ottobre 2017.

<https://www.anit.it/wp-content/uploads/2017/11/DM-11-ottobre-2017.pdf>

Dati ISPRA, Consumo di Suolo, (2021).

isprambiente.gov.it

<https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>

https://ec.europa.eu/info/index_en

<https://www.clicproject.eu/about/>

<https://gpp.mite.gov.it/Home/Cam>

<https://www.stirworld.com/>

<https://neutelings-riedijk.com/gare-maritime/>

<https://www.kokaistudios.com/en/home>

<https://archello.com/project/dr-atl-285>

<https://www.designboom.com/>

http://www.baaq.net/proyectos/desarrollo_dr_atl/desarrollo_dr_atl.html

<http://www.thegreenbuilding.net/articles/archives64.html>

<https://www.solaripedia.com/>

<http://www.thegreenbuilding.net/index.html>

<https://www.abitare.it/>

http://productora-df.com.mx/#home_body

<https://www.eu-architecturalheritage.org/>

<https://arquitecturaviva.com/>

<https://leibal.com/interiors/fabers-factory/>

<https://arcgency.com/fabers>

<https://www.garibaldiarchitects.com/it/portfolio-item/ogr-tech/>

<https://cittaarchitettura.it/>

<https://www.floornature.it/>

<https://www.traverso-vighy.com/>

<https://www.re-thinkingthefuture.com/>

<http://www.urban-reuse.eu/>

<https://architecturetoday.co.uk/>

<https://www.edilportale.com/>

<http://www.fotovoltaicosulweb.it/guida/cosa-sono-gli-impianti-fotovoltaici.html>

<https://www.immobilgreen.it/news/caratteristiche-green/recupero-acqua-piovana-risorsa-ecologica/>

<https://www.divisionenergia.it/news/materiali-per-lisolamento-termico>

<https://www.architetturaecosostenibile.it/>

<https://www.naturallywood.com/topics/prefabrication/>

<https://www.ariatopen.org/node/241>

<https://fattoalatina.it/2021/11/05/economia-circolare-il-riciclo-dei-pannelli-fotovoltaici/>