TESI DI DOTTORATO

Università degli Studi di Napoli "Federico II" – Dipartimento di Architettura
Dottorato di Ricerca in Architettura XXXV ciclo – Pianificazione, urbanistica e valutazione
a.a 2022/2023

Approcci e modelli per la valutazione di circolarità dei progetti di riuso adattivo del patrimonio industriale dismesso: una proposta per il Parco del Real Polverificio Borbonico a Scafati, Salerno (Italia)

Candidata: Francesca Buglione

Tutor: Prof. Arch. Pasquale De Toro

Co-Tutor: Arch. Paolo Mighetto
Arch. Anna Onesti
Prof. Arch. Francesca Nocca

A Marisa e Rosa,

con affetto.

Indice della tesi

Abstract *7*

1. Introduzione **9**

1.1 L'inquadramento e le dimensioni della ricerca 11
1.2 Gli obiettivi e la costruzione delle domande di ricerca 17
1.3 La metodologia di ricerca 20

Parte I. LO STATO DELL'ARTE

2. La dimensione urbana dell'economia circolare **25**

2.1 Il cambio di paradigma: da un modello lineare a un modello circolare 27
2.2 Le definizioni e i principi di economia circolare nel dibattito internazionale 29
2.3 Le iniziative europee per la promozione dell'economia circolare 43
2.4 La visione contemporanea della città sostenibile: il modello di città circolare 50
2.5 Le strategie di attuazione dell'economia circolare nelle città: una visione multilivello 61
2.6 Le buone pratiche delle città circolari europee 67

3. Il patrimonio culturale industriale come driver della circolarità territoriale **77**

3.1 La nuova dimensione della sostenibilità: il modello culturale tripolare 78
3.2 Il riuso del patrimonio culturale per il raggiungimento della circolarità territoriale 85
3.3 Il campo di ricerca: il fenomeno dell'archeologia industriale in Europa 92

4. I framework di valutazione per il riuso del patrimonio culturale industriale nella prospettiva dell'economia circolare 99

4.1 Gli approcci e gli strumenti per la valutazione degli impatti dei progetti di riuso del patrimonio culturale industriale 100
4.2 Gli indicatori di economia circolare nel contesto internazionale, europeo e nazionale 102
4.3 Gli indicatori per la progettazione e il monitoraggio delle azioni nelle città circolari 121
4.4 Gli indicatori di economia circolare per il patrimonio costruito 149
4.5 Le certificazioni verdi e gli ecolabel come strumenti dell'economia circolare 157
4.6 Gli indicatori per il riuso del patrimonio culturale nella prospettiva dell'economia circolare 176

Parte II. LA METODOLOGIA

5. Le analisi empiriche: buone pratiche di riuso adattivo del patrimonio culturale industriale 185

5.1 Pakhuis de Zwijger 188
5.2 C-mine 195
5.3 De Hoorn 201
5.4 De Ceuvel 204
5.5 Artscape Wychwood Barns 210

6. La proposta metodologica di valutazione integrata per il riuso adattivo del patrimonio culturale industriale nella prospettiva dell'economia circolare 217

6.1 I criteri di circolarità per la valutazione dei progetti di riuso del patrimonio culturale industriale 220
6.2 La tassonomia degli indicatori multidimensionali di circolarità per le

pratiche di riuso del patrimonio industriale 239
6.3 Il metodo AHP per l'attribuzione dei pesi ai criteri di circolarità 253
6.4 Il metodo TOPSIS per l'individuazione dello scenario preferibile 257

Parte III. IL CASO APPLICATIVO

7. La valutazione di circolarità degli scenari di progetto per il riuso del Parco del Real Polverificio Borbonico a Scafati 263

7.1 L'inquadramento urbanistico-territoriale 265
7.2 L'evoluzione storica del sito del Parco del Real Polverificio Borbonico 274
7.3 L'abaco degli edifici esistenti 282
7.4 Gli scenari alternativi per il riuso del Parco del Real Polverificio Borbonico 291
7.5 Gli indicatori di circolarità selezionati per il caso studio 318
7.6 L'attribuzione dei pesi ai criteri 323
7.7 La scelta dell'alternativa preferibile 347

8. Conclusioni 359

8.1 Gli obiettivi raggiunti 359
8.2 Le potenzialità e le limitazioni della ricerca 362

Riferimenti 365

Bibliografia 365
Riviste scientifiche 369
Documenti ufficiali e report di ricerca 385

Glossario 388

Allegati **390**

Allegato A – Tabella riassuntiva dello scenario di progetto alternativa A 391

Allegato B – Tabella riassuntiva dello scenario di progetto alternativa B 395

Allegato C – Tabella riassuntiva dello scenario di progetto alternativa C 398

Ringraziamenti **402**

Abstract

Le città contemporanee, agglomerati di risorse, capitali, competenze e raccoglitori di sfide a multiple dimensioni (ambientale, sociale, economica, politica, culturale), possono diventare il luogo in cui sperimentare il cambio di paradigma dall'attuale modello di sviluppo lineare (produzione-consumo-scarto), non più sostenibile, a un approccio circolare (produzione-consumo-riuso) di metabolismo urbano, inteso come modello di crescita incrementale a circuito chiuso, in cui si promuovano processi sinergici e adattivi di riutilizzo di capitale, capaci di attivare nuove forme di produttività urbana e di innovazione sociale, culturale ed economica. La ricerca recepisce il concetto di economia circolare come un nuovo modello economico applicabile a scala territoriale, la cui attuazione è strumentale per il raggiungimento duraturo della sostenibilità e lo fa collegandola al patrimonio culturale, identificato dalla Commissione Europea come il principale driver di investimento delle possibili trasformazioni urbane. In questo framework, il riuso del patrimonio dismesso, ed in particolare del patrimonio archeologico industriale, può svolgere un ruolo determinante non soltanto per il prolungamento del ciclo di vita del patrimonio stesso a fini conservativi, ma anche come strategia urbana capace di generare nuovi valori economici, culturali, ambientali e sociali, supportando dinamiche innovative e sostenibili di crescita locale. La ricerca mira, dunque, a individuare un approccio valutativo basato su modelli circolari di progettazione e gestione delle risorse, esplorando e chiarendo le modalità con cui il riuso adattivo del patrimonio culturale dismesso possa attuare un uso sostenibile del territorio.

Capitolo 1. **Introduzione**

Il lavoro di dottorato si inserisce nel filone di ricerca delle valutazioni degli impatti del patrimonio culturale per la rigenerazione urbana delle città e i territori. In particolare, la tesi costruisce le proprie domande di ricerca a partire dallo studio del progetto Horizon 2020 "CLIC – *Circular models Leveraging Investments in Cultural heritage adaptive reuse*", per il quale si è avuta la preziosa possibilità di collaborare ad alcune attività di ricerca durante il triennio di dottorato, come occasione di crescita e formazione personale, al fine di implementare la qualità della tesi e dei risultati di ricerca.

Il progetto CLIC si inserisce nel quadro delle attività di ricerca scientifica su modelli innovativi di finanziamento, di business e di governance in grado di promuovere e abilitare il riuso del patrimonio culturale nelle città e nei paesaggi culturali europei nella prospettiva dell'economia circolare come modello di sviluppo sostenibile. Il progetto mira ad attrarre nuovi investimenti sostenibili dal punto di vista economico-finanziario per il recupero funzionale degli immobili e dei paesaggi in abbandono, in grado di generare impatti positivi sul piano sociale e ambientale, aumentare l'occupazione in particolare giovanile, e promuovere la crescita economica e sociale nei territori partner attraverso modelli di partenariato misti pubblico-privato-sociale. A partire da questo framework la tesi costruisce le proprie domande di ricerca con l'intento di approfondire ed indagare alcuni aspetti già toccati dal progetto europeo, concentrandosi sul patrimonio culturale industriale. Se, infatti, il progetto Horizon era concentrato sulla ricerca di modelli di finanziamento e governance per il riuso in chiave circolare del patrimonio culturale al fine di attivare processi di rigenerazione *culture-led* e *place-based* del tessuto costruito, la tesi di dottorato si addentra verso l'individuazione di un framework di valutazione integrato per la misurazione degli impatti multidimensionali dei progetti di riuso adattivo del patrimonio culturale industriale, nella prospettiva dell'economia circolare, fornendo un utile strumento

per amministrazioni o imprenditori privati nella scelta dei progetti di riabilitazione del tessuto urbano degradato.

Costruite le domande di ricerca, contenute nella parte introduttiva del lavoro (Paragrafi 1.1 e 1.2) che esplicita anche gli obiettivi e la metodologia di ricerca perseguita, la tesi si struttura in tre sezioni, organizzate in capitoli e paragrafi. La Parte I (Capitoli 2, 3 e 4) contiene lo studio condotto sulla letteratura scientifica e le fonti di riferimento per l'individuazione dello stato dell'arte della tematica affrontata. La Parte II (Capitolo 5 e 6) è intenta a costruire la metodologia di valutazione per la misurazione degli impatti multidimensionali dei progetti di riuso adattivo del patrimonio culturale industriale attraverso strumenti e metriche circolari, raggiunta non solo grazie allo studio dello stato dell'arte ma anche attraverso le analisi empiriche su casi di studio. La Parte III (Capitolo 7) riporta i risultati dell'applicazione del metodo di valutazione proposto al caso del Parco del Real Polverificio Borbonico a Scafati, in Campania (Italia). Infine, nelle conclusioni (Capitolo 8) la ricerca espone i risultati e gli obiettivi raggiunti, esplorando anche le limitazioni del lavoro e i possibili sviluppi futuri di ricerca.

1.1 L'inquadramento e le dimensioni della ricerca

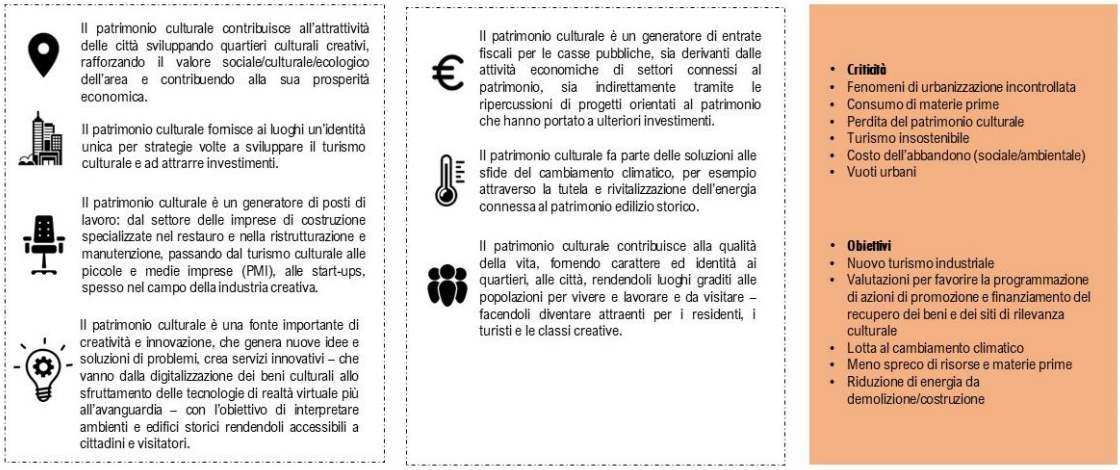
La sfida al raggiungimento di obiettivi di sostenibilità nella città/territorio viene più volte affrontata nei documenti internazionali (Nazioni Unite, 2016). La *New Urban Agenda*, proposta a Quito da UN Habitat nel 2016, suggerisce una serie di indicazioni per raggiungere lo sviluppo sostenibile nello spazio fisico delle città. Questo documento sottolinea il ruolo centrale che viene assegnato alla cultura nel perseguire tali obiettivi. La cultura, in generale, e il patrimonio culturale materiale e immateriale sono considerati, infatti, come risorse chiave per la crescita sostenibile in Europa (Commissione Europea, 2014, 2015), in grado di guidare un nuovo modello di sviluppo urbano basato sulla circolarizzazione dei processi (Commissione Europea, 2014, 2015, 2017). L'economia circolare può rappresentare un percorso verso la sostenibilità, promuovendo un modello che "disaccoppia la crescita dalla limitatezza delle risorse" (EMF, 2015), riducendo le esternalità ambientali, sociali ed economiche negative attraverso sistemi innovativi di produzione-consumo (EMF, 2014).

Un approccio rigenerativo, capace di produrre impatti positivi a beneficio dell'intera comunità (Wijkman & Skånberg, 2015) e basato sul concetto di economia circolare, può essere realizzato operativamente introducendo la cultura come un'area strategica di investimento (Commissione Europea, 2020). Nella letteratura scientifica i principi di economia circolare vengono connessi spesso al concetto di sostenibilità in diversi settori, dal *food* all'industria tessile e, più recentemente, al comparto edilizio (Geissdoerfer et al., 2017). Tuttavia, molti studi accademici non considerano ancora la cultura come una dimensione chiave e quarto pilastro della sostenibilità (CHCfE, 2015). Lo scopo della ricerca è quello di collegare l'attuale concetto di economia circolare al patrimonio culturale come *driver* fondamentale di sviluppo sostenibile. L'economia circolare, infatti, offre una prospettiva innovativa verso la conservazione e gestione del patrimonio edilizio esistente, centrandosi sul riutilizzo piuttosto che sul consumo di risorse e sulle pratiche rigenerative che, oltre ad avere vantaggi economici, producono impatti benefici per la società nel suo complesso (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

La riflessione sull'applicazione dei principi di un modello circolare nello sviluppo delle città e del territorio pone in evidenza il potenziale ruolo del riuso del patrimonio culturale

inutilizzato, sottoutilizzato o dismesso. Nel dibattito scientifico internazionale, il riuso, definito come l'insieme di opere finalizzate a riutilizzare un edificio o un sistema di edifici per rispondere a nuove condizioni e nuovi requisiti (Douglas, 2006), si è progressivamente arricchito di argomentazioni relative ad obiettivi culturali, socio-economici ed ecologici. Ad esso, infatti, non solo è riconosciuto oggi il ruolo di pratica di tutela, di valorizzazione e di prolungamento del ciclo di vita del patrimonio edilizio, ma se ne sottolinea il potenziale come catalizzatore di più ampie strategie di rigenerazione del contesto urbano, di riduzione del consumo di suolo e di contrasto a processi di espansione territoriale incontrollata (Stanik et al., 2018). Il riuso, interpretato come pratica circolare, può rappresentare un'occasione di sviluppo e riqualificazione del suolo urbanizzato, determinando benefici tanto più rilevanti quanto più saranno stati generati o ri-generati valori economici, ecologici, culturali, simbolici e sociali (figura 1.1).

Figura 1.1 I benefici del riuso del patrimonio culturale.



Il riutilizzo del patrimonio culturale può essere inteso come motore della crescita economica, del benessere sociale e della conservazione dell'ambiente e contribuisce allo sviluppo sostenibile dello spazio costruito (Commissione Europea, 2014, 2015; CHCfE, 2015; Parlamento Europeo, 2017). Tuttavia, la conservazione del patrimonio richiede grandi investimenti, mentre le risorse economiche a disposizione sono scarse, e i progetti di investimento sono soggetti a elevate incertezze data la loro complessità gestionale. Inoltre, il riuso adattivo del patrimonio culturale prevede necessariamente certi livelli di trasformazione per consentire l'adattamento a nuove funzioni (Bullen & Love, 2011), mentre tradizionalmente il riutilizzo degli edifici viene affrontato principalmente da una

prospettiva fortemente conservativa, sottovalutando i potenziali impatti positivi che livelli minimi di trasformazione possono generare sul territorio alla luce di nuove economie, coesione sociale, benessere e conservazione ambientale, aprendo il campo a usi innovativi delle risorse del patrimonio. Pertanto, un'attenta valutazione degli impatti positivi e negativi del/sul patrimonio edilizio esistente è necessaria per orientare e indirizzare i progetti di riuso adattivo. In ambito scientifico recenti ricerche sono state affrontate su approcci e metodologie per la valutazione degli impatti della conservazione del patrimonio culturale, considerando le plurime dimensioni della sostenibilità: economica, sociale, ambientale e infine culturale, evidenziata come il quarto pilastro dello sviluppo sostenibile dallo studio effettuato dal CHCfE Consortium nel 2015. Ci sono alcuni studi, infatti, che collocano la dimensione culturale come elemento fondante dello sviluppo sostenibile (Dessein et al., 2015), riconoscendo l'esistenza di un rapporto tripolare tra la cultura e lo sviluppo sostenibile (cultura "nello", "per lo" e "come" sviluppo sostenibile). Sebbene approcci alla valutazione degli impatti multidimensionali della conservazione del patrimonio culturale siano stati indagati (CHCfE, 2015), molti di questi studi accademici si concentrano sugli impatti settoriali, quali economici (de la Torre & Mason, 1998) e sociali (Bertacchini & Segre, 2016), ma meno attenzione è stata dedicata alle complesse interrelazioni tra cultura, economia, società e ambiente.

Gli studi più pertinenti sul tema dell'economia circolare nelle città o del riuso adattivo del patrimonio culturale nella prospettiva dell'economia circolare provengono da alcuni recenti progetti di ricerca europei. Il già citato progetto HORIZON 2020 CLIC (2017 - 2021) *"Circular models Leveraging Investments in Cultural heritage adaptive reuse"* applica i principi dell'economia circolare al riutilizzo adattivo del patrimonio culturale per raggiungere uno sviluppo urbano/territoriale sostenibile dal punto di vista ambientale, sociale, culturale ed economico. Il riutilizzo adattivo del patrimonio culturale è visto come un mezzo per rendere circolari i flussi di materie prime, energia, capitale culturale e capitale sociale. Il paradigma circolare è assunto nel progetto non solo per la crescita economica ma anche per la promozione dello sviluppo umano. Tra gli obiettivi del progetto: la volontà di sintetizzare le conoscenze esistenti sulle migliori pratiche di riuso adattivo del patrimonio culturale rendendole accessibili a ricercatori, decisori politici, imprenditori e organizzazioni della società civile, anche attraverso il dialogo diretto con i

loro promotori; sviluppare e testare modelli di governance innovativi e una serie di strumenti di valutazione di supporto decisionale per migliorare le opzioni/scelte politiche e gestionali sul riuso adattivo sistemico del patrimonio culturale, nella prospettiva dell'economia circolare; analizzare i modelli di business che promuovono la circolarità; fornire una valutazione ex post degli impatti economici, sociali, culturali e ambientali del riutilizzo adattivo del patrimonio culturale, sottolineando l'importanza di approcci di conservazione e manutenzione appropriati in grado di evidenziare l'integrità e l'autenticità del patrimonio.

Il progetto REFLOW *"constRuctive mEtabolic processes For materiaL flOWs in urban and peri-urban environments across Europe"*, finanziato dall'UE H2020 (2019 - 2022), intende offrire un nuovo approccio all'economia circolare nelle aree urbane e cerca di comprendere e trasformare i flussi di materiale urbano, co-creare e testare soluzioni rigenerative a livello di imprese, governance e cittadini per creare un'economia circolare resiliente. Il progetto mira a sviluppare città circolari e rigenerative consentendo il coinvolgimento attivo dei cittadini e il cambiamento sistemico per ripensare l'attuale approccio ai flussi materiali nelle città. Il progetto utilizza i *Fab Lab* come catalizzatori per il cambiamento negli ambienti urbani e periurbani. Il progetto REFLOW si basa sul concetto di "metabolismo urbano" e cerca di comprendere la città attraverso la lente dei sistemi biologici e dei processi tecnici. Il progetto intende calcolare, analizzare e ridefinire l'utilizzo delle risorse urbane attraverso specifici indicatori sociali, ambientali ed economici al fine di valutare la relazione tra produzione e consumo urbano.

Il progetto *OpenHeritage*, H2020 (2018 - 2022) mira a sviluppare e testare un modello di governance inclusivo e un toolbox di supporto per il riutilizzo adattivo dei beni del patrimonio culturale. Si basa sul ruolo delle comunità e sulla possibilità di responsabilizzarle nel processo di riqualificazione basato sui concetti di comunità del patrimonio e cultura partecipativa. Il progetto opera con una definizione aperta di patrimonio che coinvolge anche quegli edifici, complessi e spazi che hanno un significato simbolico o pratico per le comunità del patrimonio locale o trans-locale. Secondo il progetto inclusività significa anche incorporare una coalizione di stakeholder nel processo di riuso e manutenzione, integrare le risorse coinvolgendo nuovi modelli economici e

finanziari, lavorare con il tessuto sociale, ambientale, amministrativo, e economico dei siti del patrimonio.

Tra gli aspetti più attuali e delicati collegati alla tutela dei beni culturali rientra certamente la complessa questione dell'archeologia industriale. Secondo i dati Istat, le aree industriali dismesse nel nostro Paese rappresentano circa il 3% del territorio nazionale corrispondente ad una superficie di 9 mila chilometri quadrati dei quali circa il 30% è localizzata in aree a media o elevata urbanizzazione (ISTAT, 2012). Le aree industriali dismesse rappresentano un fenomeno tanto diffuso quanto complesso sia in Italia che nel resto d'Europa. Sebbene diffuse su tutto il territorio, le aree industriali dismesse sono in larga misura presenti nelle principali aree economiche urbane; in questi centri, la crisi di alcuni settori tradizionali della produzione industriale ha innescato un progressivo degrado, non soltanto sullo stesso sito produttivo ma anche sull'immediato contesto edificato fino a coinvolgere anche quello sociale ed economico (Sposito, 2012). Oggi il patrimonio industriale rappresenta una grande risorsa culturale che necessita di interventi di manutenzione, restauro e rifunzionalizzazione al fine di prolungane il ciclo vitale e la sua conservazione a vantaggio del territorio e della sua comunità. La tesi si muove e si sviluppa all'interno di questo contesto di riferimento interpretando il concetto di economia circolare come un nuovo modello economico applicabile a scala territoriale, la cui attuazione è strumentale per il perseguimento dello sviluppo sostenibile, collegandola al patrimonio culturale, identificato dalla Commissione Europea come uno dei principali driver di investimento delle possibili trasformazioni urbane. In questo contesto, il riuso del patrimonio dismesso, e in particolare del patrimonio archeologico industriale, può svolgere un ruolo determinante non solo per il prolungamento del ciclo di vita del patrimonio stesso, ma anche come strategia urbana capace di generare nuovi valori economici, culturali, ambientali e sociali, supportando dinamiche innovative e sostenibili di crescita locale. La ricerca si inserisce all'interno della riflessione sugli impatti multidimensionali di riutilizzo adattivo del patrimonio culturale come contributo all'attuazione di un'economia circolare nello spazio fisico urbano. Lo scopo di questo lavoro è di proporre un quadro strutturato per l'analisi e la valutazione degli impatti ex-ante delle pratiche di riuso adattivo del patrimonio culturale, e in particolare dell'archeologia industriale, nella prospettiva dell'economia circolare, basata sulla teoria

dell'utilità multi-attributo, che identifica obiettivi, criteri e indicatori in molteplici dimensioni interconnesse. L'innovazione proposta dal lavoro di ricerca risiede nella proposta metodologica di valutazione che viene verificata e sviluppata nell'ambito di un caso di studio. Un'attenta valutazione degli impatti positivi e negativi sul patrimonio culturale è necessaria per orientare e indirizzare i progetti di riuso adattivo. Sebbene gli approcci alla valutazione degli impatti multidimensionali della conservazione del patrimonio culturale siano stati indagati, meno attenzione è stata dedicata alle complesse interrelazioni tra cultura, economia, società e ambiente nella prospettiva della circolarità dei flussi materiali e immateriali. Pochi studi, infatti, si sono soffermati sull'applicazione dei principi di economia circolare al patrimonio culturale. Ad oggi, non esiste un quadro di valutazione strutturato e condiviso di cui i decision maker possano avvalersi nelle scelte specifiche. Pertanto, il lavoro di ricerca costituisce un interessante avanzamento sul tema dell'individuazione di indicatori per la valutazione dei progetti di riuso del patrimonio industriale attraverso la trasposizione dei principi di economia circolare al livello urbano, che può essere considerata molto significativa, soprattutto perché presenta ottime potenzialità di sviluppo futuro.

1.2 Gli obiettivi e la costruzione delle domande di ricerca

La ricerca vuole presentarsi come un'indagine sugli impatti multidimensionali di riutilizzo adattivo del patrimonio culturale, in particolare dell'archeologia industriale, come contributo all'attuazione di un'economia circolare nello spazio fisico urbano. Lo scopo di questo lavoro è di proporre un quadro strutturato per l'analisi e la valutazione ex-ante degli impatti delle pratiche di riuso adattivo del patrimonio culturale, ed in particolare dell'archeologia industriale, nella prospettiva dell'economia circolare, basata sulla teoria dell'utilità multi-attributo (MAUT) che identifica obiettivi, criteri e indicatori di valutazione in molteplici dimensioni interconnesse (Ghisellini et al., 2016; Geissdoerfer et al., 2017). Tale quadro può essere utilizzato dai decision maker a supporto delle scelte di pianificazione o investimento nelle opere di riqualificazione del tessuto urbano degradato, ovvero dei siti industriali dismessi e/o abbandonati che possono rappresentare un'occasione di sviluppo e rilancio del territorio e delle comunità. Per tale motivo la ricerca individua un framework di valutazione delle proposte progettuali di riuso adattivo dei siti di archeologia industriale integrando l'uso degli strumenti open access e di facile utilizzo da parte del decisore, come il TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Design*) e il metodo AHP (*Analytic Hierarchy Process*), per la valutazione dei dati hard e soft, ovvero qualitativi e quantitativi. Una volta individuate delle alternative di progetto per il riuso dei siti industriali dismessi che può avvenire attraverso iniziative top-down ("calate" dall'alto, quindi redatte dalle amministrazioni) o bottom-up (provenienti "dal basso" ovvero dalla comunità), tali strumenti, inquadrati nell'ottica del framework di valutazione composto da criteri e indicatori di circolarità, è in grado di restituire un ordinamento di tali scenari progettuali per orientare il decisore ad effettuare la scelta preferibile, tenendo conto delle preferenze della comunità che attribuiscono un peso, ovvero un'importanza maggiore o minore, ai vari criteri con cui le alternative progettuali vengono valutate.

Il quadro di ricerca si struttura a partire da una serie di domande chiave (figura 1.2):

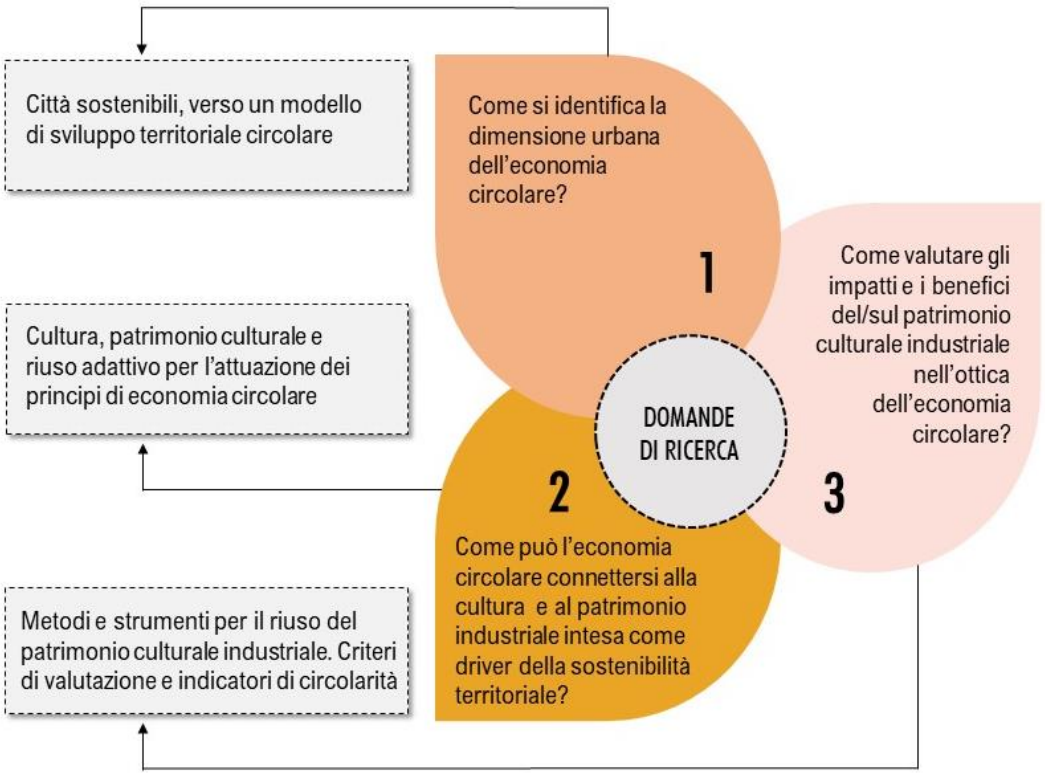
1) Come si identifica la dimensione urbana dell'economia circolare?

2) Come può l'economia circolare connettersi alla cultura e al patrimonio industriale intesa come driver della sostenibilità territoriale?

3) Come valutare gli impatti e i benefici del/sul patrimonio culturale industriale nell'ottica dell'economia circolare?

La ricerca affronta le suddette questioni provando a darne risposta attraverso la definizione di una interrelazione forte che esiste tra patrimonio culturale e rigenerazione dello spazio fisico, verso l'individuazione di un modello di sviluppo territoriale circolare e l'indagine di metodi e strumenti per la tutela, conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale mediante l'identificazione di nuovi criteri e indicatori di circolarità.

Figura 1.2 Le domande di ricerca.



La prima domanda di ricerca è strutturata secondo una linearità che conduce a identificare una definizione di dimensione urbana della circolarità attraverso lo studio innanzitutto dei

principi e del concetto generale di economia circolare nel dibattito scientifico e internazionale, soffermandosi sul cambio di paradigma del modello economico che la società si è trovata costretta ad affrontare per il depauperamento incrementale delle risorse di un pianeta che soffre per via dell'incombente crisi climatica. Il concetto più prettamente urbano di circolarità necessita di essere indagato da una prospettiva multiscalare: articolato il concetto di circolarità in campo economico, questo viene allargato alla visione della città contemporanea, indagando le declinazioni dell'economia circolare nella dimensione città/territorio ed esplorando le modalità con cui tale modello viene applicato al contesto urbano, facendo emergere strategie, raccomandazioni e buone pratiche per l'implementazione del modello circolare e la definizione di città circolare in Europa. Il modello circolare urbano, però, non si esaurisce nella identificazione della città circolare ma è necessario indagare la trasposizione dei principi di economia circolare dalla città al patrimonio edilizio per comprendere le diverse forme di circolarità che entrano in gioco quando si parla di patrimonio costruito, finanche ad arrivare al patrimonio culturale. Le seconda domanda di ricerca esplora le connessioni esistenti tra il concetto di economia circolare e la cultura/patrimonio culturale. Nell'ultimo decennio il patrimonio culturale ha rappresentato nel dibattito europeo una delle risorse fondamentali per lo sviluppo sostenibile, capace di contribuire alla crescita economica dei territori. Si riconosce che la conservazione e il riuso per nuove funzioni del patrimonio culturale e paesaggistico possono avere ricadute positive sulla qualità della vita e sul benessere individuale e comunitario, contribuendo alla creazione di posti di lavoro, alla conservazione delle risorse naturali e alla rivitalizzazione delle città che ospitano il patrimonio. L'attuazione dei principi di economia circolare nel patrimonio culturale è raggiunta con il riutilizzo adattivo degli edifici del patrimonio culturale, in particolare con attenzione al fenomeno dell'archeologia industriale.

La terza domanda di ricerca si rivolge ad un campo operativo attraverso lo studio e l'individuazione degli approcci e degli strumenti per valutare il riuso del patrimonio industriale nella prospettiva dell'economia circolare al fine di misurare gli impatti positivi e negativi del/sul patrimonio culturale.

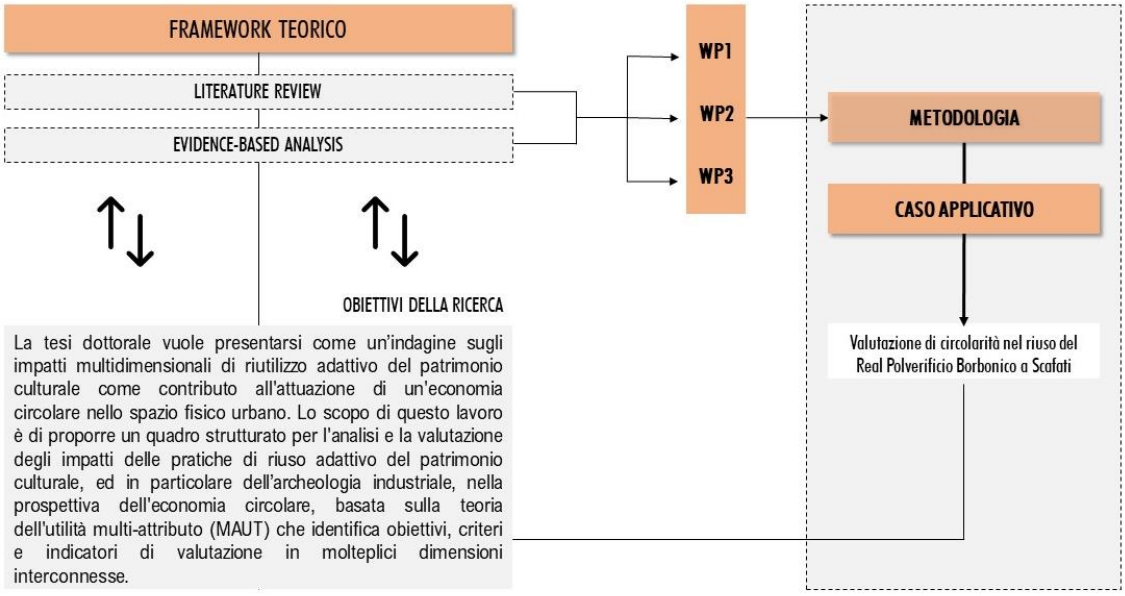
1.3 La metodologia di ricerca

Poiché la ricerca e la pratica relative alla dimensione urbana dell'economia circolare e ai framework di valutazione del riuso adattivo del patrimonio culturale nella prospettiva circolare sono ancora in una fase iniziale di sviluppo, si è ritenuto opportuno applicare una metodologia basata su un approccio misto deduttivo e induttivo (figura 1.3).

La metodologia si compone di tre momenti di ricerca distinti:

1. Costruzione del framework teorico;
2. Elaborazione della metodologia;
3. Verifica della proposta metodologica nel caso applicativo.

Figura 1.3 Il framework metodologico di ricerca.



Il primo momento è rappresentato dal substrato teorico di riferimento che permette di esplorare e approfondire le domande di ricerca al fine di costruire un apparato di studi solido per la ricerca. Il framework teorico è composto dalla revisione della letteratura scientifica e le analisi empiriche effettuate su alcuni casi di studio relativi a buone pratiche di riuso adattivo del patrimonio industriale nella prospettiva dell'economia circolare. La combinazione e l'incrocio tra i dati raccolti conduce alla costruzione dello stato dell'arte che rispecchia le tre domande di ricerca emerse nel paragrafo precedente. In particolare,

lo stato dell'arte è articolato in tre *Work Package*. WP1 esplora la dimensione urbana dell'economia circolare, WP2 le connessioni tra l'economia circolare e il patrimonio industriale come driver della sostenibilità territoriale, WP3 indaga gli approcci e gli strumenti di valutazione per misurare gli impatti e i benefici del/sul patrimonio industriale nella prospettiva dell'economia circolare.

Indagato lo stato dell'arte, la ricerca costruisce una metodologia integrata di valutazione ex-ante per la misurazione delle performance di circolarità dei progetti di riuso adattivo del patrimonio industriale dismesso, a supporto di decisori pubblici o privati nelle scelte di pianificazione per la riqualificazione del tessuto urbano esistente.

Il metodo di valutazione integrato (AHP-TOPSIS) con i relativi criteri e indicatori di circolarità individuati per le valutazioni ex-ante dei progetti di riuso adattivo del patrimonio culturale industriale, trova applicazione in un caso studio, che caratterizza il terzo momento della ricerca. Per la verifica operativa della metodologia valutativa proposta viene individuato come caso studio il progetto di riqualificazione del Parco del Real Polverificio Borbonico di Scafati, in Campania. Tale scelta deriva da una ricerca effettuata sul territorio regionale con l'intento di trovare un ex sito industriale su cui fosse in atto un progetto di riqualificazione e di riuso dei manufatti industriali, identificati come archeologia industriale per le qualità estetiche e i valori culturali sottesi.

Parte I. LO STATO DELL'ARTE

Capitolo 2

La dimensione urbana dell'economia circolare

L'economia circolare (di seguito abbreviata in EC) è un modello virtuoso di produzione e consumo che sottende una serie di imperativi quali condivisione, prestito, riutilizzo, riparazione, ricondizionamento e riciclo dei materiali e prodotti esistenti, al fine di elaborare un sistema rigenerativo capace di estendere il ciclo di vita dei prodotti. Il sistema vivente territorio (Magnaghi, 2017) contribuisce a ridurre i "rifiuti" al minimo, dove per rifiuti il sistema non intende semplicemente gli scarti alimentari o edili ma una serie di output di differente natura (materiali, prodotti edilizi, vuoti urbani, scarti alimentari, rifiuti, etc..) che per operatività del processo circolare vengono reimmessi nel ciclo produttivo come input di differenti filiere industriali e non industriali. Una volta che il prodotto ha terminato la sua funzione, i materiali di cui è composto vengono infatti reintrodotti, laddove possibile, in un nuovo ciclo economico in modo da essere continuamente riutilizzati all'interno del processo produttivo generando ulteriore valore ambientale, sociale, economico o culturale, a seconda che si tratti di risorse tangibili o intangibili.

I principi dell'economia circolare contrastano con il tradizionale modello economico lineare, fino a qualche decennio fa largamente utilizzato dalla contemporanea società, fondato sul tipico schema "produzione-consumo-scarto" che molto dipendeva dalla disponibilità di grandi quantità di materiali ed energia facilmente reperibili e a basso prezzo. Ad oggi, però, le risorse limitate del pianeta e gli ingenti cambiamenti climatici hanno reso necessario adottare un cambio di paradigma da un modello di consumo lineare a una società volta a un'economia a zero emissioni di carbonio, sostenibile dal punto di vista ambientale, libera dalle sostanze tossiche e inquinanti e completamente circolare in ogni ambito territoriale e dimensionale entro il 2050.

Nei seguenti paragrafi viene affrontato il concetto generale di economia circolare, ne vengono indagate le definizioni esistenti in letteratura e nell'attuale dibattito scientifico,

vengono approfonditi e compresi i principi di base e si indagano le principali attività di promozione dell'economia circolare esistenti nell'ambito europeo in linea teorica e pratica. Il concetto di economia circolare è largamente compreso nei suoi aspetti generali, soprattutto in relazione all'ambito di applicazione industriale o di filiera imprenditoriale (i processi circolari vengono ampiamenti utilizzati nelle aziende, nelle imprese, nei processi produttivi di risorse e materiali) ma non è ancora riconosciuto in modo asseverato a livello urbano. Non esiste, infatti, una definizione stabile e ufficialmente riconosciuta a livello globale o finanche europeo di cosa significhi applicare l'economia circolare a scala urbana. Esiste, d'altro canto, una molteplicità di studi e documenti che riconoscono i benefici della sua applicazione al contesto territoriale in molteplici ambiti di sviluppo (rifiuti, energia, acqua, mobilità, patrimonio costruito, etc.) auspicandone una regolamentazione, ancora inesistente, a livello di governance, di progettazione o monitoraggio delle azioni di pianificazione territoriale che dovrebbero essere mosse da principi di circolarità delle risorse sia umane che materiali. Tali studi, che vengono in questa sede analizzati, esplorano differenti tematiche in cui si diversifica l'applicazione dei principi di circolarità a livello di regioni, città, distretti.

La tesi indaga, dunque, le modalità con cui il concetto di economia circolare può essere implementato nelle città per raggiungere uno sviluppo umano sostenibile esplorando una dimensione urbana dell'economia circolare stessa. Esistono oggi diverse città che si definiscono circolari, nonostante non esista una definizione chiara di cosa sia una città circolare dal momento che le città stesse stanno implementando questo modello in modi diversi (Fusco Girard & Nocca, 2018). Lo scopo della presente sezione di ricerca è quello di codificare gli attuali studi sulla dimensione urbana dell'economia circolare carpendo le modalità con cui essa si applica alle città, quali possano essere le definizioni e i modelli di città circolare, quali strategie multidimensionali vengano utilizzate per attuare l'economia circolare nelle città, fino all'analisi delle buone pratiche delle città circolari esistenti nel contesto europeo.

2.1 Il cambio di paradigma: da un modello lineare a un modello circolare

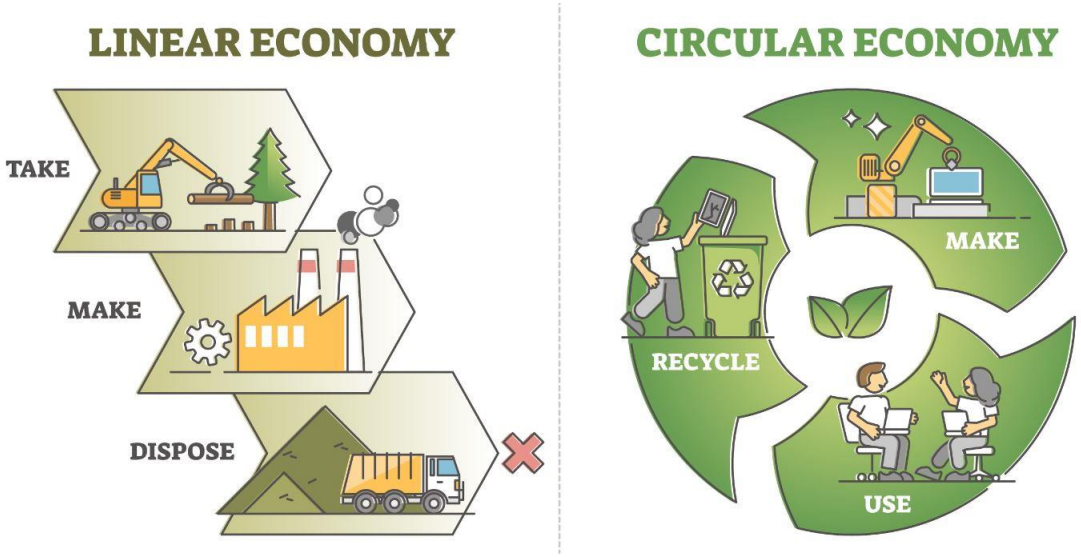
L'economia circolare viene linguisticamente riconosciuta come l'antonimo dell'economia lineare, ovvero un'economia a senso unico che parte da materie prime vergini e finisce in discarica, passando per produzione e consumo senza considerare alcuna forma di riciclo (Morseletto, 2023). Tale produzione di rifiuti porta al deterioramento dell'ambiente con la rimozione del capitale naturale per estrazione o raccolta non sostenibile. Un'economia circolare, invece, non prevede danni significativi all'ambiente, piuttosto assicura la formazione di pochi rifiuti in tutto il processo di produzione e nella storia di vita del prodotto, contando sul loro riutilizzo (Murray et al., 2017). Infatti, la parola circolare ha un significato descrittivo che si riferisce al concetto di ciclo; l'economia circolare è legata al ciclo delle risorse (Sehnem et al., 2019). Queste idee sono sviluppate originariamente nella simbiosi industriale, secondo la quale le aziende usano i reciproci rifiuti come *input* di nuovi processi. Così si manifesta il concetto di "rifiuti come risorse", in cui gli *output* indesiderati di un processo industriale sono usati come materie prime in un altro processo industriale (Parkins, 1930).

Il diagramma in Figura 2.1 (pag. successiva) mostra il cambio di paradigma auspicato, con il passaggio dal modello di economia lineare, che segue tradizionalmente il percorso "*take-make-dispose*", secondo cui i prodotti finiscono in discarica una volta terminato il loro ciclo di vita, mentre l'economia circolare si basa sul processo "*make-use-recycle*", che prevede la chiusura del cerchio produzione-consumo mediante il riutilizzo delle risorse immesse.

Numerose sono le ragioni che rendono necessaria un'immediata transizione verso modelli di produzione e consumo circolari, che abbandonino il modello di economia lineare per virare verso sistemi più sostenibili per l'uomo e l'ambiente. I cambiamenti climatici e i loro effetti sugli habitat naturali e sulla biodiversità, ma anche sulla salute umana, la necessità sempre più evidente di abbandonare fonti fossili per realizzare una decarbonizzazione del settore energetico, la necessità di reperimento di materie prime e un sempre più evidente impatto transfrontaliero dei fenomeni ambientali richiedono una profonda riflessione sui

più recenti sviluppi a livello internazionale ed europeo sulla transizione verso la circolarità dei modelli di consumo delle risorse.

Figura 2.1 Dal modello lineare al modello circolare di economia. Fonte: Adobe Stock, 2023.



L'attuale economia lineare aumenta continuamente la sua domanda di scarse risorse naturali. Allontanarsi dal modello lineare "produzione-consumo-scarto" e passare a un modello di crescita rigenerativa è essenziale per mantenere il consumo di risorse entro i confini del pianeta (Schröder et al., 2020). In un'economia circolare, il valore di prodotti, materiali e risorse viene mantenuto nell'economia il più a lungo possibile e la generazione di rifiuti è ridotta al minimo (Geissdoerfer et al., 2017). Utilizzando e consumando in modo più circolare, è possibile ridurre sostanzialmente gli impatti delle attività economiche umane sull'ambiente, compresa la biodiversità. Considerando che il 90% della perdita di biodiversità è causata dall'estrazione e dalla lavorazione delle risorse, l'economia circolare aiuterebbe a dissociare la crescita economica dall'uso delle risorse, proteggendo le risorse naturali (EMF, 2013). L'economia circolare condurrà dunque alla costruzione di un pianeta più sano e alla riduzione dell'inquinamento, della pressione sulle risorse naturali come l'acqua e l'energia, migliorerà l'uso del suolo, limiterà le emissioni di carbonio, aiutando i paesi globali a divenire territori a impatto climatico zero.

2.2 Le definizioni e i principi di economia circolare nel dibattito internazionale

Stabilita l'essenzialità del cambio di paradigma lineare-circolare, la tesi affronta l'origine del modello di economia circolare nel dibattito scientifico internazionale. La nozione di economia circolare risale al XIX secolo, quando alcuni industriali svilupparono l'idea della simbiosi industriale sopra citata, secondo cui l'industria opera non come un insieme di input e output indipendenti, ma come un "organismo" unificato in cui gli input di un processo diventano "nutrienti" di un altro processo produttivo (Fischer-Kowalski e Haberl, 1998). Questi concetti hanno formato il pensiero della successiva economia circolare. È stato l'avvento dell'economia a ciclo chiuso, presentato per la prima volta da Boulding (1966), e successivamente sviluppato da Stahel e Reday-Mulvey (1976), ad orientare la codificazione dei principi di economia circolare come oggi intesi. L'economia circolare può essere definita come il bilanciamento tra lo sviluppo economico e la protezione dell'ambiente e delle risorse (UNEP, 2006) e, in questa forma, è inseparabile dall'ecologia industriale, e vicina ai tre pilastri (economico, ambientale e sociale) dello sviluppo sostenibile (Moriguchi, 2007).

Il concetto di economia circolare ha cominciato a guadagnare slancio dalla fine degli anni '70 del Novecento. Diversi autori come Ghisellini et al. (2016), e Su et al. (2013) attribuiscono la paternità del concetto moderno a Pearce e Turner (1990) che si sono basati sui precedenti studi dell'economista ecologico Boulding (1966). L'idea di Boulding dell'economia come sistema circolare era vista come un prerequisito per il mantenimento della sostenibilità della vita umana sulla Terra. Boulding descrive la terra come un sistema chiuso con capacità assimilativa limitata e ne deduce che l'economia e l'ambiente avrebbero dovuto coesistere in equilibrio per il suo mantenimento. Così, l'ecologia industriale e l'economia circolare hanno una discendenza condivisa.

Tra i vari campi scientifici e semiscientifici in cui è emersa vi sono fonti relative alle simbiosi industriali (Chertow & Lombardi, 2005), al design *cradle-to-cradle* (McDonough, 2002), all'eco-efficienza (Haas et al., 2015), al design rigenerativo (Lyle, 1996), alla resilienza dei sistemi socio-ecologici (Crépin et al., 2012), all'economia delle performance (Stahel, 2010) e, infine, al concetto di zero emissioni, ovvero l'economia blu (Pauli, 2010).

Il termine economia circolare è stato quindi collegato a una variegata gamma di significati e associazioni da diversi autori, ma ciò che generalmente hanno in comune è il concetto di sistema a ciclo chiuso. La comprensione contemporanea dell'economia circolare e le sue applicazioni pratiche ai sistemi economici e ai processi industriali si è evoluta per incorporare diverse caratteristiche e contributi da una varietà di concetti che condividono l'idea dei cicli chiusi.

Le radici della EC si trovano anche nella Teoria Generale dei Sistemi (*General Strain Theory* - GST). Von Bertalanffy (1950) ha proposto di considerare tutti gli organismi come sistemi integrati. La GST promuove l'olismo, ovvero il pensiero sistemico e la complessità (Senge et al., 2010), elementi da considerare importanti premesse della EC. In linea con la prospettiva sistemica, l'economia circolare viene inquadrata in letteratura secondo un approccio articolato su tre livelli: macro, meso e micro. I tre livelli acquisiscono differenti accezioni nei diversi contributi scientifici. Ghisellini et al. (2016) propongono di considerare la scala di riferimento dell'economia circolare partendo dal basso, nel micro, associato ai singoli processi di industrializzazione, passando dal meso con i parchi eco-industriali, per arrivare al livello macro, inteso come livello della città, provincia, regione, nazione. Mao et al. (2022) rivedono il concetto di scala sulla base delle "*circular economy demonstration areas"* cinesi, evidenziando come il livello micro sia relativo agli aspetti tecnologici con il raggiungimento di una produzione più pulita a livello di singola impresa; quello meso sia proprio dell'impresa urbana e preveda la costruzione di un "*eco-industry system*" a partire dall'impresa leader e individuando i livelli di connessione tra le industrie già esistenti o di quelle da aggiungere per compiere dei cicli produttivi completi; il livello macro riguarda la regione e prevede la costruzione di un eco-park industriale, concepito come una conglomerazione di industrie basate sui flussi di energia e scambi di materiali analoga ad un ecosistema.

In questa ottica l'EC opera a livello micro (prodotti, aziende, consumatori), livello meso (parchi eco-industriali) e a livello macro (città, regione, nazione e oltre), con l'obiettivo di realizzare uno sviluppo sostenibile, creando così simultaneamente qualità ambientale, prosperità economica ed equità sociale, a beneficio delle generazioni attuali e future. Questi livelli di applicazione dell'economia circolare, tuttavia, dimostrano quanto il dibattito scientifico sia ancora lontano dall'individuazione di un modello di circolarità propriamente

"urbano", che sia in grado di connettere la complessità della città con le sue molteplici dimensioni: sociale, umana, culturale, politica e imprenditoriale e quanto sia ancora ancorato al concetto di ecologia industriale e simbiosi industriali.

Nella letteratura scientifica non esiste una definizione asseverata e codificata di economia circolare (Yuan et al.,2008). A tal proposito, questa tesi indaga le diverse definizioni che l'economia circolare assume nel dibattito scientifico dalla sua introduzione fino a più recenti interpretazioni. A partire dagli studi di Kirchherr (2017) che individua 114 definizioni in ambito scientifico, nella tabella seguente (tabella 2.1) sono riportate le definizioni più esaustive esistenti in letteratura che sono riportate in lingua originale per una chiara e completa comprensione del concetto.

Tabella 2.1 Le definizioni di economia circolare nella letteratura scientifica.

Yuan et al., 2008	*The core of CE [are] the '3R' principles—reduction, reuse, and recycling of materials and energy. […] The approach is expected to achieve an efficient economy while discharging fewer pollutants. The strategy requires complete reform of the whole system of human activity*".
Zhijun & Nailing, 2007	*[CE] is a mode of economic development […], requires compliance with ecological laws […]. It is, essentially, an ecological economy that follows the principles of "reducing resource use, reusing, and recycling.*
Ellen MacArthur Foundation, 2013	*[CE] is 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.*
Dupont-Inglis, 2015	*[CE] is about decoupling growth from resource consumption […]. It's about designing products [that] are easier to reuse or recycle. […].*
Van Buren et al., 2016	*[CE] an industrial system that is restorative or regenerative by intention and design. It replaces the 'end-of-life' concept with*

	restoration, shifts towards the use of renewable energy, eliminates the use of toxic chemicals, which impair reuse, and aims for the elimination of waste through the superior design of materials, products, systems, and, within this, business models.
Lieder & Rashid, 2016	*CE is [a] closed loop material flow in the whole economic system […] in association with the so called 3R principles […] Taking into account economic aspects CE […] minimizes matter […] without restricting economic growth*.
Kirchherr et al., 2017	*A circular economy describes an economic system that is based on business models which replace the 'end-of-life' concept with reducing, alternatively reusing, recycling and recovering materials in production/distribution and consumption processes, thus operating at the micro level (products, companies, consumers), meso level (eco-industrial parks) and macro level (city, region, nation and beyond), with the aim to accomplish sustainable development, which implies creating environmental quality, economic prosperity and social equity, to the benefit of current and future generations.*
Korhonen et. al, 2018	*Circular economy is an economy constructed from societal production-consumption systems that maximizes the service produced from the linear nature-society-nature material and energy throughput flow. This is done by using cyclical materials flows, renewable energy sources and cascading1-type energy flows. Successful circular economy contributes to all the three dimensions of sustainable development. Circular economy limits the throughput flow to a level that nature tolerates and utilises ecosystem cycles in economic cycles by respecting their natural reproduction rates.*
Geissdoerfer et al., 2017	*Circular economy is aiming at a closed loop, eliminating all resource inputs and waste and emission leakages of the system, the goals of sustainability are open-ended and different authors address a considerable multitude of goals, which also shift depending on the considered agents and their interests.*

Morseletto, 2020	*A circular economy (CE) can be defined as an economic model aimed at the efficient use of resources through waste minimisation, long-term value retention, reduction of primary resources, and closed loops of products, product parts, and materials within the boundaries of environmental protection and socioeconomic benefits.*

Da un'analisi della letteratura in questo ambito, tra le definizioni di economia circolare reputate più esaustive da Kirchherr (2017), si evidenzia quella sviluppata da van Buren et al. (2016) che si focalizza sulla riduzione del consumo delle materie prime, sull'allungamento del ciclo di vita attraverso l'eco-design, la manutenzione e la riparazione, sull'utilizzo degli scarti e dei rifiuti nell'ambito dei cicli produttivi, tenendo presente la creazione di valore economico, sociale e ambientale. Questa definizione integra quella più diffusa della Ellen MacArthur Foundation[1], che ha introdotto l'economia circolare come "un'economia industriale riparativa o rigenerativa" sostituendo il concetto di fine vita di un materiale o prodotto con il suo ripristino (EMF, 2013). Dupont-Inglis (2015) restituisce uno dei concetti più fondanti per l'economia circolare affermando che la sua applicazione consiste nel disaccoppiare la crescita dal consumo di risorse. In questo modo si aumenta la produttività dei prodotti e si riduce l'uso delle materie prime, la cui estrazione sta diventando sempre più problematica a fini ambientali, data la scarsità delle risorse disponibili. Se si continueranno a sfruttare le risorse all'attuale ritmo, entro il 2050 ci sarà bisogno delle risorse di tre pianeti (Commissione Europea, 2020).

Definizioni complementari sono quelle di Lieder & Rashid (2016) e Geissdoerfer et al., (2017) che descrivono l'economia circolare come la realizzazione di un ciclo chiuso di materiali nel sistema economico. Kirchherr et al. (2017) classificano le caratteristiche dell'economia circolare definendola come strategie di design e modelli di business che stanno rallentando, chiudendo, e restringendo i cicli delle risorse. Secondo quanto stabilito da Korhonen et. al (2018) l'economia circolare è un'economia costruita da sistemi di produzione-consumo che massimizzano il servizio prodotto. Ciò avviene utilizzando flussi ciclici di materiali e fonti di energia rinnovabile, contribuendo a tutte e tre le dimensioni

[1] La Ellen MacArthur Foundation (EMF) è una fondazione di livello internazionale fondata nel 2010 ed è una delle principali organizzazioni nate allo scopo di accelerare il passaggio dall'economia lineare a quella circolare.

dello sviluppo sostenibile. La definizione di Morseletto (2020) risulta la più esaustiva e classifica l'economia circolare come un modello economico finalizzato all'uso efficiente delle risorse attraverso la minimizzazione dei rifiuti, la conservazione del valore a lungo termine, la riduzione delle risorse primarie entro i confini della protezione ambientale e dei benefici socio-economici. Yuan et al. (2006) e Zhijun & Nailing (2007), infine, intendono la definizione di EC articolandola sui principi dell'economia circolare, attraverso il prospetto delle 3R (ridurre, riutilizzare e riciclare), ovvero l'impronta di un'economia ecologica che segue i valori di riduzione dell'uso delle risorse, riutilizzo e riciclaggio.

I principi dell'economia circolare derivano dallo sviluppo di vari approcci, noti come strategie R, individuati per ottenere un minor consumo di risorse e materiali nelle catene di produzione. Esistono diversi elenchi R (Vermeulen et al., 2014) ma tutte le liste si assomigliano o differiscono principalmente nel numero di strategie di circolarità che propongono. Tipicamente esse presentano una gamma di strategie ordinate in base all'alta circolarità (basso numero di R) o alla bassa circolarità (alto numero di R).

Dall'analisi della letteratura scientifica emerge che gli studiosi hanno proposto molteplici "quadri R" (tabella 2.2), a partire dal più canonico e citato formato delle 3R (ridurre, riutilizzare e riciclare), fondamentali per la gestione dei rifiuti nei processi produttivi (Manickam & Duraisamy, 2018), passando dal quadro delle 4R (ridurre, riutilizzare, riciclare e recuperare), per cui Hu et al. (2011) sottolineano che l'attenzione dell'economia circolare è sulla produttività delle risorse e sul miglioramento dell'eco-efficienza. L'approccio delle 6R introduce una nuova serie di imperativi: "riutilizzare, ridurre, riciclare, riprogettare, ristrutturare e riproporre" (Reike et al, 2018), precorrendo quello più aggiornato ed allargato delle 9R "rifiutare, ripensare, ridurre, riutilizzare, riparare, ristrutturare, rifabbricare, riprogettare, riciclare e recuperare" (van Buren et al., 2016; Potting et al., 2017).

Tabella 2.2 Gli approcci delle R nell'economia circolare.

Manickam & Duraisamy, 2018	**3R**	ridurre, riutilizzare e riciclare
Hu et al., 2011	**4R**	ridurre, riutilizzare, riciclare e recuperare

Reike et al, 2018	**6R**	riutilizzare, ridurre, riciclare, riprogettare, ristrutturare e riproporre
van Buren et al., 2016; Potting et al., 2017	**9R**	ripensare, ridurre, riutilizzare, riparare, ristrutturare, rifabbricare, riprogettare, riciclare e recuperare

Morseletto (2020) aggiorna la nomenclatura dell'approccio delle 9R. Per questa ragione, pur mantenendo inalterata la struttura, tale approccio assume la denominazione di 10R *approach* (tabella 2.3). Infatti, la prima R (R0), negli approcci di Potting (2017) e van Buren (2016) non viene calcolata nella numerazione dei principi, pur facendone parte. Questo approccio è considerato il più completo ed aggiornato.

Tabella 2.3 L'approccio delle 10R. Fonte: Rielaborazione da Morseletto (2020).

Uso e produzione di prodotti più intelligente	**R0**	*Refuse*	Rendere superfluo un prodotto abbandonando la sua funzione o offrendo la stessa funzione con un prodotto radicalmente diverso.
	R1	*Rethink*	Rendere un prodotto ad alta intensità d'uso (per esempio attraverso la condivisione di prodotti o mettere sul mercato prodotti multifunzionali).
	R2	*Reduce*	Aumentare l'efficienza nella produzione dei prodotti o nell'uso, consumando meno risorse naturali.
Estensione della durata utile del prodotto e delle sue parti	**R3**	*Reuse*	Riutilizzare come secondo o ulteriore uso (da parte di un altro utente/proprietario) un prodotto che è ancora in buone condizioni e riesce a svolgere la sua funzione originale.
	R4	*Repair*	Riparare e manutenere un prodotto difettoso in modo che possa essere utilizzato con la sua funzione originale.
	R5	*Refurbish*	Ripristinare un vecchio prodotto e aggiornarlo.
	R6	*Remanufacture*	Utilizzare parti di prodotti scartati in un nuovo prodotto con la stessa funzione.
	R7	*Repurpose*	Utilizzare parti di prodotti scartati in un nuovo prodotto con diversa funzione.
Applicazione utile dei materiali	**R8**	*Recycle*	Lavorare i materiali per ottenere la stessa (alta qualità) o inferiore (bassa qualità) qualità.
	R9	*Recovery*	Incenerire i materiali con recupero di energia.

Le strategie R0 e R1 diminuiscono il consumo di risorse naturali e di materiali applicati in una catena di prodotti grazie a un minor numero di prodotti necessari per svolgere la stessa funzione. Pertanto, R0 e R1 sono generalmente considerate strategie di circolarità, anche se non implicano necessariamente l'aumento del riutilizzo di prodotti e componenti, o la riapplicazione di materiali riciclati (come le restanti R2 – R9).

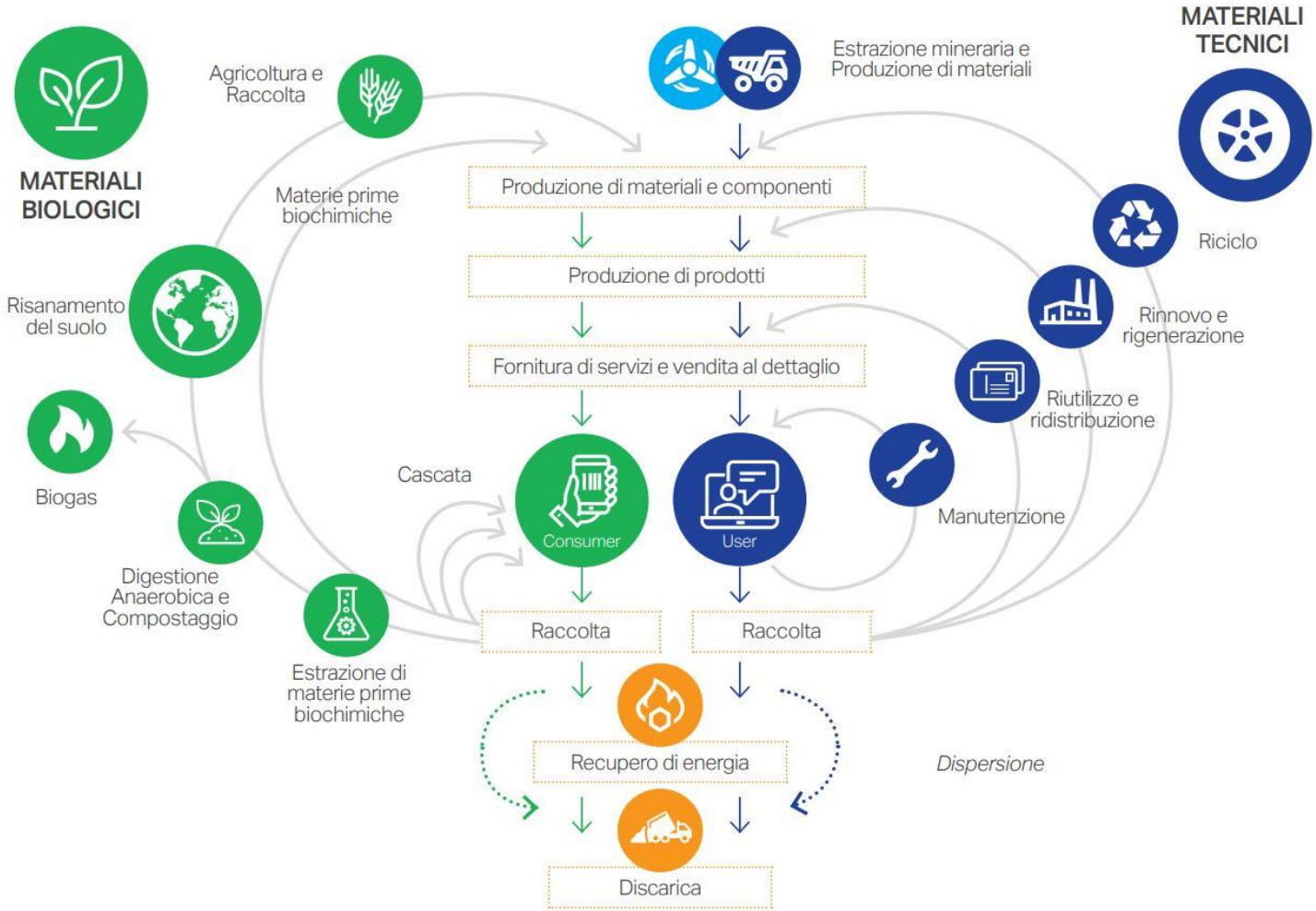
Il campo dell'economia circolare è in continua evoluzione e tende a svilupparsi rapidamente, rendendo difficile trovare una definizione univoca del concetto (Kirchherr et al., 2017; Millar et al., 2019). Tuttavia, la comunità scientifica concorda sull'esistenza di alcuni principi o strategie di azione basate sulla riduzione dei rifiuti come requisito fondamentale per la transizione verso una EC. Moraga et al., (2019) includono tra i principi di EC: 1) mantenere un prodotto in funzione (attraverso piattaforme di condivisione, per esempio); 2) aumentare il tempo di vita utile di un prodotto (attraverso il riutilizzo, il recupero e la riconversione), 3) conservare i materiali (attraverso il riciclaggio), e 4) preservare l'energia incorporata nei prodotti (*waste to energy*).

La Ellen Macarthur Foundation esamina il potenziale dei modelli di business circolari identificando tre principi chiave della EC:

- ✓ Preservare e valorizzare il capitale naturale controllando gli stock finiti e bilanciando flussi di risorse rinnovabili;
- ✓ Ottimizzare la resa delle risorse facendo circolare prodotti, componenti e materiali in uso alla massima utilità in ogni momento sia nel ciclo tecnico che in quello biologico;
- ✓ Favorire l'efficacia del sistema rivelando e disegnando esternalità negative.

Tali principi possono essere colti attraverso il diagramma a farfalla proposta dalla EMF (figura 2.2).

Figura 2.2 Diagramma a farfalla dell'economia circolare. Fonte: WBCSD (2021), adattato da Ellen Macarthur Foundation, 2013.



Tale grafico comprende due cicli: un ciclo biologico, in cui i residui sono restituiti alla natura dopo l'uso, e un ciclo tecnico, in cui i prodotti, i componenti o i materiali sono progettati e commercializzati per ridurre al minimo gli sprechi. Un sistema circolare di questo tipo mira a massimizzare l'uso di materiali puri e non tossici e prodotti progettati per essere facilmente mantenuti, riutilizzati, riparati o ristrutturati per estendere la loro vita utile e, successivamente, per essere facilmente smontati e riciclati in nuovi prodotti, riducendo al minimo gli sprechi in tutte le fasi del ciclo estrazione-produzione-consumo.
Il recupero dei materiali di tipo tecnico è perseguibile attraverso il ciclo tecnico, il quale si serve di più "anelli": manutenzione e riparazione, riutilizzo e ridistribuzione, rinnovamento e rigenerazione e, infine, riciclo. Le risorse biologiche seguono invece un percorso di recupero diverso, come raffigurato nel lato sinistro del grafico. Alla fine della loro vita utile, esse tornano a confluire di nuovo nel ciclo biologico e i loro nutrienti sono riutilizzati in un nuovo ciclo. È importante notare che le risorse a base biologica (*bio-based*) non sono illimitate, per cui è necessario che provengano da fonti gestite in maniera sostenibile.
Applicare questi principi significa creare un'economia *"riparatrice e rigeneratrice, che preserva gli ecosistemi e ne aumenta il rendimento nel tempo, che crea prosperità, e che alimenta la crescita acquisendo più valore dalle infrastrutture e dai prodotti esistenti"* (Ellen Macarthur Foundation, 2015). La fondazione delinea metriche primarie e secondarie per monitorare e misurare l'applicazione di ciascun principio. Inoltre, traduce questi tre principi in un quadro di sei azioni concrete per le imprese e i paesi che vogliono convertirsi a una economia circolare, esplicate attraverso il *Resolve framework* (Ellen Macarthur Foundation, 2015), ovvero un insieme di attività in grado di abilitare la transizione verso l'economia circolare. Come riportato in Tabella 2.4, ogni azione viene brevemente presentata insieme ad una serie di esempi virtuosi di aziende che ad oggi le hanno implementate.

Tabella 2.4 Il ReSOLVE Framework e le aziende circolari. Fonte: Rielaborazione da Ellen Macarthur Foundation, 2015.

Regenerate (rigenerare)	Il concetto di rigenerazione è molto vicino a quello di energia rinnovabile. Questa azione suggerisce infatti l'utilizzo di fonti rinnovabili per energia e materia come input, prevedendo successivamente un loro reinserimento nell'ecosistema (ad esempio le biomasse reimmesse nella biosfera).	Nespresso: compost dal caffè esausto per la coltivazione del riso; biogas da caffè
		Hankook: recupero della gomma degli pneumatici, recupero dell'acqua, recupero del calore
Share (condividere)	La condivisione si riferisce al riuso o al mercato della "seconda mano", oppure a nuovi modelli di business che creano valore attraverso l'utilizzo di un prodotto, accuratamente progettato per una durata maggiore, da parte di più utenti.	Patagonia: recupero degli abiti usati
		BlaBlaCar: condivisione dei posti auto
		Airbnb: condivisione di appartamenti e stanze
Optimise (ottimizzare)	Il miglioramento continuo deve essere perseguito in ambito circolare attraverso l'aumento della performance dei prodotti/servizi, anche mediante nuove tecnologie ed una progettazione che permetta la riduzione degli sprechi nella produzione e nelle fasi successive.	Toyota: incremento della sostenibilità con il "Toyota Environmental Challenge 2050": nuove auto a emissioni zero
Loop (circolare)	Questa azione incorpora pienamente la missione dell'economia circolare, ovvero mantenere le risorse il più possibile all'interno del ciclo di vita.	Dell: vendita di computer ricondizionati
		Renault: riutilizzo di parti dei veicoli
Virtualise (virtualizzare)	La virtualizzazione sfrutta le tecnologie emergenti nel settore IT per rendere digitale ciò che prima era fisico, come ad esempio libri, musica, shopping e tanto altro.	Netflix: servizio di streaming film e serie TV
		Zalando: marketplace di abbigliamento online

		Kindle: libri ebook
Exchange (scambiare)	L'utilizzo di nuovi materiali, nuove tecnologie di produzione e nuovi prodotti / servizi per scambiare pratiche datate e con modalità più circolari può abilitare una transizione dirompente verso sistemi di produzione e consumo sostenibili e duraturi.	Adidas: utilizzo del 100% di plastiche riciclate entro il 2024

2.3 Le iniziative europee per la promozione dell'economia circolare

La Commissione Europea ha adottato un insieme di strategie per sostenere la transizione verso l'economia circolare, suggerendo proposte legislative. L'obiettivo di questo pacchetto strategico di azioni è quello di stimolare la crescita economica, rendendola più sostenibile e competitiva nel lungo termine. Esso considera l'economia circolare come un mezzo per contribuire all'innovazione, alla crescita e alla creazione di posti di lavoro. Nel 2015 la Commissione Europea ha adottato il suo primo piano d'azione per l'economia circolare. Tale piano comprendeva misure per aiutare a stimolare la transizione dell'Europa verso un'economia circolare, rafforzare la competitività globale, promuovere una crescita economica sostenibile e generare nuovi posti di lavoro. Il piano d'azione ha stabilito azioni concrete e ambiziose, con misure che coprono l'intero ciclo di vita: dalla produzione e consumo alla gestione dei rifiuti e al mercato delle materie prime secondarie e una proposta legislativa sui rifiuti (Commissione Europea, 2021).

Il 4 marzo 2019 la Commissione europea ha adottato un rapporto completo sull'attuazione del piano d'azione. Il rapporto presenta i principali risultati e delinea le sfide future per plasmare la attuale economia e aprire la strada verso un'economia circolare climaticamente neutra in cui la pressione sulle risorse naturali e d'acqua dolce e sugli ecosistemi sia ridotta al minimo. In linea con l'obiettivo dell'UE di neutralità climatica entro il 2050 previsto dal *Green Deal*, nel marzo 2020 la Commissione europea ha proposto un nuovo piano d'azione per l'economia circolare. Tale piano è incentrato sulla prevenzione dei rifiuti e la loro gestione ottimale. La circolarità e la sostenibilità devono essere integrate in tutte le fasi della catena del valore per raggiungere un'economia completamente circolare: dalla progettazione alla produzione, fino al suo consumo. Il piano d'azione della Commissione europea ha stabilito delle aree chiave (tabella 2.5, pag. successiva), essenziali per raggiungere un'economia circolare: plastica; tessile; rifiuti elettronici; cibo e acqua; imballaggi; batterie e veicoli; edifici e costruzioni; gestione dei rifiuti (Commissione Europea, 2021).

Tabella 2.5 Le aree chiave della Commissione Europea per l'attuazione dell'economia circolare.

Plastica	La strategia europea per la plastica nell'economia circolare eliminerebbe gradualmente anche l'uso delle microplastiche.
Tessile	L'industria tessile fa uso di molte materie prime e di acqua, a fronte di meno dell'1% di materiale riciclato. L'Unione Europea si è espressa a favore di nuove misure per contrastare la perdita di microfibre e introdurre standard più severi sull'uso dell'acqua.
Elettronica e Tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC)	I rifiuti elettronici ed elettrici rappresentano il flusso di rifiuti in più rapida crescita nell'UE, di cui meno del 40% viene riciclato. È necessario promuovere una maggiore durata dei prodotti attraverso il riuso e la riparabilità.
Cibo e acqua	Si stima che il 20% del cibo totale prodotto venga perso o sprecato nell'UE. La strategia europea prevede il dimezzamento degli sprechi alimentari entro il 2030.
Imballaggio	Le nuove regole mirano a garantire che tutti gli imballaggi del mercato UE siano economicamente riutilizzabili o riciclabili entro il 2030.
Batterie e veicoli	Si richiede che abbiano una bassa impronta di carbonio e rispettino i diritti umani, nonché gli standard sociali ed ecologici.
Edifici e costruzioni	L'industria edile è responsabile di oltre il 35% dei rifiuti totali dell'UE. La durata del ciclo di vita degli edifici deve essere prolungata e sono necessari degli obiettivi di riduzione dell'impronta di carbonio dei materiali, così come dei requisiti minimi sull'efficienza energetica e delle risorse.

Gestione e spedizione dei rifiuti	L'UE produce più di 2,5 miliardi di tonnellate di rifiuti all'anno. Risulta necessario incrementare il riciclaggio di alta qualità, abbandonare lo smaltimento in discarica e ridurre al minimo l'utilizzo degli inceneritori.

A febbraio 2021 il Parlamento europeo ha votato per il nuovo piano d'azione per l'economia circolare, chiedendo misure aggiuntive per raggiungere un'economia a zero emissioni di carbonio, sostenibile dal punto di vista ambientale, libera dalle sostanze tossiche e completamente circolare entro il 2050. Sono anche incluse norme più severe sul riciclo e obiettivi vincolanti per il 2030 sull'uso e l'impronta ecologica dei materiali. Il passaggio a un'economia più circolare potrebbe portare benefici, inclusa una minore pressione sull'ambiente; maggiore sicurezza dell'approvvigionamento delle materie prime; e una maggiore competitività, innovazione, crescita e occupazione. Tuttavia, ci sono anche sfide da affrontare, come finanza, fattori abilitanti economici chiave, competenze, comportamento dei consumatori, modelli di business e governance multilivello (EPRS – European Parliamentary Research Service, 2021). Le Nazioni Unite hanno introdotto nei paragrafi 71-74 della Nuova Agenda Urbana, ovvero il documento finale della conferenza Habitat III (Ottobre 2016), la nozione di economia circolare come modello di sviluppo generale che produce impatti sui contesti naturali e sociali, generando al contempo nuova ricchezza economica. Questo stimola un prolungamento indefinito della vita delle risorse e dei valori d'uso delle stesse e promuove circuiti di cooperazione tra i diversi attori. L'Unione Europea ha introdotto alcuni strumenti per le imprese, le aziende e gli stakeholder per l'attuazione di un modello economico circolare. Tra questi si annoverano iniziative legate all'introduzione di eco-etichette; piattaforme di stakeholder; metodi di valutazione della sostenibilità degli edifici o dell'uso di tecnologie verdi; accesso alle materie prime, etc. Di seguito sono elencati gli strumenti attualmente validi e riconosciuti a livello europeo:

- *EU Ecolabel:* è un marchio europeo usato per certificare il ridotto impatto ambientale dei prodotti o dei servizi offerti dalle aziende che ne hanno ottenuto l'utilizzo.

- *European Circular Economy Stakeholder Platform:* una piattaforma europea che riunisce le parti interessate attive nel campo dell'economia circolare.
- *Sustainable buildings – Level(s):* è un approccio europeo comune per valutare la sostenibilità degli edifici.
- *EU Environmental Technology Verification:* è una valutazione che promuove l'adozione di tecnologie verdi.
- *Eco-management and audit scheme:* è uno strumento di gestione per le imprese per migliorare le proprie prestazioni ambientali.
- *Green public procurement:* è uno strumento volontario per giudicare gli appalti pubblici sostenibili.
- *Raw materials initiative:* è una strategia utile per affrontare la questione dell'accesso alle materie prime nell'UE.
- *Eco-innovation action plan:* è il piano d'azione per l'ecoinnovazione.
- *Circular economy monitoring framework:* è un quadro di monitoraggio dei progressi dei paesi dell'UE verso un'economia circolare.
- *European Innovation Partnership on Raw Materials:* è un partenariato che riunisce le parti interessate su approcci innovativi alle sfide legate alle materie prime.

Secondo quanto emerge dal *Circularity Gap Report*, il tasso di circolarità globale rilevato nel 2021 è pari solo all'8,6%, con un aumento del prelievo di materia dal pianeta che supera i 101 miliardi di tonnellate. Questi dati sono la prova di una ancora mancata attuazione di strategie nazionali nell'ottica della transizione ecologica.

Come evidenziato in Tabella 2.6 (pag. successiva), il passaggio a un'economia circolare potrebbe comportare benefici positivi nelle seguenti aree (World Economic Forum, 2014):

Tabella 2.6 Aree di intervento dell'economia circolare.

Cambiamenti climatici	Conservando l'energia incorporata nei prodotti fabbricati, si possono ottenere riduzioni significative delle emissioni di gas serra. McKinsey (2014) stima che l'implementazione dell'economia circolare nei settori alimentare, dell'ambiente costruito e dei trasporti in Europa potrebbe ridurre le emissioni dell'81% entro il 2050.
Uso di acqua potabile	La produzione di un telefono cellulare richiede l'utilizzo di sei vasche da bagno piene d'acqua (più di 1.000 litri). Questa acqua incorporata si perde quando il telefono va in discarica, ma può essere preservata attraverso la riparazione o il riutilizzo dei suoi componenti. Lo stesso principio vale per altri prodotti fabbricati.
Inquinamento atmosferico	Nello stesso modo in cui l'economia circolare conserva l'acqua incorporata, l'applicazione dei suoi principi può ridurre la necessità di emettere sostanze inquinanti. L'inquinamento è incorporato nei prodotti fabbricati e prolungare la loro vita o rifabbricare i loro componenti rimuove la necessità di emissioni associate ai nuovi prodotti.
Uso del suolo e integrità della biosfera	L'economia circolare ridurrebbe la domanda di risorse naturali, contribuendo a limitare il cambiamento dell'uso del suolo e la distruzione dell'habitat guidata dall'estrazione di queste risorse dalla terra. Ad esempio, la conservazione e il riutilizzo di metallo e carta riducono la necessità di attività minerarie, preservando così l'integrità della biosfera.

Un ulteriore strumento di promozione delle iniziative europee proviene dalla Agenda Urbana per il Partenariato UE sull'Economia Circolare, che è uno sforzo congiunto della Commissione Europea, degli Stati membri e delle reti di città europee per rafforzare il riconoscimento della dimensione urbana da parte degli attori politici europei e nazionali. Il partenariato per l'economia circolare ha individuato 12 azioni e raccomandazioni da presentare all'UE, agli Stati membri e alle città divise in tre aree tematiche:

1. Migliore regolamentazione (Better regulation). Il partenariato ha identificato diverse barriere nelle legislazioni esistenti in materia di acqua, rifiuti e biologia. Pertanto, ha identificato le seguenti azioni:

- Contribuire a far sì che la legislazione sui rifiuti sostenga l'economia circolare nelle città;
- Contribuire a far sì che la legislazione sull'acqua sostenga l'economia circolare nelle città;
- Analizzare gli ostacoli normativi e i fattori trainanti per il potenziamento di una bioeconomia urbana circolare.

2. Migliore finanziamento (Better funding). La transizione verso un'economia circolare nelle città richiede finanziamenti per soluzioni circolari. Aumentare la consapevolezza sulle diverse fonti di finanziamento e garantire che i finanziamenti dell'UE riconoscano correttamente la necessità di finanziamenti circolari sono gli obiettivi delle due azioni Better Funding.

- Preparare una guida al finanziamento della città circolare per assistere le città nell'accesso ai finanziamenti per i progetti di economia circolare;
- Integrare l'economia circolare come area ammissibile nella politica di coesione post 2020 e nei fondi corrispondenti.

3. Migliore conoscenza (Better Knowledge). Sono necessarie misure per facilitare e sostenere lo scambio di conoscenze per supportare la transizione verso un'economia circolare nelle città.

- Preparare un Portale Circolare;
- Promuovere centri di risorse urbane per la prevenzione, il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti;
- Sviluppare una roadmap per la gestione delle risorse circolari per le città;

- Sviluppare un pacchetto di conoscenze sull'economia collaborativa per le città;
- Gestire il riuso di edifici e spazi in un'Economia Circolare;
- Sviluppare indicatori urbani per un'economia circolare;
- Sviluppare un toolkit “Pay-as-you-throw”.

La Circular Cities and Regions Initiative (CCRI) è un'iniziativa della Commissione Europea, lanciata dalla Direzione generale della Ricerca e dell'innovazione nell'ambito del Piano d'azione per l'economia circolare dell'UE 2020. Contribuisce agli obiettivi politici del Green Deal dell'UE, compreso l'obiettivo di neutralità climatica per il 2050, e la strategia dell'UE per la bioeconomia. Il CCRI è finanziato da Horizon 2020 e Horizon Europe, i programmi quadro di ricerca e innovazione dell'UE. Combinando la condivisione delle conoscenze, il sostegno tecnico e finanziario, l'iniziativa assiste le parti interessate nelle città e nelle regioni d'Europa, comprese le autorità regionali e locali, i rappresentanti dell'industria, le organizzazioni di ricerca e tecnologia e la società civile. Il CCRI mira a sostenere la transizione verde dell'Europa promuovendo la circolarità a livello locale e regionale. È uno schema di collaborazione e supporto multi-stakeholder. Il suo team internazionale di esperti di economia circolare offre un supporto pratico e su misura per accelerare l'attuazione dell'economia circolare nelle città e nelle regioni. In particolare, la CCRI sostiene la cooperazione, le sinergie e le complementarità tra i pilot del CCRI, i progetti del CCRI, i partner associati e altre parti interessate; assiste le città e le regioni pilota del CCRI nello sviluppo delle pratiche circolari e mira a condividere le migliori pratiche replicabili per aiutare le città e le regioni a trovare concrete soluzioni sistemiche circolari che soddisfino le proprie esigenze.

2.4 La visione contemporanea della città sostenibile: il modello di città circolare

Le città si trovano oggi di fronte a sfide inedite e complesse, conseguenza diretta di fenomeni che vanno dal cambiamento climatico al mutamento demografico, dalla crisi economica e finanziaria all'innovazione tecnologica. La dimensione urbana di queste sfide ha posto le città al centro dell'agenda politica internazionale, dalla sottoscrizione del Patto di Amsterdam per l'agenda urbana europea, alla Conferenza Onu Habitat III tenutasi a Quito nell'ottobre 2016.

In questo contesto, i *Sustainable Development Goals* (SDGs) approvati nel settembre del 2015 dall'Onu e le azioni per l'implementazione della "Agenda 2030" rappresentano una tappa fondamentale. L'Obiettivo 11, in particolare, si riferisce al raggiungimento della sostenibilità urbana. Il governo dello spazio urbano è un fattore cruciale di sviluppo: le città sono responsabili della maggiore quota di consumo energetico e di emissioni di carbonio, della crescente pressione sull'ambiente e delle connesse problematiche legate alla salute pubblica. Perciò l'obiettivo è garantire alla popolazione accesso alla mobilità e qualità degli alloggi, sicurezza, sia in termini di adeguatezza strutturale di edifici e infrastrutture pubbliche e private, sia con riferimento alla tutela da forme di criminalità. Sul piano della salute pubblica, la riduzione dell'inquinamento e il miglioramento della qualità dell'aria costituiscono aspetti centrali, unitamente alla gestione dei rifiuti, del ciclo dell'acqua e delle acque reflue. Con riferimento alla gestione e alla sicurezza del territorio, il *focus* riguarda anche l'adattamento ai cambiamenti climatici e la mitigazione dei loro effetti. Questo obiettivo è suddiviso in diversi *target* che fanno riferimento all'accesso ad alloggi e a servizi di base adeguati (11.1), a sistemi di trasporto sicuri, sostenibili, e convenienti per tutti, a migliorare la sicurezza stradale, in particolare ampliando i mezzi pubblici (11.2). Il target 11.3 si pone l'obiettivo di aumentare l'urbanizzazione inclusiva e sostenibile e la capacità di pianificazione e gestione partecipata e integrata degli insediamenti. Una questione fondamentale affrontata è la protezione e la salvaguardia del patrimonio culturale e naturale (11.4) e la riduzione dell'impatto ambientale negativo pro capite, con particolare riguardo alla qualità dell'aria e alla gestione dei rifiuti (11.6), con accesso a spazi verdi pubblici sicuri, inclusivi e accessibili (11.7). Ma non solo l'obiettivo

11 fa riferimento al contesto urbano. Altri obiettivi concorrono alla sostenibilità nel territorio e sono tutti interdipendenti tra loro. L'incremento dei consumi di energia da fonti rinnovabili e il miglioramento dell'efficienza energetica rappresentano obiettivi di grande rilevanza. La lotta al cambiamento climatico rappresenta una sfida a livello globale che richiede una transizione a un'economia a basse emissioni di carbonio e la diversificazione delle fonti di energia. L'aumento delle concentrazioni di gas serra nell'atmosfera, che costituisce la principale determinante del riscaldamento globale, è riconducibile essenzialmente alle emissioni dei gas serra di origine antropogenica. È necessario promuovere modelli di produzione e consumo sostenibile finalizzati alla riduzione dell'impronta ecologica dei sistemi socio-economici (Obiettivi 12, 13). La gestione sostenibile delle risorse naturali, un consumo consapevole, l'implementazione di un efficiente ciclo dei rifiuti, sono gli strumenti attraverso i quali ridurre i carichi sull'ambiente. La gestione dell'intero ciclo delle acque deve essere resa più efficiente, attraverso investimenti nelle diverse attività, dal prelievo alla distribuzione, fino al trattamento delle acque reflue (Obiettivi 6, 7, 12, 13).

Specifici *target* sono indirizzati alla promozione dell'efficienza nell'utilizzo delle risorse naturali e al turismo sostenibile (Obiettivo 8). È necessario puntare alla salvaguardia degli ecosistemi terrestri e della loro biodiversità. La strategia non è circoscritta ai superstiti ambienti naturali o alle grandi riserve della biosfera, ma investe l'intero pianeta, interessato in ogni sua parte da diverse forme di degrado dell'ambiente e del territorio (Obiettivo 15).

I documenti internazionali che discutono delle problematiche relative alla rapida urbanizzazione del pianeta e quindi fanno riferimento al contesto prettamente urbano per un uso più efficiente e sostenibile del territorio derivano soprattutto dalle Conferenze HABITAT che le Nazioni Unite convocano ogni vent'anni. La prima conferenza internazionale sugli insediamenti umani "HABITAT I" si svolse nel 1976 a Vancouver (Canada) e si concluse con una comune dichiarazione politica che denunciava l'urbanizzazione rapida, incontrollata e iniqua di ampie aree del pianeta e proponeva un piano d'azione articolato in 6 sezioni e in 64 raccomandazioni specifiche rivolte ai decisori politici, ai diversi livelli di governo, al fine di promuovere uno sviluppo urbano imperniato su un miglioramento della qualità della vita, attraverso una più equa distribuzione dei benefici dello sviluppo, la pianificazione e la regolamentazione dell'uso del suolo, la tutela

dell'ambiente, integrando le donne e i giovani e le persone più vulnerabili. La conferenza "HABITAT II", invece, fu organizzata nel 1996 a Istanbul (Turchia). Meglio conosciuta come "City Summit", portò all'adozione di una "Agenda Habitat", che fissò alcuni obiettivi a lungo termine per lo sviluppo delle aree urbane: arrestare il deterioramento delle condizioni globali degli insediamenti umani e creare le condizioni per realizzare il miglioramento delle condizioni di vita di tutte le persone su una base sostenibile, con particolare attenzione alle esigenze e al contributo delle donne e dei gruppi sociali vulnerabili, la cui qualità della vita e partecipazione allo sviluppo risultavano ostacolati da esclusione e crescenti disuguaglianze. L'ultima conferenza internazionale, "HABITAT III", si è svolta a Quito, in Ecuador, dal 17 al 20 ottobre 2016. Essa ha stabilito una visione condivisa da seguire nelle politiche urbane dei prossimi vent'anni, sintetizzata nel motto: "Città per tutti". Costruire città inclusive, dove tutti gli abitanti abbiano uguali opportunità, e sostenibili dal punto di vista economico, sociale e ambientale è l'obiettivo della Nuova Agenda Urbana delle Nazioni Unite, accompagnata da un dettagliato e concreto piano d'azione rivolto a tutti coloro che hanno responsabilità nel governo delle città. La Nuova Agenda Urbana è un capitolo della più ampia "Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile". È un documento che sviluppa una dichiarazione di principi che si impernia su una "visione condivisa", a livello mondiale, su quale debba essere la visione sostenibile delle città. È la visione di una città capace di promuovere l'inclusione e di garantire che tutti gli abitanti, sia delle generazioni presenti che di quelle future, senza discriminazioni di alcun tipo, possano utilizzare, godere e produrre città e insediamenti umani equi, sicuri, salubri, accessibili, resilienti e sostenibili. I principi e gli impegni ruotano attorno alle tre componenti universalmente accettate dello sviluppo sostenibile: sociale (nessuno rimanga indietro – *leaving no one behind*); economico (trarre vantaggio dalle economie di agglomerazione di insediamenti correttamente pianificati); ambientale (usi sostenibili del suolo e delle risorse naturali ed energia pulita).

L'agenda urbana per l'Unione europea, adottata il 30 maggio 2016 e meglio conosciuta come "Patto di Amsterdam", è l'attuazione, a livello europeo, dei principi, degli impegni e delle azioni previsti dalla Nuova Agenda Urbana delle Nazioni Unite sopra descritta. Le due agende urbane, quella dell'ONU e quella dell'UE, condividono, infatti, l'identica visione di uno sviluppo urbano equilibrato, sostenibile e integrato delle città. Più del 70% dei cittadini

europei vive in aree urbane: secondo le proiezioni dell'ONU, entro il 2050, questa percentuale è destinata a salire all'80%. La crescita delle aree urbane, dunque, sarà la dinamica che avrà l'impatto più importante sullo sviluppo sostenibile dell'Europa e sui cittadini europei.

Gli studi dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (AEA) sottolineano che le città hanno un ruolo chiave nella transizione dell'Europa verso la sostenibilità: le città devono affrontare le questioni sociali e ambientali in modo integrato per conseguire la sostenibilità e ciò include la garanzia che le città siano inclusive, sicure e resilienti. L'AEA indaga gli aspetti legati al miglioramento dell'ambiente, l'integrazione delle considerazioni ambientali nelle politiche economiche e la transizione verso la sostenibilità. L'approccio dell'AEA alla sostenibilità ambientale urbana riconosce l'importanza delle dimensioni sociali ed economiche, ma si concentra principalmente sulle questioni ambientali nelle aree urbane. Queste includono, ad esempio, l'inquinamento dell'aria e dell'acqua, gli spazi verdi che offrono spazio alle persone e alla natura, la perdita di biodiversità, l'efficienza delle risorse e le misure di mitigazione per ridurre le emissioni di gas serra e gestire gli impatti del cambiamento climatico. Tali questioni ambientali sostengono e supportano anche la salute sociale ed economica delle città. La relazione dell'AEA "Sostenibilità urbana in Europa – Strade per il cambiamento" individua diversi elementi fondamentali per migliorare la sostenibilità delle città, tra cui il miglioramento della qualità dell'ambiente locale, la creazione di capacità di adattamento, la garanzia di un numero sufficiente di aree pubbliche e naturali, il passaggio all'energia rinnovabile, e migliorare l'efficienza energetica e delle risorse. L'AEA individua sei "lenti di ingrandimento": 1) città circolare, 2) città resiliente, 3) città a basse emissioni di carbonio, 4) città verde, 5) città inclusiva e 6) città salutare. Nel documento non solo si individuano alcuni elementi fondamentali della sostenibilità urbana, ma si evidenzia inoltre l'importanza di sviluppare un approccio che consideri le relative interconnessioni (definito *Nexus Approach*). Il termine *nexus* vuol dire "nesso" e si riferisce per definizione alle interconnessioni o alle connessioni tra due o più elementi (Magic Nexus, 2018). Hoff (2011) colloca il focus del *nexus* sull'efficienza del sistema, piuttosto che sulla produttività di settori isolati. Secondo l'AEA, infatti, la transizione verso la sostenibilità richiede coerenza ed integrazione tra i diversi ambiti e scale delle politiche. In particolare, la AEA

individua 19 chiavi di lettura della città sostenibile che abbracciano questioni ambientali, sociali ed economiche (tabella 2.7).

Tabella 2.7 Le 19 chiavi di lettura della città sostenibile. Fonte: Agenzia Europea dell'Ambiente, 2018.

Qualità ambientale	Un ambiente urbano sano e pulito, che comprenda una buona qualità dell'acqua, dell'aria, della terra e del suolo e che mantenga l'inquinamento, compreso quello acustico, entro limiti rigorosi.
Capacità di adattamento	Sistemi urbani con la capacità di essere resilienti, adattivi e reattivi a una serie di stress cronici e shock acuti, riducendo la vulnerabilità ai cambiamenti climatici e agli eventi estremi.
Spazio aperto pubblico	Spazio aperto pubblico di buona qualità e accessibile a tutti i cittadini, che contribuisce a rafforzare l'identità locale e l'orgoglio civico e a sostenere l'inclusione sociale, la coesione della comunità, la salute e il benessere.
Infrastruttura verde e blu	Rete interconnessa di aree naturali e seminaturali, di spazi verdi o blu e di elementi che offrono un'ampia gamma di benefici ai cittadini urbani, migliorando al contempo la biodiversità e contribuendo al ripristino degli ecosistemi locali.
Multifunzionalità ecologica	Biodiversità urbana, ecologia e reti ecologiche sane che beneficiano dei servizi ecosistemici urbani e aumentano la resilienza del sistema urbano.
Agricoltura urbana sostenibile	Integrazione di agricoltura urbana sostenibile e di sistemi alimentari all'interno delle città, compresi la coltivazione,

	la lavorazione e la distribuzione di alimenti e altri prodotti nelle città e nei dintorni.
Energia rinnovabile	Alta percentuale del fabbisogno energetico delle città prodotta da fonti rinnovabili decentralizzate, che vanno dai piccoli impianti alla microgenerazione comunitaria e domestica prodotta vicino al punto di utilizzo.
Basso consumo energetico	Basso consumo e domanda di energia da parte dei cittadini e delle città, ottenuto attraverso comportamenti e pratiche pro-ambientali che utilizzano meno energia.
Efficienza energetica	Uso efficiente dell'energia per ridurre le emissioni di gas serra e altri inquinanti, ridurre i costi energetici per i cittadini e le città e contribuire a garantire la sicurezza dell'approvvigionamento energetico.
Uso efficiente dei materiali e zero rifiuti	Materiali e prodotti utilizzati in modo efficiente attraverso il riutilizzo e il riciclaggio, con l'obiettivo di eliminare la produzione di rifiuti.
Efficienza delle risorse	Le risorse naturali sono utilizzate in modo efficiente e operano entro i limiti del pianeta per produrre benefici economici e promuovere vite più sane e la creazione di posti di lavoro.
Mobilità sostenibile	Un ambiente urbano ben collegato, basato su trasporti pubblici e attivi accessibili a tutti, anche a coloro che sono socialmente ed economicamente svantaggiati.
Economia verde	Un'economia inclusiva che è a basse emissioni di carbonio, che conserva le risorse, che è diversificata e circolare e che si traduce in un miglioramento del benessere umano e dell'equità sociale, riducendo al

	contempo in modo significativo i rischi ambientali e le scarsità ecologiche.
Qualità dell'ambiente costruito	Edifici, spazi pubblici e infrastrutture fisiche di supporto, come l'approvvigionamento idrico, le reti energetiche e i sistemi di trasporto, di alta qualità, costruiti per durare nel tempo, adeguatamente integrati con il più ampio sistema urbano e in grado di supportare efficacemente una vita urbana sostenibile.
Qualità dell'edilizia abitativa	Patrimonio abitativo di alta qualità che offre buone prestazioni ambientali e abitazioni sane per i residenti.
Pianificazione integrata	Pianificazione e progettazione territoriale integrata e a lungo termine che offre città sane, accessibili, compatte ed economicamente competitive, nonché periferie urbane sostenibili e multifunzionali che gestiscono efficacemente anche l'espansione urbana.
Giustizia sociale e ambientale	Giustizia sociale e ambientale che protegge le persone più vulnerabili e svantaggiate e dà loro accesso a un ambiente di buona qualità.
Partecipazione e responsabilizzazione	Responsabilizzazione delle parti interessate e dei cittadini negli aspetti rilevanti del processo decisionale e della creazione di conoscenza attraverso un impegno tempestivo e una partecipazione significativa in tutti i settori della società.
Iniziative collaborative e guidate dalla comunità	Reti, iniziative e partenariati guidati dalla comunità e decentrati che promuovono l'innovazione sociale e rafforzano la resilienza e la coesione.

Nella visione dell'AEA l'economia circolare figura come una delle sei lenti attraverso cui "guardare" una città per orientare le azioni verso il raggiungimento della sostenibilità urbana, sottolineando, attraverso l'approccio *nexus*, la forte interrelazione esistente tra tutti i campi sopra citati (tabella 2.7). La tesi, invece, vuole presentare la "città circolare" come un paradigma di pianificazione delle città stesse che ingloba e supera il concetto di sostenibilità in senso stretto. Lo scopo della ricerca è quello di dimostrare che bisogna puntare a costruire e pianificare città che siano circolari, intendendo come tali delle città in cui gli "scarti" (di qualsiasi genere, ovvero di risorse, di materiali, di valori, etc..) possano essere considerati con accezione positiva come un potenziale per lo sviluppo urbano. Inoltre, la tesi dell'AEA mostra le forti interconnessioni tra gli aspetti sociali, economici ed ambientali, trascurando gli aspetti legati ai valori culturali ed in particolare al patrimonio culturale che viene presentato in questa sede come un *driver* per lo sviluppo delle città che può portare molteplici impatti positivi significativi all'ecosistema città. Non è più sufficiente parlare di città sostenibile ma bisogna elaborare il concetto di città circolare. Questo approccio viene citato nella tesi per porre l'attenzione su due concetti fondamentali: la circolarità delle risorse e la sistematicità, ovvero l'approccio olistico con cui tali risorse vanno affrontate.

Poiché le città risultano i luoghi della transizione, appare la necessità di definire e comprendere cosa sono le città circolari. La ricerca scientifica mostra a riguardo una serie di lacune su come definire una città circolare, come monitorare la circolarità della città, come implementare questa circolarità, quali indicatori utilizzare e quali dati raccogliere (Azevedo et al., 2017). La definizione di città circolare non è ancora stata chiarita in letteratura in quanto sono stati affrontati tutti gli aspetti rilevanti dei principi di economia circolare ma questi non sono ancora stati trasposti nella prospettiva della città. Ciò si traduce in una fusione tra l'economia circolare e i suoi principi con le dinamiche e le strutture fondamentali della città (Williams, 2019). Di seguito viene riportato un elenco di definizioni di "città circolare", dedotte sia da ricerche accademiche che da *reports* di città che stanno concretamente avviando azioni per l'applicazione dei principi di economia circolare (tabella 2.8, pag. successiva).

Tabella 2.8 Definizioni di città circolare.

Ellen MacArthur Foundation, 2015	Una città circolare incorpora i principi dell'economia circolare in tutte le sue funzioni, stabilendo un sistema urbano rigenerativo, accessibile e ricco di risorse. Tale città mira a eliminare il concetto di spreco, a mantenere il più alto possibile il valore dei beni, ed è supportata dalla tecnologia digitale. Una città circolare cerca di produrre ricchezza, migliorare la vivibilità e migliorare la resilienza per la città e i suoi cittadini, disaccoppiando la creazione di valore dal consumo di risorse finite.
Circle Economy e Holland Circular Hotspot, 2019	Una città circolare è una città resiliente, sana e competitiva; in grado di provvedere a tutti i bisogni della società all'interno dei confini naturali della Terra. Gli elementi fondamentali della circolarità sono incorporati in ogni sistema urbano chiave: dall'acqua, agli alloggi e alle infrastrutture, al cibo e alla nutrizione. Come in un'economia circolare, in una città circolare, le risorse vengono mantenute al loro massimo potenziale il più a lungo possibile, attraverso la condivisione, il riutilizzo, la riparazione, la rigenerazione e il riciclo.

La letteratura scientifica sulle città circolari è varia e in costante crescita. I concetti di città ecologiche, città (da basse a) zero emissioni di carbonio, città a zero rifiuti, città a uso efficiente delle risorse, città rigenerative, città resilienti e smart cities denotano l'ampio e integrato concetto di "città circolare".

Il concetto di metabolismo urbano "chiuso" viene assunto come aspetto chiave per progettare e monitorare la città circolare (Thomson & Newman, 2018). Dallo studio della revisione scientifica emerge che esistono diverse aree di attuazione dell'economia circolare a livello di città. Uno dei settori che si sta sviluppando più rapidamente in relazione all'economia circolare nelle città è quello dell'edilizia (Hart et. al, 2019, Guerra & Leite, 2021). Gli edifici e le costruzioni contribuiscono per quasi il 40% alle emissioni che causano il cambiamento climatico (UNEP, 2018). Pertanto, molte città e organizzazioni si stanno concentrando sul settore edile come area chiave per l'attuazione dell'economia circolare (Mangialardo & Micelli, 2018). Una seconda area chiave riguarda il settore energetico. Stewart et al. (2018) propongono la "città elettrica", ovvero una città auto-sufficiente da fonti non rinnovabili, come possibile soluzione per città più sostenibili e circolari. Molte città e istituzioni stanno implementando azioni di economia circolare sostenendo le grandi industrie per la transizione verso modelli di produzione-consumo circolari. Allo stesso tempo, sta emergendo un diverso modello circolare di produzione nelle città, reso possibile dalle tecnologie di fabbricazione digitale: le "città del fare" o "Fab Cities" (città della fabbricazione) (Millard et. al, 2018). Il progetto di Fab City include leader civici, makers, urbanisti e innovatori, lavorando per cambiare il paradigma dell'attuale economia industriale in cui la città opera su un modello lineare di importazione di prodotti e produzione di rifiuti, verso una nuova economia urbana circolare basata sulla produzione locale distribuita attraverso infrastrutture di produzione su piccola scala. L'attenzione al design dei prodotti già in vista del loro smantellamento, ricondizionamento, riciclo e riutilizzo è parte integrante di un'economia circolare, stimolando designer e makers a ripensare la produzione industriale.

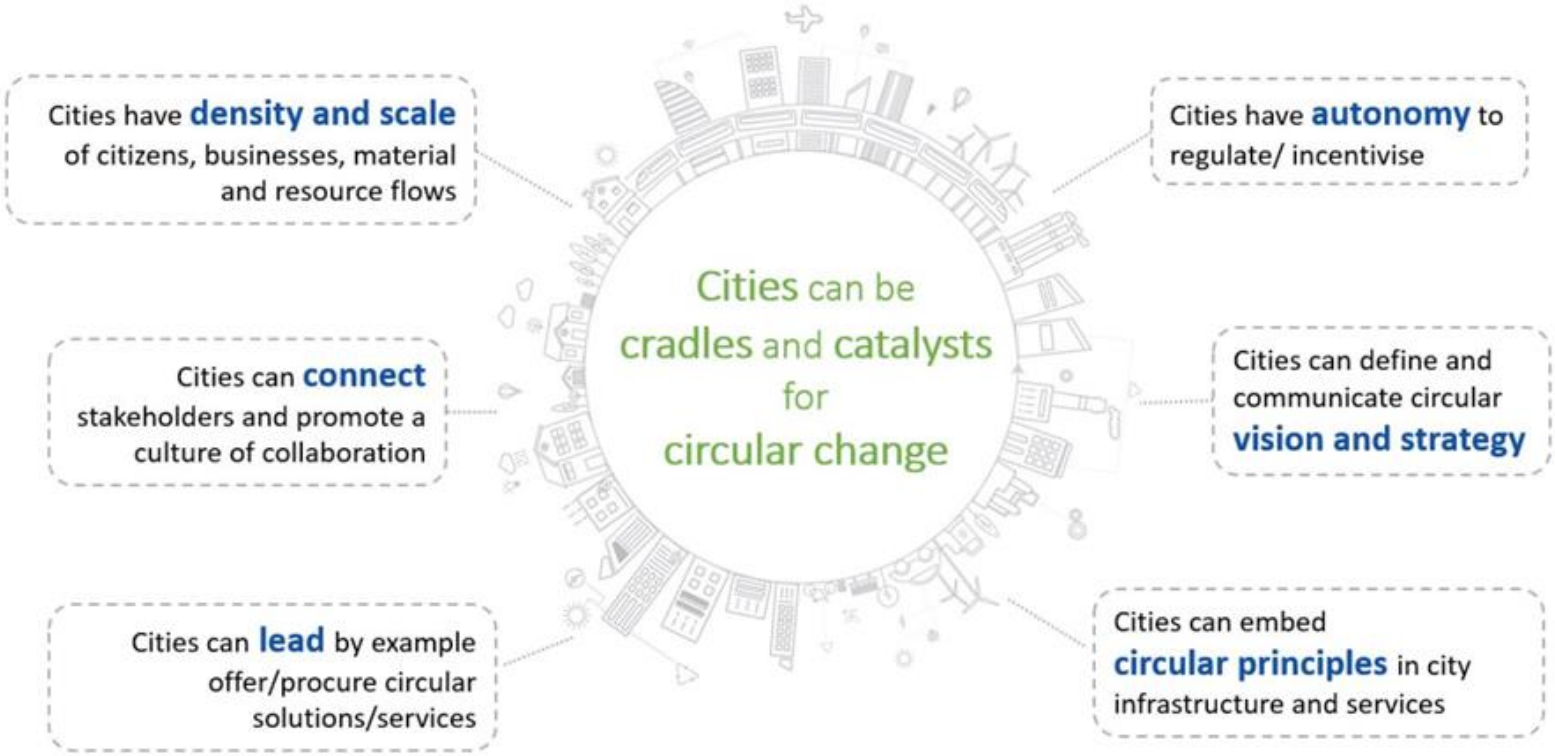
Infine, è necessario sottolineare il ruolo fondamentale dei cittadini e delle comunità nel guidare il cambio di paradigma da un'economia lineare a un'economia circolare. Le città sono costituite sia da beni non viventi come edifici, strade, spazi aperti, prodotti e infrastrutture digitali, sia da beni viventi come le persone (e la natura). Sebbene l'offerta

di prodotti e servizi innovativi possa essere spinta verso la circolarità, molti autori, istituzioni e movimenti civici sostengono che senza un cambiamento culturale verso stili di vita sostenibili e un consumo responsabile, gli sforzi per raggiungere un'economia completamente circolare rischiano di rimanere inefficaci.

2.5 Le strategie di attuazione dell'economia circolare nelle città: una visione multilivello

Le città sono sistemi complessi in cui le dimensioni sociale, ecologica e culturale sono profondamente interconnesse e si influenzano a vicenda (McPhearson et al., 2016). Comprendere la natura transdisciplinare e complessa delle città è la chiave per far progredire i programmi di sostenibilità e resilienza urbana verso nuovi paradigmi di circolarità. Negli ultimi anni, l'economia circolare ha acquisito particolare slancio come modello che potrebbe contribuire al raggiungimento di uno sviluppo urbano sostenibile (Prendeville et al., 2018). Secondo l'attuale paradigma, il metabolismo della maggior parte delle aree urbane contemporanee è prevalentemente lineare, caratterizzato da un vasto *input* di risorse naturali e *output* di rifiuti ed emissioni (Kennedy et al., 2015). Di conseguenza, le aree urbane oggi sono considerate punti caldi del consumo di risorse, delle emissioni di gas serra, produzione di rifiuti e inquinamento e la causa di cambiamenti ambientali irreversibili (Campbell-Johnston et al., 2019). I principi di economia circolare applicati al contesto urbano hanno un grande potenziale per guidare la transizione dal metabolismo urbano lineare a quello circolare (Adams et al., 2017; Tan et al., 2021). Riconoscendo questo potenziale, le città stanno attualmente sviluppando misure e strategie di pianificazione per accelerare la transizione verso un modello di sviluppo urbano più circolare (Vanhuyse et al., 2021). Esistono, inoltre, una serie di fattori che inducono a pensare che le città siano fondamentali per la transizione circolare (figura 2.3, pag. successiva).

Figura 2.3 I fattori della città circolare. Elaborazione da Jonas Byström, European Investment Bank (EIB), 2021.

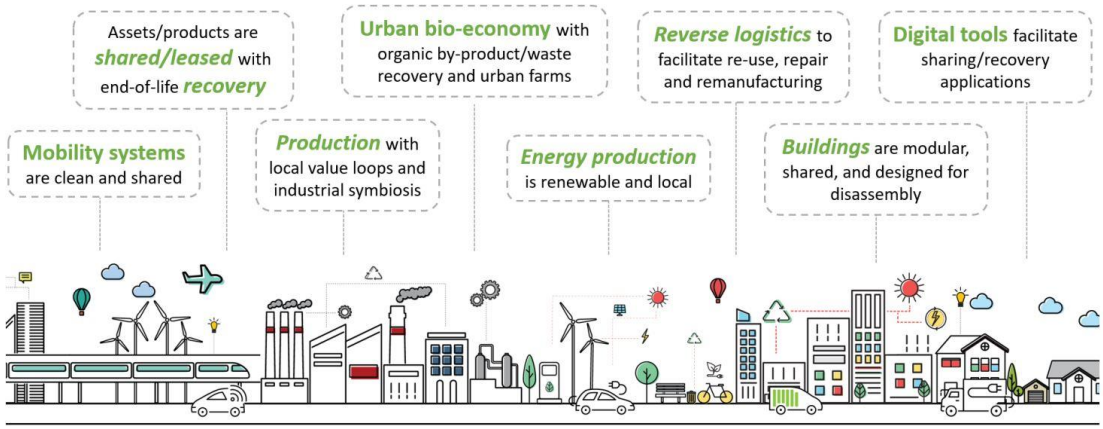


Le città hanno una densità e una concentrazione di imprese produttrici e cittadini consumatori che generano flussi di materiali e risorse, quindi, sono il luogo perfetto per ridurre i rifiuti mediante il concetto di chiusura dei cicli. La maggior parte delle città ha anche una scala che da un lato permette di prendere decisioni rapide, basandosi sul potere autonomo di regolamentare e incentivare e, dall'altro, è sufficientemente grande da consentire la creazione di nuove funzioni e servizi circolari della città e di modelli commerciali circolari. Le città dispongono anche di infrastrutture con un potenziale circolare. Le amministrazioni cittadine possono definire e comunicare una visione circolare, definire una strategia circolare e incorporare i principi circolari nelle funzioni e nei servizi della città, creando così un buon quadro di riferimento per la transizione circolare. Le amministrazioni hanno la capacità di costruire e promuovere una cultura di collaborazione tra tutte le parti interessate. In sintesi, una città circolare non è la somma delle sue attività circolari; deve anche realizzare e sfruttare appieno il suo potenziale di "culla" (fa riferimento alla capacità *cradle to cradle*) per lo sviluppo circolare e utilizzare gli strumenti e le leve di *governance* come catalizzatori per lo sviluppo circolare.

Secondo il *Report "The 15 circular steps for cities*" elaborato dalla *European Investment Bank* (EIB) nel 2021, per una città circolare è fondamentale conservare e riutilizzare le risorse e i prodotti, condividere e aumentare l'uso e l'utilità di tutti i beni e ridurre al minimo il consumo e lo spreco di risorse in tutti i settori. Le città circolari hanno edifici modulari e flessibili progettati per il riutilizzo, per consentire un utilizzo efficace e per lo smontaggio piuttosto che la demolizione, per facilitare il riutilizzo e il riciclo. Utilizzano una produzione di energia rinnovabile e locale, ad esempio alimentata dal sole, dal vento o da risorse secondarie, per quanto possibile. I cittadini utilizzano sistemi di mobilità condivisi, puliti ed efficaci, alimentati da energie rinnovabili e, ove possibile, automatizzati. Una bioeconomia urbana locale garantisce che tutti i rifiuti organici e i sottoprodotti siano recuperati e utilizzati come materia prima per la produzione di nutrienti, con i residui utilizzati per la produzione di energia e successivamente restituiti al suolo. Le aziende agricole urbane riciclano i rifiuti organici e i sottoprodotti, riutilizzano l'acqua e il calore di scarto e producono ortaggi per la popolazione. La produzione di rifiuti e di acque reflue è ridotta al minimo, con il massimo recupero di valore, e i residui sono trasformati per essere restituiti al suolo o utilizzati. La produzione e il consumo sono localizzati per quanto possibile, con

cicli di ritorno di prodotti e materiali locali e recupero dei residui. Le aziende sono collocate in *cluster* industriali e sono abbinate per facilitare e rendere possibile la simbiosi industriale, in cui i residui, i sottoprodotti o il calore/acqua di scarto generati da un'azienda possono essere utilizzati da un'altra, risparmiando così i costi delle materie prime per un'azienda e i costi di gestione dei rifiuti per l'altra. Le aziende di trasporto aumentano l'efficienza delle loro operazioni impegnandosi nella logistica inversa per il ritiro e la restituzione dei prodotti e il riciclaggio dei materiali. Laboratori circolari, officine di riparazione e centri di condivisione sono disponibili in tutta la città per consentire e incoraggiare i cittadini e gli imprenditori a testare e a condividere i loro prodotti attivando modelli di *business* circolari. Gli strumenti digitali facilitano la tracciabilità dei beni/materiali e gli scambi di prodotti/materiali/servizi facilitano le applicazioni di condivisione, la simbiosi industriale e il riciclaggio dei materiali. Le città circolari sono rigenerative e resilienti alla diminuzione delle risorse e ai cambiamenti climatici. Sono anche pulite, prospere e vivibili, e quindi attraenti per i cittadini e le imprese, nonché per gli urbanisti e i progettisti (figura 2.4).

Figura 2.4 La città circolare. Fonte: European Investment Bank, 2021.



L'economia circolare nelle città funziona attraverso il sistema *cradle to cradle*. Secondo tale schema i rifiuti non esistono. In natura, i rifiuti sono sempre fonte di qualcos'altro. Tutto fa parte di un ciclo in cui lo "scarto" ha una funzione di alimento.

Secondo il *Report* della *Circle Economy* (CE) redatto nel 2019 in collaborazione con *Holland Circular Hotspot* (HCH) le strategie di intervento in una città circolare si articolano

su otto settori: 1) patrimonio edilizio e infrastrutture, 2) mobilità, 3) cibo, 4) energia, 5) acqua, 6) beni di consumo, 7) plastica, 8) simbiosi industriale (tabella 2.9).

Tabella 2.9 I settori di intervento delle strategie di economia circolare. Fonte: Report della Circle Economy (CE) redatto nel 2019 in collaborazione con Holland Circular Hotspot (HCH).

Patrimonio edilizio e infrastrutture	Gli edifici e le infrastrutture vengono costruiti con materiali rinnovabili, secondari e a basse emissioni di carbonio. Gli elementi dell'ambiente costruito sono inoltre progettati dall'inizio per essere adattabili per aumentare l'utilizzo e facilmente de-costruibili alla fine della loro vita per consentirne il riutilizzo.
Mobilità	La mobilità circolare si avvale di nuovi modelli di *business* circolari che consentono condivisione e riducono la necessità di veicoli personali, trasformando i parcheggi in parchi. Tutti i trasporti, da quelli personali a quelli logistici, possono essere alimentati da energie pulite e rinnovabili.
Cibo	Tutti i cittadini hanno accesso a cibi sani e nutrienti, prodotti localmente, grazie a nuove tecnologie e pratiche che riducono al minimo il consumo di acqua ed energia. Gli sprechi alimentari evitabili vengono eliminati, mentre tutte le perdite alimentari inevitabili sono catturate come nuove materie prime.
Energia	Una città circolare è alimentata interamente da fonti di energia rinnovabili e da generatori locali di piccole dimensioni e decentralizzati. L'energia prodotta è gestita e distribuita attraverso sistemi "intelligenti" per evitare perdite di energia.
Acqua	In una città circolare, l'acqua viene convogliata in cicli chiusi per ridurre al minimo l'estrazione e l'inquinamento dei corsi d'acqua locali. Le acque reflue sono una fonte preziosa di materie prime secondarie che vengono catturate attraverso le tecnologie circolari

	aumentando al contempo la resilienza ai rischi del cambiamento climatico.
Beni di consumo	I nuovi prodotti utilizzano un design circolare, come la modularità e materiali rinnovabili e secondari per minimizzare l'impatto ambientale. I modelli commerciali circolari consentono economie di condivisione che cambiano il concetto di proprietà per ridurre il consumo complessivo di materiali, energia e la produzione di rifiuti.
Plastica	In una città circolare, la plastica monouso viene abolita. Tutte le plastiche sono progettate, prodotte e raccolte per aumentare la loro durata di vita il più a lungo possibile, eliminando allo stesso tempo l'inquinamento dei terreni e dei corsi d'acqua.
Simbiosi industriale	I sistemi industriali circolari imitano ecosistemi presenti in natura. Grazie alla progettazione e alla simbiosi industriale, i sottoprodotti o gli scarti (sia materiali che energia) di un processo vengono trasformati in *input* di un altro.

Tali azioni fanno riferimento all'individuazione di pratiche per l'applicazione dei principi di economia circolare implementando il metabolismo urbano circolare delle città. Il concetto di metabolismo urbano assimila la città a un organismo vivente che consuma risorse ed espelle rifiuti (Kennedy et al., 2015). In tal senso la nozione di metabolismo viene utilizzata per descrivere le interazioni tra i numerosi sottosistemi di una regione urbana, nel tentativo di capire come le città elaborano l'energia o la materia in relazione all'ambiente circostante. Broto et al. (2012) associano il metabolismo urbano all'analisi dei flussi di materia ed energia nella città. L'obiettivo è ottimizzare il metabolismo, facendolo diventare circolare, con lo scopo finale di rendere le città autosufficienti e sostenibili, in termini di produzione di risorse e di smaltimento dei rifiuti. Una città circolare, però, non può considerare esclusivamente i flussi metabolici di risorse, materiali ed energia, in quanto è fatta anche di esseri viventi.

2.6 Le buone pratiche delle città circolari europee

Le città possiedono un potere catalizzatore fondamentale per promuovere l'efficienza delle risorse e l'economia circolare ai fini di una transizione del modello economico (Bonato & Orsini, 2018). I *leader* delle città europee stanno riprogettando gli attuali sistemi urbani, per esplorare nuovi modi di creazione e ottimizzazione del valore, garantendo al contempo prosperità a lungo termine, risorse sufficienti, fattibilità economica e benessere nei centri urbani. Le grandi città possono davvero fare la differenza, mostrando come attuare i cambiamenti richiesti. Ad oggi, solo poche città europee possono essere considerate pienamente città circolari, ma il concetto sta diventando sempre più popolare e molte città stanno concentrando i loro sforzi per posizionare l'economia circolare in cima alle loro agende urbane. La Tabella 2.10 fornisce una panoramica delle città europee che hanno già adottato una strategia per la transizione verso il modello economico circolare.

Tabella 2.10 Panoramica delle strategie di economia circolare esistenti in Europa. Fonte: Adattato dalla relazione del Comitato economico e sociale europeo su "Strategie e tabelle di marcia per l'economia circolare in Europa", 2022.

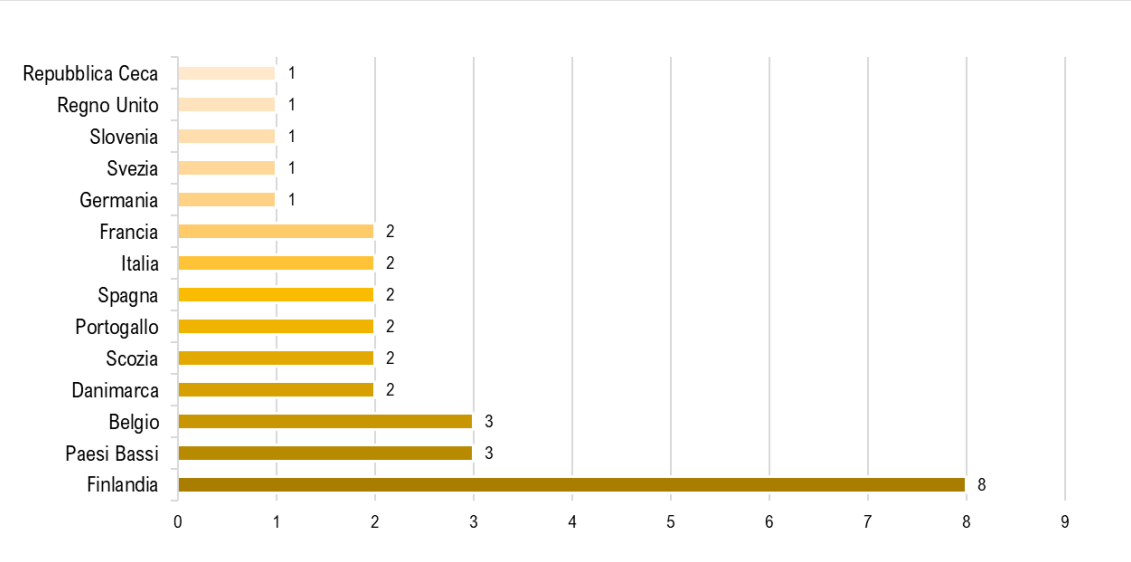
N.	Città	Nazione	Documento della strategia
1	Amsterdam	Paesi Bassi	Amsterdam Circular Strategy 2020-2025
2	Copenhagen	Danimarca	Circular Economy in Greater Copenhagen
3	Edinburgo	Scozia	Edinburgh Economy Strategy: Enabling good growth
4	Brussels	Belgio	Brussels Regional Program for a Circular Economy 2016 – 2020
5	Espoo	Finlandia	Sustainable Espoo Programme
6	Friburgo	Germania	The Circular Economy Strategy of the City of Freiburg
7	Gand	Belgio	2020-2025 Climate Plan, City of Ghent
8	Glasgow	Scozia	Circular Economy Route Map Glasgow 2020 – 2030
9	Göteborg	Svezia	Circular Gothenburg

10	Helsinki	Finlandia	The City of Helsinki's Roadmap for Circular and Sharing Economy
11	Leuven	Belgio	Roadmap 2025 – 2035 – 2050"
12	Lisbona	Portogallo	Lisbon: the first EU Green Capital in Southern Europe
13	Lubiana	Slovenia	Circular Economy examples in the City of Ljubljana
14	Londra	Regno Unito	London's circular economy route map
15	Maribor	Spagna	Strategy for the Circular Economy transition in the municipality of Maribor
16	Milano	Italia	Milan Circular Economy Strategy
17	Murcia	Spagna	Circular Economy Strategy of the Region of Murcia
18	Nantes	Francia	Our Great Ambitions Our Shared Commitments"
19	Carelia Settentrionale	Finlandia	a North Karelia's circular economy roadmap
20	Oslo	Finlandia	Circular Oslo
21	Parigi	Francia	Paris Circular Economy Plan
22	Porto	Portogallo	Circular Roadmap for the City of Porto in 2030
23	Praga	Repubblica Ceca	Circular Prague
24	Prato	Italia	Prato Circular City
25	Riihimäki	Finlandia	Riihimäki's Circular Economy Roadmpa
26	Rotterdam	Paesi Bassi	From mess to beautiful: Rotterdam Circular Programm 2019 – 2023

27	Rovaniemi	Finlandia	Roadmap for the Circular Economy of the City of Rovaniemi
28	Tilburg	Paesi Bassi	Tilburg Circular Agenda 2019
29	Turku	Finlandia	Circular Turku: A blueprint for local governments to kick-start the Circular Economy transition
30	Valladolid	Spagna	Circular Economy in Valladolid
31	Vantaa	Finlandia	Vantaa's circular economy roadmap 2019-2030
32	Bornholm	Danimarca	Circular Economy Action Plan

Tra gli Stati più "circolari" ci sono quelli del Nord Europa: la Finlandia conta otto città che hanno attuato strategie di economia circolare. Il Belgio e i Paesi Bassi ne contano tre; Danimarca, Scozia, Portogallo, Spagna, Italia e Francia vantano due città che hanno emanato azioni per il raggiungimento della circolarità in diversi settori. Infine, Germania, Svezia, Slovenia, Regno Unito e Repubblica Ceca hanno sviluppato strategie di economia circolare in almeno una delle loro città. Di seguito vengono riportati degli approfondimenti su alcune città circolari europee presentate nella Figura 2.5.

Figura 2.5 Le città circolari nei paesi europei.



Amsterdam, Paesi Bassi

La città di Amsterdam, nei Paesi Bassi, ha attuato i principi di economia circolare a scala urbana per aiutare a preservare e migliorare il capitale naturale, ottimizzare l'utilizzo delle risorse, raggiungere la resilienza attraverso la diversità e progettare i rifiuti. Con un centro di ricerca dedicato istituito per esplorare come i principi dell'economia circolare possono essere sfruttati per chiudere i circuiti delle risorse a livello municipale e quindi migliorare l'economia locale, Amsterdam si classifica tra i più importanti *front-runner* per la circolarità urbana. Le soluzioni sviluppate si stanno traducendo in progetti pilota, tra cui il *livinglab* per la città circolare a Buiksloterham, un banco di prova per l'ottimizzazione dei flussi di materiali e la prevenzione delle emissioni di CO_2 e lo studio di cosa si può ottenere attraverso l'introduzione di sistemi più efficaci per le case di nuova costruzione. Il progetto Park 20/20 è il primo ambiente di lavoro ottimizzato *Cradle-to-Cradle* al mondo e lo *Schiphol Trade Park* mira a diventare un centro per attività rigenerative (Circle Economy, 2016).

La città di Amsterdam ha sviluppato, inoltre, sette principi per guidare la sua transizione:

1. Circuiti chiusi: tutti i materiali vengono riutilizzati e riciclati all'infinito.
2. Emissioni ridotte: tutta l'energia è generata da fonti rinnovabili.
3. Generazione di valore: le risorse vengono utilizzate per generare valore condiviso (finanziario e sociale).
4. Design modulare: tutti i prodotti sono progettati in modo modulare e flessibile e le catene di produzione consentono l'adattabilità dei sistemi.
5. Modelli di business innovativi: consentono il passaggio dal possesso di beni all'utilizzo di beni attraverso i servizi.
6. Logistica inversa: l'insieme di pratiche e processi destinati a gestire i resi e il rientro dei prodotti dai punti vendita al produttore per eseguirne la riparazione, il riciclaggio o lo smaltimento.
7. Miglioramento dei sistemi naturali: tutte le attività umane contribuiscono positivamente agli ecosistemi, ai servizi ecosistemici e alla ricostruzione del "capitale naturale".

Londra, Regno Unito

Londra è stata una delle prime grandi città europee a lanciare una *roadmap* per la trasformazione dell'economia in circolare. Il *Waste and Recycling Board* di Londra stima che la transizione verso un'economia più efficiente potrebbe valere 10 miliardi di dollari all'anno per l'economia della città. La *Greater London Authority* cerca di raggiungere questo obiettivo attraverso flussi di risorse circolari, creando al contempo oltre 12.000 nuovi posti di lavoro all'anno attraverso le industrie del riutilizzo, della rigenerazione e della manutenzione. Gli organi di governo di Londra, Amsterdam e Copenaghen hanno annunciato una collaborazione incentrata sulla progettazione di imballaggi in plastica a partire dai rispettivi flussi di rifiuti. Il lancio è avvenuto poco dopo la pubblicazione del rapporto della *Ellen MacArthur Foundation*, che ha stimato che i rifiuti di imballaggi in plastica ammontano a 120 miliardi di dollari all'anno. Iniziative internazionali come queste dimostrano che i responsabili politici, almeno in Europa, hanno individuato significative opportunità economiche nei modelli circolari. Per l'area metropolitana di Londra, incorporare i principi dell'economia circolare nell'ambiente urbano può aprire nuove opportunità di simbiosi tra città e imprese, aprendo potenzialmente la strada a una maggiore resilienza e prosperità per la crescente popolazione urbana in tutto il mondo (Smart London Plan, City of London, 2016).

Parigi, Francia

Parigi è attivamente pioniera nell'incorporazione della circolarità all'interno del suo ecosistema urbano. La capitale francese ha lanciato il "*Libro Bianco*" della città sull'economia circolare, che fornisce una panoramica delle principali sfide nel campo delle risorse, dell'economia, dell'ambiente e della società. Il libro presenta una strategia globale su come affrontare questi problemi attraverso 65 iniziative basate sull'economia circolare, che coprono aree come l'istruzione e la sensibilizzazione del pubblico, gli appalti pubblici, nonché misure fiscali e normative. La *Greater Paris Metropolis* (GPM) è in grado di promuovere l'economia circolare su larga scala. Ad esempio, lo sviluppo di depositi di risorse e centri di riciclaggio contribuisce alla creazione di ecosistemi regionali, che promuovono gli esseri umani e il loro potenziale e consentono la nascita di una nuova economia rispettosa dell'ambiente, attraverso assunzioni locali e canali comunitari. Per

quanto riguarda l'energia, nella regione di Marne-la-Vallée, il calore prodotto dai *data center* viene recuperato per la rete del parco industriale Paris Val d'Europe: l'acqua a una temperatura di 48°C viene convogliata direttamente dall'uscita dello scambiatore alle condutture del riscaldamento municipale del parco industriale. La città di Parigi chiede al settore privato di investire per accelerare lo slancio che circonda la rigenerazione urbana e l'adattamento alle nuove sfide economiche, sociali e ambientali. Ogni nuovo progetto deve dimostrare il suo contributo a una città sostenibile e intelligente attraverso il suo design, le sue specificità tecniche, la sua pianificazione, e il suo posto nell'ambiente metropolitano. Ciò si esprime attraverso l'uso delle nuove tecnologie dell'economia circolare, nonché la capacità di adattarsi e accompagnare, e persino generare, nuovi stili di vita.

Milano, Italia

Milano, pur facendo parte di un Paese con il più alto tasso di auto private per abitante in Europa (700 auto ogni 1000 abitanti), è diventata in pochi anni un punto di riferimento europeo del trasporto sostenibile e della mobilità condivisa, laboratorio di nuovi modelli economici e sociali. I vertici della città hanno deciso di passare da un sistema di mobilità basato sui veicoli privati a uno nuovo, incentrato su accessibilità, investimenti e pianificazione sostenibile. In pochi anni il numero di utenti della mobilità condivisa e il numero di veicoli e operatori non privati è aumentato costantemente, portando ad un maggiore apprezzamento da parte dei cittadini di servizi più comodi, pratici, economici e puliti. Per ottenere questo risultato sono stati eliminati i sussidi ai mezzi privati, migliorati i servizi di trasporto pubblico, convogliati nuovi finanziamenti alle infrastrutture ciclabili e pedonali e, parallelamente, dato sostegno al nuovo modello di sistemi di mobilità condivisa. Il risultato principale di queste innovative politiche cittadine è stato, nel 2016, una riduzione dell'uso dei veicoli privati, ottenendo quanto segue:

- L'esplosione del *car sharing*: 4% di veicoli da *car sharing*, 10.000 noleggi di *car sharing* al giorno in città;
- Il successo del *bike sharing*: 5000 biciclette condivise e 270 stazioni operative in città;

- La crescita del *car pooling*: prima città in Italia con utilizzo del *car pooling* urbano, ovvero l'uso condiviso di automobili private;
- Una zona a basse emissioni: 136 km^2 in cui solo i veicoli puliti possono entrare senza pagare il pedaggio.

Milano ha dimostrato che la mobilità non può essere trattata separatamente dall'urbanistica. Una delle principali ragioni del successo di Milano è l'idea di investire sul concetto di rigenerazione urbana e mantenere una "città compatta", cercando di limitare l'espansione urbana incontrollata. Milano si colloca ai primi posti tra le città europee per quanto riguarda i tre indicatori di città compatta: LCPI (*Largest Class Patch Index*), ED (*Edge Density*) e ID (*Dispersion Index*).

Valladolid, Spagna

Valladolid è stata una delle prime città spagnole a impegnarsi nell'economia circolare. Nel 2017, la città ha firmato la Dichiarazione di Siviglia, un documento sviluppato dalle città spagnole per sollecitare un'azione per dare seguito all'invito delle città per l'economia circolare. La città di Valladolid ha messo in campo una serie di iniziative e creato spazi pubblici per una vita condivisa, con un'attenzione alle fasce di popolazione più fragili, come anziani e bambini. Al centro di ogni decisione e attività intrapresa ci sono sempre le relazioni sociali e la natura. Tra i progetti sviluppati:

- *INDNatur*: si interviene sulle aree industriali con soluzioni *green*. Ad esempio, si progettano giardini che raccolgono l'acqua piovana per drenarla correttamente (ed evitare gli allagamenti delle strade), affiancati a parcheggi con pavimenti drenanti, così che il verde possa crescere anche sotto le auto.
- *Urban Green Up*: un metodo per la gestione dell'acqua tramite il reperimento di soluzioni naturali. Numerosi gli interventi fatti al centro della città, come giardini verticali, facciate di pareti verdi oppure un giardino dedicato alla raccolta di acque grigie delle case che vengono trasportate in un giardino ricco di minerali che puliscono l'acqua e producono elettricità; oppure ancora, una barriera acustica vegetale per ridurre l'inquinamento acustico.

- *Urban water buffer*: un sistema che permette di recuperare acqua piovana dal parcheggio dello stadio per purificarla e utilizzarla nuovamente per il funzionamento dello stadio.

Espoo, Finlandia

Espoo, la seconda città più grande della Finlandia, si può definire una delle città più sostenibili d'Europa. La città si è classificata al primo posto in due studi di riferimento sulla sostenibilità di 145 città europee condotti dall'Università di Tilburg nel 2016 e nel 2017. Nell'ambito del programma *Sustainable Espoo*, sono attualmente implementati diversi progetti circolari. Questi progetti promuovono stili di vita sostenibili, la creazione di posti di lavoro e la crescita delle attività commerciali circolari. I principali progetti circolari di Espoo sono realizzati a Kera, un distretto industriale situato a 20 minuti da Helsinki. Il distretto di Kera ha preso in prestito il nome da Kera Oy, una fabbrica di ceramica ivi fondata nel 1920. Il distretto ospita ancora diverse aziende ed è stato fino a poco tempo fa il centro logistico di una grande cooperativa di vendita al dettaglio. Espoo sta trasformando la città di Kera in un esempio internazionale di distretto realizzato nella prospettiva dell'economia circolare. La città ha avviato, infatti, diversi progetti che contribuiscono a tale ambizione:

- *Progetto Smart and Clean Kera*: il distretto industriale di Kera si sta sviluppando come esempio di economia circolare basato su una piattaforma digitale. L'obiettivo è fare di Kera un'area pioniera per lo sviluppo sostenibile, l'economia circolare e la digitalizzazione. Ciò si può vedere, ad esempio, nell'edilizia rispettosa delle risorse, nelle soluzioni energetiche innovative e a basse emissioni e nei nuovi tipi di servizi e applicazioni digitali. Il cambiamento viene realizzato insieme alle aziende partner, ai residenti e ad altre parti interessate mediante una nuova cooperazione basata sulla rete.
- *Progetto KIEPPI*: attraverso un modello di partenariato per quartieri sostenibili, quartieri come Kera vengono trasformati in aree sostenibili che generano nuovi posti di lavoro e imprese basate su un'economia circolare/condivisa. Il concetto di

quartiere di KIEPPI prevede che i rifiuti di un'azienda vengano utilizzati come materia prima da un'altra azienda in una simbiosi industriale.

Maribor, Slovenia

La città di Maribor ha riconosciuto il potenziale dell'economia circolare come approccio allo sviluppo regionale. Tuttavia, la città slovena ha riconosciuto di non avere una capacità di attuazione sufficiente per realizzare il suo pieno potenziale circolare e ha quindi fondato l'Istituto WCYCLE. L'istituto nasce come piattaforma per le aziende di servizi pubblici locali che serve per discutere e avviare nuovi progetti di economia circolare per le diverse parti interessate della città e della regione. Nel 2016 è stato avviato un progetto per il Programma Interreg Spazio Alpino denominato *Greencycle* per definire una strategia per la transizione circolare a Maribor, con l'idea centrale che l'economia circolare fornisca un approccio olistico per l'attuazione di strategie a basse emissioni di carbonio. Nel 2018 è stata progettata la "Strategia per la transizione all'economia circolare", che fornisce una solida base per l'attuazione di nuovi progetti. L'Istituto ha individuato, in tal senso, le seguenti iniziative per migliorare la circolarità dei flussi di risorse locali:

- Impianto di selezione automatizzata dei rifiuti: la costruzione dell'impianto è iniziata nel 2017. L'impianto ha una capacità di trattamento di quasi 40.000 tonnellate all'anno di rifiuti urbani misti. L'ambizione dell'impianto è di estrarre il 77% dei rifiuti immessi come materiali per il riciclaggio e il 9% per il recupero energetico, lasciando solo una piccola quota per lo smaltimento in discarica.
- *Urban Soil 4 Food*: in questo progetto, i rifiuti organici vengono compostati e mescolati con il terreno dei lavori di costruzione in città per creare un terreno che può essere utilizzato per la produzione alimentare, nei parchi e per l'edilizia.
- Progetto Cenerentola: nel 2018, Maribor ha iniziato a collaborare con dodici partner di sette paesi in un progetto che mira a creare modelli di business dell'economia circolare per realizzare infrastrutture urbane più sostenibili.
- *Winpol Interreg Europe*: in questo progetto, la città collabora con altre otto città europee con un obiettivo comune per implementare nuove tecnologie di

innovazione dei rifiuti. Nel progetto, la città di Maribor ottimizza i suoi percorsi di trasporto per la raccolta dei rifiuti e introduce un mercato del riutilizzo.

Lisbona, Portogallo

Lisbona sta attualmente incorporando l'economia circolare nella sua strategia di sviluppo sostenibile, raccogliendo finanziamenti per progetti circolari. La città di Lisbona ha deciso di concentrarsi su sei settori chiave (edilizia, energia, cibo, mobilità, rifiuti e acqua) e selezionare progetti circolari che potrebbero ridurre la spesa pubblica. La città ha analizzato gli attuali flussi di materiali e i relativi costi, riscontrando costi elevati nell'uso dell'acqua per scopi pubblici, come l'irrigazione degli spazi verdi e il lavaggio delle strade. Il riutilizzo dell'acqua ha fornito un modo per ridurre questi costi, riducendo allo stesso tempo la pressione sulle fonti idriche locali. La città di Lisbona ha promosso la creazione artistica di opere d'arte urbana costruite con rifiuti di plastica. Questa iniziativa è volta a sensibilizzare e stimolare il riciclo delle materie plastiche da parte dei cittadini. Lisbona si pone l'obiettivo di istituire due officine di riparazione nel centro della città per ridurre la quantità di RAEE scartati, presso strutture/mercati comunali o in strade con rilevante flusso pedonale. Le piccole AEE vengono riparate da studenti o disoccupati con corsi professionali da elettricista e vendute presso le officine a prezzi modici o donate ad organizzazioni sociali.

Capitolo 3

Il patrimonio culturale industriale come driver della circolarità territoriale

Il riuso del patrimonio esistente ha suscitato negli ultimi anni un crescente interesse, sia a fronte della grande disponibilità di immobili abbandonati o sottoutilizzati, sia per la necessità di individuare nuovi motori economici per le aree urbane che hanno perso la loro funzione originaria e la loro competitività (Bottero et al., 2020). La tutela del patrimonio culturale non è solo di natura conservativa. La migliore strategia per preservare, e allo stesso tempo valorizzare, un edificio storico abbandonato è senza dubbio quella di dargli una nuova funzione nell'ottica del riuso adattivo (Oppio et al., 2017). Il riutilizzo adattivo è definito come "un processo che trasforma un oggetto in disuso o inefficace in un nuovo oggetto che può essere utilizzato per uno scopo diverso" (Assessorato all'Ambiente e al Patrimonio, 2004). Il riuso adattivo consiste nell'integrare gli interventi di manutenzione, restauro o riuso confrontando e mostrando una nuova funzione compatibile con le caratteristiche storico-architettoniche e con le proprietà strutturali degli edifici. Nell'ultimo decennio il patrimonio culturale ha rappresentato nel dibattito europeo una delle risorse fondamentali per lo sviluppo sostenibile, capace di contribuire alla crescita economica dei territori nell'ottica dell'economia circolare (Ribera et al, 2020). Si riconosce che la conservazione e il riuso per nuove funzioni del patrimonio culturale e paesaggistico possono avere ricadute positive sulla qualità della vita e sul benessere individuale e comunitario, contribuendo alla creazione di posti di lavoro, alla conservazione delle risorse naturali e alla rivitalizzazione delle città che ospitano il patrimonio (De Gregorio et al., 2020). L'integrazione di economia circolare e patrimonio culturale è incarnata nel riutilizzo adattivo degli edifici del patrimonio culturale.

3.1 La nuova dimensione della sostenibilità: il modello culturale tripolare

Al giorno d'oggi, stiamo assistendo a un crescente interesse per la cultura come parte integrante di una politica di sviluppo urbano equilibrato e sostenibile (Kourtit & Nijkamp, 2022). Negli ultimi vent'anni, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite ha più volte riconosciuto il ruolo della cultura per il raggiungimento di obiettivi di sviluppo sostenibile attraverso diverse risoluzioni: Risoluzione ONU su cultura e sviluppo 2010 (A/RES/65/166) e 2011 (A/RES/66/208), cultura e sviluppo sostenibile 2013 (A/RES/69/230), 2014 (A/RES/68/223) e 2015 (A/RES/70/214). Il Congresso Internazionale UNESCO *Culture: Key to Sustainable Development* (tenutosi ad Hangzhou) nel 2013 e l'ONU nel 2015, tracciano una linea sulla correlazione tra la cultura e lo sviluppo sostenibile (Nazioni Unite, 2015). Il rapporto mondiale dell'UNESCO (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura), *Culture urban future* (2016), offre un quadro globale del ruolo della cultura come base per uno sviluppo urbano sostenibile sostenuto da casi di studio provenienti da tutto il mondo. Questo Rapporto fornisce testimonianze concrete che mostrano il potere della cultura come asset strategico per creare città più inclusive, creative e sostenibili, identificando il patrimonio materiale e intangibile come parte integrante dell'identità di una città e generatore di un senso di appartenenza e coesione. L'approccio proposto dalla Convenzione di Faro (2005) sul valore del patrimonio culturale per la società aveva già introdotto l'idea di *Community Heritage*, sottolineando la capacità del patrimonio culturale di fare comunità (Consiglio d'Europa, 2005). L'eredità culturale ha guadagnato l'attenzione internazionale, principalmente grazie agli sforzi dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura (UNESCO) (Tavares et al., 2021). L'inclusione della cultura come componente prioritaria dei piani e delle strategie urbane è citata anche in *Transforming our World: The New Urban Agenda*. La *New Urban Agenda* (Nuova Agenda Urbana) riconosce che la cultura e la diversità culturale sono fonti di arricchimento per l'umanità e forniscono un importante contributo allo sviluppo sostenibile degli insediamenti umani, consentendo ai cittadini di svolgere un ruolo attivo nelle iniziative di sviluppo. La Nuova Agenda Urbana ammette, inoltre, che la cultura dovrebbe essere una priorità nella promozione e implementazione di nuovi modelli di

consumo e produzione sostenibili che contribuiscano all'uso responsabile delle risorse affrontando anche l'impatto negativo del cambiamento climatico (Nazioni Unite, 2016).

> *"124. We will include culture as a priority component of urban plans and strategies in the adoption of planning instruments, including master plans, zoning guidelines, building codes, coastal management policies and strategic development policies that safeguard a diverse range of tangible and intangible cultural heritage and landscapes, and will protect them from potential disruptive impacts of urban development."*

Una crescente consapevolezza relativa ai fattori culturali nella prosperità della città e la sua adozione da parte delle città e dei governi ha lo scopo di colmare il divario tra la politica culturale urbana e lo sviluppo sostenibile (Menéndez & García, 2020; Vries, 2020). La cultura e le città sono così inestricabilmente intrecciate che le città sostenibili forniscono l'accesso alla cultura nell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile (UNESCO World Bank, 2021). Gli accademici utilizzano il patrimonio, l'innovazione e il dialogo interculturale per ispirare nuovi modelli di pianificazione e governance per condurre alla creazione di nuovi posti di lavoro, affrontare le disuguaglianze sociali, ridurre al minimo le controversie urbane e abbassare l'impronta ecologica delle città, rendendo le città più inclusive e resilienti (Sharifi, 2021). L'UNESCO sta costruendo politiche sulle varie componenti della cultura – patrimonio materiale e immateriale, economia creativa, turismo culturale, musei e altre organizzazioni culturali locali – concentrandosi sulle componenti distinte della cultura. Una visione olistica più ampia pone la cultura come una risorsa sociale, culturale ed economica per lo sviluppo urbano a lungo termine. Nell'ambito dell'Anno Europeo del Patrimonio Culturale (2018), la Dichiarazione di Davos sottolinea il ruolo della cultura nel plasmare l'ambiente di vita consentendo una sostenibilità economica, sociale e ambientale. La Dichiarazione di Davos ricorda che costruire è un atto culturale che contribuisce a perseguire il bene comune e spiega che non può esservi uno sviluppo democratico, pacifico e sostenibile se la cultura non è posta in primo piano (Dichiarazione di Davos, 2018). Nella Dichiarazione di Davos il patrimonio culturale è considerato una componente cruciale di *Baukultur*. Con questo termine si intende ogni attività umana tesa a trasformare l'ambiente costruito; una *Baukultur* di alta qualità si esprime assicurando che vengano soddisfatte le esigenze sociali e culturali delle persone, mirando a migliorare la qualità

della vita, il benessere e l'integrazione sociale, generando valore aggiunto anche dal punto di vista economico.

Un modello di sviluppo urbano rigenerativo e sostenibile può essere realizzato introducendo la cultura come un'area strategica di investimento (Commissione Europea, 2020). La cultura ha un ruolo essenziale per la formazione delle società dell'Unione europea. *"È un principio chiave del progetto europeo e deve rimanere saldamente radicato nelle nostre idee se vogliamo riuscire a realizzare un'unione veramente inclusiva, giusta e diversificata"* (Unione Europea 2014).

Il Comitato Economico e Sociale Europeo (CESE) nello studio *Culture, Cities and Identity in Europe* redatto nel 2016, stabilisce quattro *cluster* che riguardano la promozione della cultura per uno sviluppo sostenibile delle città e dei territori:

- La cultura come veicolo di crescita economica;
- La cultura come strumento di riconversione delle città;
- La cultura come strumento di integrazione e inclusione;
- La cultura come pilastro dell'identità europea.

La cultura è considerata una componente essenziale per società sostenibili basate sul rispetto dei diritti umani universali e un beneficio delle generazioni presenti e future. Tra i tre concetti chiave di Cultura, Città e Identità si notano forti interrelazioni. Le città e gli spazi urbani sono fortemente influenzati dalle identità e dalle culture delle persone che vi abitano, vi transitano e vi interagiscono (Duxbury et al., 2016).

Negli ultimi anni è stata pubblicata una vasta serie di documenti politici incentrati sulle forme tangibili e intangibili del patrimonio culturale come parte di una più ampia agenda politica internazionale sullo sviluppo sostenibile: la Dichiarazione di Parigi sul patrimonio come fattore di sviluppo (2011); UNESCO *World Report*: *Investing in Cultural Diversity and Intercultural Dialogue* (2009) (UNESCO, Parigi); *The Bali Promise* (2011) (*World Culture Forum, Bali*); Il futuro che vogliamo per tutti (2015°) (Nazioni Unite, New York); *Cultural Heritage, the UN Sustainable Development Goals and the New Urban Agenda* (2015) (ICOMOS, Parigi); *Cities of Tomorrow* (2011) (Commissione europea, Bruxelles).

Questi documenti sono stati spesso prodotti sullo sfondo di un'urbanizzazione mondiale rapida e solitamente incontrollata con conseguenze inevitabili, spesso negative, per la

cultura e il patrimonio storico-culturale. La visione politica comune è che i valori culturali debbano essere sfruttati a vantaggio delle comunità, delle città e delle regioni. In questo contesto, le città e le aree storiche, i servizi culturali (ad es. gallerie d'arte, musei, chiese, teatri, festival), quartieri o strade storiche possono tutti fungere da forza di attrazione sia per i residenti che per visitatori, mentre possono anche favorire la coesione e l'inclusione sociale, specialmente se c'è uno spazio pubblico sufficiente e attraente per condividere identità, valori culturali e attività urbane di ispirazione comune. La cultura è quindi un fattore abilitante dell'uso misto del suolo urbano e delle esternalità urbane di fermento sociale che favoriscono la vivibilità, l'inclusività e la sostenibilità nel tessuto urbano moderno (Sacco et al., 2014). La cultura di un territorio è un'area di interesse intrigante, ma nella storia della scienza urbana raramente ha svolto un ruolo di primo piano. Solo negli ultimi anni assistiamo a un interesse maggiore sulla crescita urbana guidata dalla cultura. Alcuni studi affermano che la base culturale di una città è un importante fattore di successo per la vivibilità e la sostenibilità delle città (Fusco Girard & Nijkamp, 2009; Fusco Girard, 2020; Rizzo e Mignosa 2013).

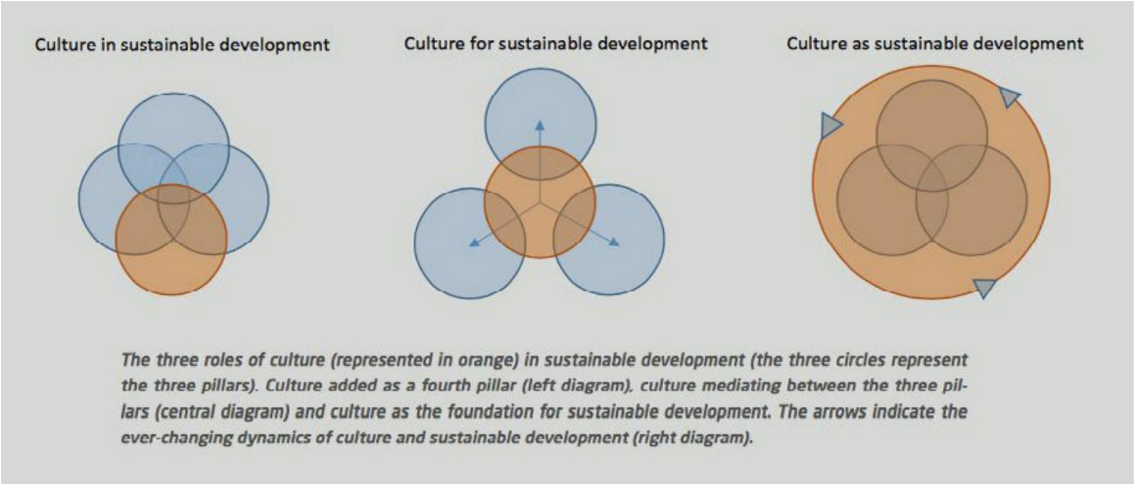
Le città di tutto il mondo hanno spesso una grande ricchezza di beni storici, archeologici e culturali che ne rispecchiano il significato e l'identità socio-economica, socio-politica e storica. La cultura non è affatto un concetto univoco, ma generalmente la maggior parte del patrimonio culturale delle città è incarnato in servizi culturali come cattedrali, musei, teatri e simili, che fanno tutti parte del "complesso culturale" di una città. In una recente pubblicazione sui beni storico-culturali nelle regioni urbane, Kourtit & Nijkamp (2019), sostengono che l'importanza culturale ed economica delle città è determinata non solo dall'offerta e dall'uso di beni culturali o dal valore di attrazione dei beni storici, ma anche dalle ricadute socio-economiche in altri settori (ad esempio, sviluppo commerciale, ricavi dell'ospitalità, valori immobiliari). Pertanto, il concetto di uno sviluppo sociale ed economico equilibrato guidato dalla cultura sta guadagnando sempre più popolarità. Il rapporto tra cultura e sviluppo sostenibile non è compreso a fondo e l'integrazione della cultura all'interno di una più ampia pianificazione e sviluppo urbano olistico continua ad essere un problema sia concettuale che operativo. In letteratura esistono molteplici modi di vedere il rapporto tra cultura e sostenibilità, e continuano a circolare visioni sulla cultura che ostacolano la piena integrazione di quest'ultima nella pianificazione e nelle strategie di

sviluppo urbano. Dessein et al., (2015) riconoscono che la cultura è in grado di integrarsi nello sviluppo sostenibile in tre modi:

a) In primo luogo, un ruolo di supporto e di autopromozione (caratterizzato come "cultura nello sviluppo sostenibile"), che espande il discorso convenzionale sullo sviluppo sostenibile aggiungendo la cultura come un quarto pilastro più o meno autonomo o indipendente. La cultura sta, ma autonoma, accanto alle considerazioni e agli imperativi ecologici, sociali ed economici della sostenibilità.
b) In secondo luogo, un ruolo ("cultura per lo sviluppo sostenibile") che offre la cultura come forza più influente che può svolgere un ruolo di inquadramento, di contestualizzazione e di mediazione in grado di bilanciare tutti e tre i pilastri e guidare lo sviluppo sostenibile tra le pressioni e le esigenze economiche, sociali ed ecologiche.
c) In terzo luogo, un ruolo ("cultura come sviluppo sostenibile") che vede nella cultura la necessaria base e struttura generale per raggiungere gli obiettivi dello sviluppo sostenibile. Riconoscendo che la cultura è alla base di tutte le decisioni e le azioni umane e costituisce un nuovo paradigma, la cultura e la sostenibilità si intrecciano reciprocamente e le distinzioni tra dimensione economica, sociale e ambientale della sostenibilità iniziano a svanire.

Il diagramma seguente (figura 3.1, pag. successiva) mostra la relazione di questi tre ruoli della cultura rispetto allo sviluppo sostenibile. Essi non si escludono a vicenda ma rappresentano piuttosto modi diversi di pensare e organizzare valori, significati e norme in maniera strategica in relazione alle discussioni sullo sviluppo sostenibile.

Figura 3.1 Il modello tripolare della cultura. Fonte: Dessein et al., 2015.



Considerare la cultura come un quarto pilastro dello sviluppo sostenibile (a), accanto ai pilastri ecologico, sociale ed economico, è già una visione consolidata (Hawkes, 2001). Secondo Dessein et al. (2015) rischia, però, di essere un approccio limitato, incentrato sulla protezione dei beni ritenuti culturali. È anche una visione aperta a visualizzare la cultura solo qualitativamente come qualcosa di eccellente o solo attraverso il suo contributo socio-economico. Inoltre, il ruolo del 4° pilastro può oscurare il rapporto della cultura con la natura e può sottovalutare i suoi legami con questioni sociali più ampie. Ciò incoraggia l'idea che la cultura è una preoccupazione marginale nello sviluppo sostenibile, non all'altezza degli altri tre pilastri. Il ruolo del quarto pilastro offre comunque molte possibilità di mettere in relazione la cultura con lo sviluppo sostenibile. Lo studio europeo *Cultural Heritage Counts for Europe* (CHCfE, 2015) sostiene tale visione delle quattro "dimensioni" dello sviluppo sostenibile, evidenziando come la conservazione del patrimonio culturale possa contribuire a generare impatti positivi su piani diversi, secondo un approccio multidimensionale (*Four Pillar Approach*).

Nel secondo caso (b) la cultura è collegamento e mediazione. In termini dei tre pilastri della sostenibilità, la cultura può essere il modo per bilanciare esigenze concorrenti o conflittuali e lavorare attraverso la comunicazione per dare un significato umano e sociale allo sviluppo sostenibile. La cultura, in sostanza, può essere un tramite o un intermediario per collegare le varie dimensioni della sostenibilità. La cultura elabora e traduce in un linguaggio comune le reazioni ecologiche, ambientali e sociali a uno sviluppo proposto o

a un imminente cambiamento evitabile. In generale, tuttavia, è necessaria una sorta di lente o di filtro per capire come la cultura media la relazione tra società e ambiente. Il potenziale del ruolo di mediazione della cultura è stato tuttavia raramente sfruttato.

Nel terzo caso (c) la cultura può essere vista a un livello più ampio come questione centrale per una transizione verso lo sviluppo sostenibile. In questo approccio la cultura si riferisce a una visione del mondo, a un sistema culturale guidato da intenzioni, motivazioni, scelte etiche e morali, radicate nei valori che guidano le azioni individuali e collettive (Horlings, 2015). Ciò consente di pensare alla sostenibilità e allo sviluppo sostenibile come a processi, continui e in divenire, non come stati fissi.

3.2 Il riuso del patrimonio culturale per il raggiungimento della circolarità territoriale

Il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità urbana attraverso la cultura è reso possibile con la valorizzazione del patrimonio materiale e immateriale delle città (Wictor-Mach, 2018). L'UNESCO definisce, nel 1972, con la Convenzione riguardante la protezione del Patrimonio Culturale e Naturale, il patrimonio culturale come "bene avente un valore eccezionale universale sul piano storico, artistico, scientifico, estetico, etnologico o antropologico". L'importanza del patrimonio culturale e dell'utilizzo dei beni culturali nella promozione dello sviluppo urbano a lungo termine è sostenuta da diversi studiosi (Watson, 2016; Labadi, et al., 2021). Alcuni di essi considerano il patrimonio culturale uno strumento per l'eredità culturale, la creatività e la diversità che possono contribuire efficacemente a una crescita urbana etica e inclusiva (Duxbury et al, 2016). Le città sono state identificate come laboratori (Vardoulakis & Kinney, 2019) attrezzati per apprezzare la diversità culturale per promuovere la resilienza e il benessere della comunità, promuovendo al contempo la sostenibilità ambientale. Le dinamiche del patrimonio materiale e immateriale sono considerate motore e abilitatore di benefici e sostenibilità economici, sociali e ambientali (Pintossi et al., 2023). Come motore, la cultura contribuisce direttamente alla crescita economica e ai benefici per la società (Boeri et al., 2019). Il patrimonio culturale può essere considerato un "bene comune" (Fusco Girard et al., 2015) e un "bene economico" (de la Torre & Mason, 1998; Nijkamp, 2012; Ost, 2016) in quanto capitale non rinnovabile, perché l'economia si riferisce alla gestione di risorse scarse e non rinnovabili (Ost, 2013). Il patrimonio culturale, inoltre, è identificato come "capitale culturale" (Bourdieu, 1986), elemento fondamentale per l'identità locale e la coesione sociale, essendo ri-generatore di senso di appartenenza, "atmosfera" e senso del luogo (Van Balen & Vandesande, 2016), e ri-generatore di valori ambientali (in particolare in relazione alla conservazione dell'energia, alla riduzione del consumo di suolo e al prolungamento del ciclo di vita dei manufatti) attraverso la conservazione integrata. Questo capitale ha un valore intrinseco ma anche strumentale per cui è necessario adottare un approccio olistico alla sua valutazione, caratterizzato dall'integrazione dei valori d'uso e di non uso.

In quanto bene comune, il patrimonio culturale ha un valore complesso (Fusco Girard & Nijkamp, 1997), che dipende dal suo valore per tutti gli stakeholder, incluse le generazioni future. Il valore complesso comprende:

- un *valore d'uso*, che dipende dalla sua localizzazione, dallo stato di conservazione, dalla possibilità di rifunzionalizzazione (funzioni economicamente produttive/non produttive), dall'attrattività per uso turistico;
- un *valore indipendente dall'uso*, che è legato al suo significato storico-culturale, al suo valore simbolico per la comunità, all'identità locale che esprime e al suo valore per le generazioni future.

Spesso, nella pratica, gli specialisti del patrimonio si concentrano solo sui valori intrinseci (il patrimonio in sé), assicurando che le attività di conservazione siano applicate secondo i più alti standard conservativi (Ragheb et al., 2021). Per quanto questo sia della massima importanza, richiede sempre enormi investimenti economici e può, allo stesso tempo, entrare in collisione con altri aspetti del patrimonio (per esempio, quelli sociali o ambientali). Per questo motivo la sostenibilità del patrimonio dovrebbe essere affrontata in modo olistico, assicurando che tutti gli altri aspetti (sociali, economici, ambientali) siano equamente rappresentati e gestiti in modo adeguato (Jelinčić & Glivetić, 2020). Quindi, se da un lato garantire un'adeguata conservazione può significare un'efficace durata del bene, dall'altro non include necessariamente il miglior modo economico possibile per raggiungerla, il che può essere una minaccia per la sostenibilità del patrimonio. Allo stesso modo, le attività di conservazione ideali possono talvolta impedire alle persone di utilizzare i beni del patrimonio, poiché non rispondono alle loro esigenze quotidiane che sono sostanzialmente diverse dalla funzione originaria del bene. Esempi della complessità del raggiungimento della sostenibilità/durata del patrimonio possono essere i dilemmi quali se preservare l'immagine storica unica del bene o optare per un consumo energetico efficiente del bene. Oppure, mentre si cerca di mantenere un uso sostenibile del bene, possono essere espressi dilemmi sull'importanza del bilancio finanziario di un bene positivo rispetto alla sua funzione pubblica. Quindi è evidente che la sostenibilità e la durabilità del patrimonio culturale non sono concetti a sé stanti, ma spesso coinvolgono

un processo di negoziazione tra i suoi vari aspetti (Jelinčić & Glivetić, 2020). Quindi bisogna tenere in conto i diversi valori del patrimonio culturale (Tabella 3.1):

Tabella 3.1 I valori del patrimonio culturale. Elaborazione da Jelinčić & Glivetić, 2020.

Valore scientifico	Possibilità del bene culturale ad offrire ricerca scientifica.
	Esistenza di articoli scientifici pubblicati sul bene culturale.
Valore estetico	Valori estetici offerti dai beni del patrimonio culturale (ad esempio, la vista panoramica, il valore artistico).
Valore storico-culturale	Legami dei beni del patrimonio culturale con gli eventi culturali; la sua presenza nelle opere d'arte, nei miti, nelle leggende e nei racconti legati a storie o a persone che hanno un'importanza storica.
	Possibile importanza del patrimonio culturale con la vita religiosa o spirituale.
Valore paesaggistico	Legame del bene culturale con il paesaggio circostante.
Valore di unicità	Avere caratteristiche uniche e la sua possibile registrazione nei registri nazionali/internazionali, UNESCO, etc.
Valore educativo	L'uso del bene culturale a fini didattico-educativi.
Valore economico	L'uso del bene del patrimonio culturale per le attività imprenditoriali turistiche.
Valore per la comunità locale	Stretto legame della comunità locale con il bene del patrimonio culturale.

Il patrimonio culturale e l'utilizzo dei beni culturali sono veicolanti nella promozione dello sviluppo urbano a lungo termine. A scala urbana, la conservazione del patrimonio culturale dimostra la necessità di trovare un equilibrio tra fattori sociali, ambientali ed economici (Wictor-Mach, 2018). Il patrimonio culturale e lo sviluppo sostenibile sono fortemente legati (Labadi, et al., 2021). Gli obiettivi dello sviluppo sostenibile aiutano la conservazione

del patrimonio e contribuiscono ad accrescere la consapevolezza dell'importanza della conservazione del patrimonio per mantenere l'identità dei territori (UNESCO, 2016). D'altra parte, il patrimonio culturale, sia materiale che immateriale, può essere utilizzato come catalizzatore per la crescita sostenibile e può contribuire fortemente alla coesione sociale e al rafforzamento del senso di identità, stimolando le comunità locali. Inoltre, il patrimonio culturale può essere visto come una risorsa vitale per la produzione e la competitività e un promotore per l'introduzione di soluzioni ecocompatibili (Kultur, 2012).

La sostenibilità del territorio urbano può quindi essere raggiunta attraverso soluzioni innovative e la partecipazione civica, poiché il patrimonio fa parte della vita quotidiana dei cittadini (Jelinčić & Tišma, 2020). Una misura efficace in questo senso è che la comunità internazionale ha riconosciuto la cultura come una componente fondamentale di un'efficace pianificazione urbana e una svolta fondamentale per la definizione di una nuova agenda urbana (Nocca, 2017). L'obiettivo generale è quello di utilizzare il patrimonio culturale come motore per lo sviluppo sostenibile in modo da avere un approccio sostenibile nella rigenerazione di città, paesaggi urbani e rurali; nell'utilizzo di soluzioni innovative di sviluppo adattivo nel restauro del patrimonio edilizio e degli edifici storici, riducendo in tal modo le emissioni di carbonio; nell'applicazione di un approccio olistico nella gestione del patrimonio naturale e culturale, contribuendo in tal modo alla sostenibilità economica, culturale, sociale e ambientale complessiva e al forte miglioramento della vita e del benessere delle persone (UNESCO, 2019). La rilevanza del patrimonio culturale per lo sviluppo sostenibile è stata ampiamente riconosciuta e sostenuta dalle principali organizzazioni internazionali (ad esempio *United Cities and Local Governments* 2010; ICOMOS 2011; UNESCO 2013, 2015a; UN-HABITAT 2016). I tentativi di incorporare il patrimonio culturale nei discorsi sullo sviluppo sono avvenuti parallelamente al concetto di sviluppo sostenibile. In questo quadro, la valorizzazione del patrimonio culturale può favorire un approccio allo sviluppo alternativo, culturalmente sensibile, inclusivo e intersettoriale (Bandarin et al., 2011). Nonostante questo cambiamento, la cultura e il patrimonio erano assenti dalla definizione degli MDG, concordati e adottati nel 2000 per affrontare le sfide dello sviluppo globale entro il 2015. Quindici anni dopo, l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile è stata adottata come piano d'azione per affrontare le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile –

economica, sociale e ambientale – attraverso 17 SDG altamente interdipendenti e 169 obiettivi (Nazioni Unite, 2015). Nonostante l'assenza della cultura come obiettivo a sé stante (Vlassis, 2015), un obiettivo specifico richiede il rafforzamento degli sforzi globali per proteggere e salvaguardare il patrimonio culturale e naturale mondiale (SDG 11.4).

L'ICOMOS (Consiglio internazionale per i monumenti e i siti) aveva abbracciato la sostenibilità già nel 1964, poiché la Carta di Venezia ha sostenuto la salvaguardia del patrimonio a beneficio delle generazioni future, aumentando l'attenzione con la Dichiarazione di Parigi del 2011 e creando il gruppo di lavoro sugli SDGs nel 2015, quando è stata adottata l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite. L'ICOMOS si è mobilitato per contribuire ad aumentare la visibilità del patrimonio culturale nei dibattiti sullo sviluppo sostenibile. In particolare, ci sono alcuni obiettivi che affrontano in modo indiretto le questioni relative alla sua conservazione. Gli SDGs 4, 8, 11, 12, e 16 delle Nazioni Unite sono influenzati dalla protezione del patrimonio culturale, dal consumo responsabile attraverso il riutilizzo adattivo, dai posti di lavoro nel turismo, dall'aumento della consapevolezza delle risorse e della conoscenza del patrimonio, dal senso di appartenenza e dal recupero dopo il disastro. Il patrimonio culturale rafforza un paese, definisce l'identità condivisa dei suoi cittadini e rende il territorio un luogo attraente in cui vivere. La diversità del patrimonio consente alle identità regionali di prosperare, sostenendo la dignità umana, la pace, la sicurezza e il benessere (SDGs 4, 5, 8, 10, 11, 12, 16). Gli edifici del patrimonio possono essere riutilizzati in modo adattivo, conservando la loro energia incorporata e i valori del patrimonio, il che a sua volta riduce l'impronta di carbonio del settore edile. Possono anche essere aggiornati attraverso l'aggiunta di fonti rinnovabili (SDGs 7, 8, 11, 13, 17). Il patrimonio culturale delle comunità contribuisce a posti di lavoro dignitosi basati sui prodotti culturali locali; arti tradizionali adattate con innovazione alle industrie culturali contemporanee; turismo che promuove la comprensione interculturale e mezzi di sussistenza sostenibili. (SDGs 8, 9, 10, 11, 12, 16). Sulla base della stretta relazione tra patrimonio culturale e urbanizzazione, l'agenda affronta temi come la rigenerazione urbana e il cambiamento climatico (SDGs 11, 13, 16). La resilienza dei luoghi storici convalida l'importanza della conoscenza tradizionale, la qualità dei materiali storici e la natura duratura della cultura. I luoghi del patrimonio sono sia minacciati dal cambiamento climatico che una risorsa per l'adattamento e la mitigazione (SDGs 4, 11, 13). Proteggere

il patrimonio culturale materiale e immateriale significa proteggere le comunità associate come le popolazioni indigene, che mantengono forti legami con la natura. La cultura e il patrimonio uniscono le persone, promuovendo la coesione sociale e la pace per tutti (SDGs 10, 11, 14, 15, 16).

Riconoscendo l'importanza intrinseca della protezione e della salvaguardia del patrimonio per lo sviluppo sostenibile, l'inclusione di questo "obiettivo del patrimonio" nella più recente agenda di sviluppo internazionale ha costituito un risultato senza precedenti per il settore del patrimonio (Wiktor-Mach, 2019). Tuttavia, il potenziale del patrimonio culturale per affrontare sfide di sviluppo più ampie al di là della sua limitata conservazione è rimasto marginale. L'Agenda 2030, infatti, considera ancora il patrimonio come oggetto da tutelare piuttosto che come motore attivo di sviluppo (Throsby, 2017; Labadi et al. 2021). Sempre nel 2015, l'UNESCO ha adottato una politica concreta (UNESCO, 2015b) per integrare una prospettiva di sviluppo sostenibile nei processi della Convenzione del Patrimonio Mondiale e per aumentare il contributo del patrimonio alle più ampie sfide sociali, ambientali ed economiche, in tal modo promuovere la pace e la sicurezza in linea con l'agenda per lo sviluppo delle Nazioni Unite (Larsen & Logan, 2018). L'adozione di questa politica è stata un "risultato fondamentale" per la promozione di approcci più olistici che collegano il patrimonio con il pianeta, le persone e l'economia (Boccardi & Scott, 2018). L'importanza di approcci interconnessi è stata sottolineata anche in altre recenti pubblicazioni dell'UNESCO incentrate sul contributo del patrimonio immateriale allo sviluppo sostenibile (UNESCO, 2015b) e sulla fornitura di un quadro innovativo per valutare e monitorare il contributo della cultura nei diversi obiettivi di sviluppo sostenibile e settori politici. Mentre la politica del 2015 evidenzia l'importanza di una visione globale del patrimonio per lo sviluppo sostenibile, la maggior parte delle pubblicazioni esistenti nel settore tratta l'argomento da prospettive ristrette, come ad esempio: l'uso del turismo per lo sviluppo economico o la gestione delle risorse naturali e le sue implicazioni per le comunità locali, senza collegare questi problemi. Eccezioni degne di nota includono Galla (2012), Giliberto & Labadi (2022), British Council (2020), e Labadi et al. (2021), che forniscono una raccolta di studi di casi pratici e interdisciplinari che dimostrano l'importanza del patrimonio per lo sviluppo sostenibile e gli SDGs in una varietà di contesti. Tuttavia, queste pubblicazioni tendono a adottare un approccio piuttosto positivo sostenendo un maggiore

riconoscimento dell'importanza della cultura e del patrimonio per lo sviluppo sostenibile. Pertanto, c'è ancora un bisogno critico di riflettere sul contributo (positivo e negativo) del patrimonio culturale per lo sviluppo sostenibile e in quali condizioni può essere effettivamente mobilitato e raggiunto a lungo termine (Giliberto & Labadi, 2022). Quindi è necessario lo strumento della valutazione. Questa tesi fornisce uno stimolo a incoraggiare e garantire che la ricerca relativa al patrimonio culturale allarghi i suoi orizzonti e abbracci un approccio più olistico nei confronti degli impatti del patrimonio culturale.

3.3 Il campo di ricerca: il fenomeno dell'archeologia industriale in Europa

Tra gli aspetti più attuali e delicati collegati alla tutela dei beni culturali rientra certamente la complessa questione dell'archeologia industriale. Secondo i dati Istat, le aree industriali dismesse italiane rappresentano circa il 3% del territorio nazionale corrispondente ad una superficie di 9 mila chilometri quadrati dei quali circa il 30% è localizzata in aree a media o elevata urbanizzazione (ISTAT, 2012). Le aree industriali dismesse rappresentano un fenomeno tanto diffuso quanto complesso sia in Italia che nel resto d'Europa. Per illustrare lo stato dell'arte di questo fenomeno occorre in via preliminare definire la dismissione industriale come quel processo di disattivazione anche parziale di aree urbane o extraurbane, di agglomerati o di semplici fabbricati, variegati per dimensioni e caratteristiche, per i quali il recupero o la conversione ad una nuova funzione presentano problemi di varia natura. In vero, il problema della dismissione ha origini antiche e riguarda tutti quei contenitori vuoti o quelle aree che hanno perduto la funzione per la quale erano stati realizzati (Sposito, 2012). Sebbene diffuse su tutto il territorio, le aree industriali dismesse sono in larga misura presenti nelle principali aree economiche urbane; in questi centri, la crisi di alcuni settori tradizionali della produzione industriale ha innescato un progressivo degrado, non soltanto sullo stesso sito produttivo ma anche sull'immediato contesto edificato fino a coinvolgere anche quello sociale ed economico (Sposito, 2012). L'attuale fenomeno della dismissione industriale, riferibile alla deindustrializzazione degli anni Settanta, trova le proprie motivazioni in fattori essenzialmente esterni alle realtà socio-economiche locali, poiché il lento ma costante processo di modificazione degli spazi urbani è figlio di cambiamenti fisiologici degli usi e della società. In una prospettiva di riqualificazione della periferia, le aree industriali dismesse forniscono una importante opportunità per ridefinire gli assetti futuri delle città; queste aree, talvolta interstiziali, altre volte di margine, possono essere riqualificate con funzioni diversificate e complementari alla residenza, con verde e spazi pubblici attrezzati, non solo per realizzare nuove polarità urbane ma anche per ricucire l'ormai frammentato paesaggio urbano contemporaneo. Così, tralasciando quel luogo comune per cui le aree industriali dismesse sono semplici spazi al margine del contesto urbano, vanno apprezzate le qualità fisiche e ambientali, come fattori che le rendono oggi una tra quelle risorse di immediata disponibilità capaci

di attivare non solo processi riorganizzativo-funzionali del territorio, ma anche lo sviluppo sociale ed economico delle città (Koutra et al., 2023).

Il patrimonio industriale è esplicitamente inquadrato dal punto di vista giuridico all'interno della categoria dei beni culturali ed è oggetto di particolare tutela da parte dell'ordinamento. L'attuale versione del codice dei beni culturali inserisce a pieno titolo il patrimonio industriale tra i beni culturali al fine di salvaguardarlo e valorizzarlo: l'art. 10 del codice (così come modificato dal d.lgs. n. 62/2008) considera beni culturali le cose immobili e mobili, a chiunque appartenenti, che rivestono un "interesse particolarmente importante" a causa del "loro riferimento con la storia dell'industria". Anche a livello sovranazionale vi è una presa d'atto dell'importanza del patrimonio d'archeologia industriale, come emerge dalla risoluzione adottata a Parigi l'8 marzo 2013, in cui l'Assemblea del Consiglio d'Europa ha indirizzato una serie di raccomandazioni pratiche agli Stati membri volte a proteggere il patrimonio industriale e a proporre la creazione di un marchio europeo per tale patrimonio (Assemblea Parlamentare, 2013).

Oggi il patrimonio industriale rappresenta una grande risorsa funzionale e culturale. L'archeologia industriale concerne le testimonianze di civiltà che riguardano i procedimenti di industrializzazione, in particolare in relazione alle opere della scienza e della tecnica, e più in generale le attività economiche. Si tratta di una nozione certamente complessa, in parte dai contorni ancora indefiniti, sviluppatasi in Inghilterra dagli anni Cinquanta.

La rivoluzione industriale, iniziata nella seconda metà del XVIII secolo ha causato l'inattività degli impianti industriali esistenti a causa di quelli di nuova costruzione in linea con gli sviluppi tecnologici. Il fenomeno della dismissione non è solamente legato allo spostamento di attività o alla chiusura degli stabilimenti ma anche al progresso di infrastrutture e servizi (Boeri & Secchi, 1990). Queste strutture, infatti, comprendono non solo gli edifici di produzione (laboratori, mulini, fabbriche, magazzini, siti minerari, ecc.) ma anche le infrastrutture, le strutture di trasporto e i macchinari. Poiché riflettono le caratteristiche tecnologiche, storiche, sociali, architettoniche e scientifiche del loro periodo, divennero oggetto di preoccupazione negli anni '60-'70. Una caratteristica importante dei siti del patrimonio industriale, che rende difficile il processo di conservazione e di rivitalizzazione sostenibile, è la complessità del patrimonio. Lo storico britannico Sir Neil Cossons ha definito il patrimonio industriale come la categoria di

patrimonio più complessa, affermando che "il patrimonio industriale è, probabilmente, un discorso culturale unico; porta con sé sfide che non si trovano in nessun altro settore del patrimonio e richiede nuove risposte". Questo si riferisce alla comprensione dei resti materiali come aspetto intangibile del patrimonio industriale, e quindi dei valori del lavoro, che vengono rapidamente dimenticati nel contesto della gestione del patrimonio industriale.

In Italia, le prime ricerche di archeologia industriale si sviluppano alla fine degli anni Settanta e si indirizzano soprattutto al censimento edilizio delle strutture produttive dismesse a causa della recessione industriale e poi dei processi di delocalizzazione che dagli anni Ottanta comportano il trasferimento degli impianti produttivi dall'Italia verso paesi dove il costo del lavoro è minore. Abbandonate dalle aziende, le grandi "cattedrali del lavoro" della penisola si trasformano velocemente in moderne rovine. Sono in molti casi costituite da fabbricati senza particolari qualità estetiche, progettati con il solo fine di rispondere efficacemente alle esigenze della produzione. Per questo motivo sono difficilmente sottoposti dalle Soprintendenze locali a vincoli di tutela storico-artistica, e la loro esistenza è messa a rischio dai meccanismi di rigenerazione urbana. I "vuoti" determinati dalle dismissioni degli stabilimenti, infatti, si trovano spesso in luoghi nevralgici delle città: sono aree allettanti per gli attori economici delle trasformazioni (amministrazioni e imprese), ma il recupero degli edifici che vi sorgono, un tempo destinati alla produzione, pone problemi di non facile soluzione, che spaziano dall'inquinamento dei terreni ai costi elevati di gestione, anche a causa delle grandi dimensioni.

Per gli archeologi industriali il primo passo per preservare l'eredità industriale italiana è ricostruirne la storia, riconoscerne il valore simbolico e culturale e attribuire anche alle architetture e ai luoghi del lavoro lo status di "patrimonio". A questo fine nasce nel 1997 l'Associazione Italiana per il Patrimonio Archeologico Industriale che promuove lo studio, la catalogazione, la valorizzazione e la conservazione degli archivi d'impresa, dei macchinari e di tutte le testimonianze materiali della civiltà dell'industria. Occorre inoltre definire con precisione l'oggetto della conservazione, e su questo fronte si è assistito in tempi recenti a una sorta di dilatazione progressiva dei confini fisici degli spazi da preservare. L'interesse si è spostato dal singolo edificio alle sue interrelazioni con l'ambiente (tessuto urbano e risorse naturali). Dalla fabbrica si è passati al "sito

industriale", inteso sia come area su cui sorge un complesso di fabbricati per la produzione, sia come sistema formato dallo stabilimento e dalle case per gli operai, dai luoghi di intrattenimento e dai servizi sociali. È stato infine introdotto il concetto di "paesaggio industriale", che tiene conto dei diversi modi di plasmare il territorio (urbano o naturale) di un'industria.

Negli ultimi decenni si contano sempre più numerosi esempi di intervento su edifici, ex aree industriali e porzioni di paesaggio avvenuti in dialogo con la storia dei luoghi e degli edificati preesistenti. Soprattutto nei contesti urbani, le grandi operazioni di trasformazione dei siti industriali dismessi hanno comportato estese demolizioni, ma hanno anche incluso complesse operazioni di restauro e consolidamento di singoli elementi simbolici, come le ciminiere, o di intere architetture storiche, recuperate e rifunzionalizzate (ovvero adattate a nuove destinazioni funzionali) ottenendo nuovi spazi di grande suggestione. I beni collegati con i processi di industrializzazione e le realtà produttive possono essere anche lontani da una concezione classica di bellezza estetica dal punto di vista architettonico: ciò avviene in particolare per i beni immobili, cioè siti, impianti, strutture, fabbriche, officine, opifici che sono infatti pensati di norma in ottica strettamente utilitaristica e congegnati nel miglior interesse della produzione e del lavoro, senza particolare attenzione alle qualità estetiche. Già da tempo, oggetto della tutela, nel caso dei beni di archeologia industriale, non è affatto la dimensione estetica, bensì l'intrinseco valore storico-culturale (Gambetta, 2021).

Storico problema collegato ai siti industriali è dovuto alla complessità della loro geografia interna e alla costante tendenza evolutiva cui sono sottoposti nel corso della propria esistenza, in particolare ove vi sia concretamente svolta attività industriale. In altri termini, i siti industriali, a differenza di quelli monumentali classici, spesso evolvono nel tempo sia nell'ampiezza che nella sostanza: vengono ampliati, razionalizzati, ristrutturati, riorganizzati, rimaneggiati. Ciò genera storiche problematiche: la prima è che all'interno di un medesimo sito industriale possano esservi più immobili, coevi o meno, aventi qualità e caratteristiche architettoniche anche profondamente diverse. Ciò avviene di norma per motivi legati al funzionamento industriale: alcune strutture hanno caratteristiche anche architettoniche particolari solitamente in conseguenza della funzione che assolvono nel ciclo produttivo. Secondo Gambetta (2021) la tutela dovrà cioè guardare al sito, avendo in considerazione

non il pregio del singolo esempio architettonico, bensì l'importanza storico-artistica del sito per l'evoluzione della scienza e della tecnica nella particolare prospettiva dei procedimenti di industrializzazione. Tale valutazione tende dunque ad abbracciare gli impianti complessi nella loro integralità, ma resta aperta la questione della potenziale ammissibilità di uno stralcio selettivo di aree caratterizzate da un minor pregio dal punto di vista della rilevanza storico-culturale. Per i motivi già richiamati, infatti, possono esservi siti nei quali siano presenti strutture di disomogenea età costruttiva, caratteristiche e pregio intrinseco, non soltanto dal punto di vista dell'architettura, ma anche del legame con la storia industriale e, dunque, in ultima analisi, del valore culturale. In altri termini un impianto può essere costituito da più aree di diversa datazione e destinate a diversa funzione, alcune delle quali molto più recenti e prive, anche per le loro caratteristiche, di un collegamento saldo con la storia industriale.

Gruppi di studiosi delle politiche territoriali, sociologi, cittadini interessati all'argomento iniziano ad elaborare considerazioni sulla natura delle aree vuote: non vengono più intesi come involucri vuoti e privi di identità ma rappresentano un luogo di memoria costruita, un'occasione di sviluppo e di riqualificazione, una riappropriazione degli spazi da parte degli insider (Dragotto & Gargiulo, 2003). I siti industriali hanno tradizionalmente costituito un'importante fonte di problemi ecologici (Pintilii & Drăghici, 2012). Questa percezione associata alla necessità di proteggere l'ambiente è stata negli ultimi decenni il catalizzatore per la riqualificazione e la rinascita delle aree industriali. La bonifica e la conservazione delle aree industriali costituiscono, inoltre, un importante obiettivo culturale, che è intrinsecamente sostenibile in quanto incoraggia il riutilizzo positivo di edifici ridondanti che fanno parte del patrimonio industriale e commerciale (Loures, 2009). L'interesse per la conservazione dei siti industriali abbandonati non è solo ambientale, ma anche economico (Langstraat, 2006) e culturale (Merciu et al., 2014). Gli investimenti nel patrimonio culturale possono generare effetti positivi per l'economia locale (Barabash, 2012), non solo in termini di consumo culturale, ma anche sotto forma di aumento dell'occupazione e del reddito (Bowitz & Ibenholt, 2007).

La tesi vuole evidenziare come la cultura possa cambiare il destino di un edificio industriale abbandonato e, allo stesso tempo, generare produttività economica, ricadute occupazionali, benefici sociali e ambientali. Il riutilizzo delle strutture industriali, soprattutto

in chiave culturale, può rappresentare una vera e propria sfida che riflette la varietà dei mezzi per capitalizzare i beni industriali.

Capitolo 4

I framework di valutazione per il riuso del patrimonio culturale industriale nella prospettiva dell'economia circolare

Il riuso adattivo del patrimonio culturale abbandonato e sottoutilizzato può essere un motore per la crescita economica, il benessere sociale e la rigenerazione ambientale, contribuendo allo sviluppo sostenibile di città e regioni (Parlamento Europeo, 2015). Tuttavia, la valutazione degli impatti della conservazione, del riuso adattivo e della rigenerazione del patrimonio è ancora raramente effettuata, lasciando il vero contributo del patrimonio culturale allo sviluppo sostenibile sottovalutato o mai stimato (Consorzio CHCfE, 2015), specialmente se si considera la prospettiva dell'economia circolare.

I processi decisionali relativi al patrimonio culturale richiedono un'attenzione particolare e non possono prescindere dall'uso di strumenti decisionali adeguati (Bosone et al., 2021). In questo contesto, la valutazione può quindi essere considerata uno strumento rilevante per costruire scelte, riconoscere valori, interessi e bisogni ed esplorare i vari fattori che possono influenzare le decisioni (Cerreta & De Toro, 2012).

Gli interventi di riuso adattivo degli edifici di interesse culturale sono complessi, sia dal punto di vista economico, dato l'alto rischio di incertezza e le limitate risorse finanziarie, sia dal punto di vista sociale, data l'identità dei beni (Bottero et al., 2018). Per questo occorrono quadri di valutazione capaci di individuare in anticipo gli ostacoli tecnici, procedurali ed economici di gestione. In questo senso si pone l'esigenza di uno studio a supporto dell'analisi decisionale con l'obiettivo primario di ottimizzare le risorse, allocare le scarse risorse pubbliche e massimizzare l'utilità della società.

4.1 Gli approcci e gli strumenti per la valutazione dei progetti di riuso del patrimonio industriale

Il riuso dei beni culturali e, in particolare il riuso del patrimonio industriale dismesso, coinvolge un numero elevato di attori interessati al processo come i privati, gli enti pubblici e del Terzo Settore. Ognuno di questi attori è portatore di obiettivi differenti, a seconda della propria visione e scopo. Ciò implica la necessità di perseguire contemporaneamente più obiettivi nella realizzazione di un progetto di riuso; obiettivi che sono eterogenei (cioè non riducibili l'uno all'altro) e conflittuali (cioè la massimizzazione del perseguimento di uno di essi comporta una riduzione del livello di perseguimento degli altri, impedendo loro di raggiungere i valori massimi). Inoltre, questi obiettivi sono spesso espressi in modo incerto o ambiguo e sono perseguiti da una molteplicità di attori e gruppi, ognuno dei quali persegue strategie diverse. Nella teoria delle decisioni, questo approccio integrato può essere definito come una procedura che cerca l'ottimalità nel perseguimento di molti obiettivi (non riducibili e in conflitto) allo stesso tempo, considerando gli altri come vincoli (cioè riducendone uno in riferimento agli altri). La presenza di obiettivi eterogenei e talvolta in conflitto rende impossibile ridurre la valutazione dei benefici a un unico comune denominatore. Ciò significa che non è possibile trovare un progetto che massimizzi il perseguimento di tutti gli obiettivi contemporaneamente. D'altra parte, spesso ci si trova di fronte a priorità solo apparentemente incompatibili (come quelle dello sviluppo economico e quelle della tutela ambientale). La società odierna è caratterizzata da un'estrema frammentazione, con una molteplicità di centri decisionali e gruppi che intervengono e interagiscono nelle decisioni con forze contrattuali diverse, e in genere ogni gruppo o centro decisionale ha interessi o obiettivi diversi ed eterogenei. Frammentazione, diversità, eterogeneità e complessità sono le caratteristiche del sistema reale in cui devono essere fatte anche le scelte relative alla rigenerazione e al riuso del patrimonio culturale. Le analisi multicriteriali sono un tentativo di rispondere alle valutazioni di progetti con benefici tangibili e intangibili mettendoli sullo stesso piano di molti obiettivi allo stesso tempo. Questo tipo di analisi riconosce la molteplicità dei gruppi coinvolti nel processo decisionale e gli impatti del progetto. Questi metodi vanno oltre il campo della ricerca economico-stimativa, ma hanno portato a un adattamento dei metodi

di valutazione economica dei progetti per includere la valutazione dei benefici non monetari attraverso il riconoscimento della molteplicità degli attori decisionali dei gruppi sociali coinvolti e dei loro conseguenti conflitti. In altre parole, proprio lo sviluppo di questi metodi multicriteri/multigruppi ha contribuito a evidenziare la difficoltà di effettuare aggregazioni (individuando un unico indice finale di preferenza dei progetti) e l'opportunità di stimare i loro diversi impatti o benefici in termini di "efficacia" (cioè la capacità di perseguire un insieme di obiettivi) e di "equità" (cioè il comportamento dei progetti in riferimento ai diversi gruppi). L'utilizzo di scale non monetarie per integrare la valutazione degli impatti culturali, sociali e ambientali con quelli economici sembra essere necessaria per poter utilizzare i metodi di valutazione nel settore dei beni culturali per i quali le analisi economiche più tradizionali sono riduttive. Ciò significa sostituire le analisi degli impatti economici con analisi di impatto multidimensionali.

I metodi di valutazione multicriterio sono strumenti che possono, con opportuni criteri e indicatori di valutazione, essere utilizzati nelle valutazioni ex ante di progetti di riuso adattivo del patrimonio industriale dismesso. Non esiste in letteratura un metodo che è stato sviluppato appositamente per tale casistica ma questi strumenti possono essere di supporto al decisore nella scelta di un adeguato progetto di riuso funzionale, qualora il metodo venga appositamente strutturato per tale scopo. Gli strumenti di valutazione multicriterio per il riuso adattivo del patrimonio culturale individuati nella letteratura scientifica sono riassunti nella seguente Tabella 4.1:

Tabella 4.1 Metodi di valutazione multicriterio (MCDA).

NAIADE	Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments
AHP	Analytic Hierarchy Process
EVAMIX	Evaluation matrix
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la REalit'e
REGIME	REGIME
TOPSIS	Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution
PROMETHEE	Preference ranking organization method for enrichment of Evaluations
MAUT	Multi-Attribute Utility Theory
MAVT	Multi-Attribute Value Theory
ANP	Analytic Network Process
	Spatial Multi-criteria, collaborative decision-making processes
	Strumento Level(s) della Commissione Europea

4.2 Gli indicatori di economia circolare nel contesto internazionale, europeo e nazionale

La misurazione della circolarità è un requisito fondamentale per il raggiungimento di risultati misurabili nella transizione verso un'economia circolare. A livello internazionale, europeo e nazionale esistono metodi e database per la misurazione dell'economia circolare applicata a livello macro (sistema paese), meso (regione, distretto, settore, ecc.) e micro (singola impresa, organizzazione, amministrazione). Data la vastità dell'argomento, la tesi intende concentrarsi sul livello urbano, inteso come città, regione, distretto e patrimonio costruito. Il primo step della ricerca degli indicatori di circolarità riguarda la ricognizione degli strumenti di monitoraggio dell'economia circolare esistenti nel contesto internazionale, europeo e nazionale. Attraverso uno studio della letteratura scientifica si raggiunge una panoramica di tale quadro, utile alla identificazione della tassonomia di indicatori indispensabili per la valutazione e il monitoraggio dei progetti di riuso del patrimonio culturale industriale che la tesi intende sviluppare.

- *Iniziative internazionali istituzionali*

L'Agenda 2030 promossa dall'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU) definisce 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile *(SDGs = Sustainable Development Goals*) come strategia di sviluppo da attuare per il periodo 2015-2030. L'Inter-Agency and Expert Group on SDG Indicators ha definito il set di indicatori più appropriato a monitorare i 169 target in cui i 17 obiettivi sono articolati. Pur non esistendo uno specifico Obiettivo per l'economia circolare, il numero 12 (Produzione e Consumo Sostenibile e Responsabile) è quello che maggiormente concerne i temi della circolarità. Anche altri SDGs sono rilevanti per cogliere alcuni aspetti di circolarità come il 6 (Gestione Risorse Idriche), il 7 (Energia), l'8 (Crescita Economica Sostenibile), il 9 (Infrastrutture, Industria e Innovazione), l'11 (Ambiente Urbano), il 14 (Ecosistema Marino) e il 15 (Ecosistema Terrestre). In Tabella 4.2 sono raccolti gli indicatori più rilevanti per l'economia circolare all'interno del set di monitoraggio dell'Agenda 2030.

Tabella 4.2 Gli indicatori riconducibili all'economia circolare negli SDGs.

SDG	Target	Indicatori
SDG 6	6.3 Migliorare entro il 2030 la qualità dell'acqua eliminando le discariche, riducendo l'inquinamento e il rilascio di prodotti chimici e scorie pericolose, dimezzando la quantità di acque reflue non trattate e aumentando considerevolmente il riciclaggio e il reimpiego sicuro a livello globale.	6.3.1 Frazione di acque reflue trattata in maniera appropriata
	6.4 Aumentare considerevolmente entro il 2030 l'efficienza nell'utilizzo dell'acqua in ogni settore e garantire approvvigionamenti e forniture sostenibili di acqua potabile, per affrontare la carenza idrica e ridurre in modo sostanzioso il numero di persone che ne subisce le conseguenze.	6.4.1 Variazione di efficienza dell'utilizzo delle risorse idriche nel tempo.
		6.4.2 Grado di stress idrico: proporzione tra prelievi e risorse disponibili di acqua dolce
	6.5 Implementare entro il 2030 una gestione delle risorse idriche integrata a tutti i livelli, anche tramite la cooperazione transfrontaliera, in modo appropriato.	6.5.1 Grado di realizzazione della gestione integrata delle risorse idriche
SDG 7	7.2 Aumentare considerevolmente entro il 2030 la quota di energie rinnovabili nel consumo totale di energia.	7.2.1 Quota di energia rinnovabile sul consumo di energia totale
	7.3 Raddoppiare entro il 2030 il tasso globale di miglioramento dell'efficienza energetica.	7.3.1 Intensità energetica misurata in termini di energia primaria e PIL
SDG 8	8.4 Migliorare progressivamente, entro il 2030, l'efficienza globale nel consumo e nella produzione di risorse e tentare di scollegare la crescita economica dalla degradazione ambientale, conformemente al Quadro decennale di programmi relativi alla produzione e al consumo sostenibile, con i paesi più sviluppati in prima linea.	8.4.1 Impronta dei materiali, impronta dei materiali pro-capite, impronta dei materiali su PIL
		8.4.2 Consumo domestico di materiale, consumo domestico di materiale procapite e consumo domestico di materiale su PIL
SDG 9	9.4 Migliorare entro il 2030 le infrastrutture e riconfigurare in modo sostenibile le industrie, aumentando l'efficienza nell'utilizzo delle risorse e	9.4.1 Emissioni di CO2 per unità di valore aggiunto

	adottando tecnologie e processi industriali più puliti e sani per l'ambiente, facendo sì che tutti gli stati si mettano in azione nel rispetto delle loro rispettive capacità.	
SDG 11	11.3 Entro il 2030, potenziare un'urbanizzazione inclusiva e sostenibile e la capacità di pianificare e gestire in tutti i paesi un insediamento umano che sia partecipativo, integrato e sostenibile.	11.3.1 Rapporto tra tasso di consumo di suolo e tasso di crescita della popolazione
	11.6 Entro il 2030, ridurre l'impatto ambientale negativo pro-capite delle città, prestando particolare attenzione alla qualità dell'aria e alla gestione dei rifiuti urbani e di altri rifiuti.	11.6.1 Percentuale dei rifiuti urbani regolarmente raccolti e con un adeguato smaltimento sul totale dei rifiuti urbani generati nelle città
SDG 12	12.1 Attuare il Quadro Decennale di Programmi per il Consumo e la Produzione Sostenibili, rendendo partecipi tutti i paesi, con i paesi sviluppati alla guida, ma tenendo presenti anche lo sviluppo e le capacità dei paesi in via di sviluppo.	12.1.1 Numero di paesi con un piano nazionale per il consumo e produzione sostenibile, o dove questi siano identificati come priorità o obiettivo nelle politiche nazionali
	12.2 Entro il 2030, raggiungere la gestione sostenibile e l'utilizzo efficiente delle risorse naturali.	12.2.1 Impronta dei materiali, impronta dei materiali pro-capite, impronta dei materiali su PIL
		12.2.2 Consumo domestico di materiale, consumo domestico di materiale procapite e consumo domestico di materiale su PIL
	12.3 Entro il 2030, dimezzare lo spreco alimentare globale pro-capite a livello di vendita al dettaglio e dei consumatori e ridurre le perdite di cibo durante le catene di produzione e di fornitura, comprese le perdite del post-raccolto.	12.3.1 Indice globale dello spreco alimentare
	12.4 Entro il 2020, raggiungere la gestione eco-compatibile di sostanze chimiche e di tutti i rifiuti durante il loro intero ciclo di vita, in conformità ai quadri internazionali concordati, e ridurre sensibilmente il loro rilascio in aria, acqua e suolo	12.4.1 Numero degli enti coinvolti in accordi ambientali internazionali multilaterali sui rifiuti pericolosi e altre sostanze chimiche, che rispettano il loro impegno e dovere nel trasmettere informazioni secondo

	per minimizzare il loro impatto negativo sulla salute umana e sull'ambiente.	quanto richiesto da ciascun accordo pertinente
		12.4.2 Rifiuti pericolosi generati procapite e quantità di rifiuti pericolosi trattati, per tipo di trattamento
	12.5 Entro il 2030, ridurre in modo sostanziale la produzione di rifiuti attraverso la prevenzione, la riduzione, il riciclo e il riutilizzo.	12.5.1 Tasso di riciclo nazionale, tonnellate di materiale riciclato
	12.7 Promuovere pratiche sostenibili in materia di appalti pubblici, in conformità alle politiche e priorità nazionali.	12.7.1 Numero di paesi che hanno adottato politiche e programmi di acquisti pubblici sostenibili
SDG 14	14.1 Entro il 2025, prevenire e ridurre in modo significativo ogni forma di inquinamento marino, in particolar modo quello derivante da attività esercitate sulla terraferma, compreso l'inquinamento dei detriti marini e delle sostanze nutritive.	14.1.1 Indice di eutrofizzazione delle coste e densità dei rifiuti di plastica galleggianti
SDG 15	15.2 Entro il 2020, promuovere una gestione sostenibile di tutti i tipi di foreste, arrestare la deforestazione, ripristinare le foreste degradate e aumentare ovunque, in modo significativo, la riforestazione e il rimboschimento.	15.2.1 Progresso verso una gestione sostenibile delle foreste
	15.3 Entro il 2030, combattere la desertificazione, ripristinare le terre degradate, comprese quelle colpite da desertificazione, siccità e inondazioni, e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo.	15.3.1 Rapporto tra suolo degradato e suolo totale

Su scala internazionale, diversi indicatori dell'Agenda 2030 sono riconducibili all'efficienza nell'uso delle risorse e dell'economia circolare. Le Nazioni Unite, a tal proposito, hanno istituito nel 2007 un gruppo di esperti dal Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (UNEP), *l'International Resource Panel (IRP),* con il compito di affrontare le sfide connesse all'utilizzo sostenibile delle risorse naturali redigendo un database sui flussi di materiali. L'IRP ha realizzato nel 2016 il rapporto *"Resource Efficiency: Potential and Economic Implications"* che analizza le modalità per potenziare l'efficienza nell'uso delle risorse considerando gli effetti sulle attività economiche, sulla vita dell'uomo e sull'ambiente. Le risorse e il loro utilizzo vengono quantificati e analizzati attraverso due punti di vista: fisico ed economico. Per questo vengono indicate due tipologie di indicatori, per un totale di 15 indicatori: a) Indicatori per quantificare le risorse in base a un'unità fisica, b) Indicatori per misurare l'efficienza del livello di conversione delle risorse in prodotti destinati al mercato. Gli indicatori possono essere utilizzati per diversi settori: utilizzo dei materiali, consumo del suolo, consumo idrico, consumo energetico e livelli di emissioni (tabella 4.3).

Tabella 4.3 Gli indicatori dell'economia circolare IRP del rapporto "Resource Efficiency: Potential and Economic Implications" del 2016.

Categoria di indicatore	**Indicatore**	**Descrizione dell'indicatore**
Analisi di Flusso di Materiale	Prelievo domestico	Peso fisico delle materie prime (escluse acqua e aria) prelevate dall'ambiente naturale per l'uso in economia
	Importazioni materiali	Importazioni misurate in peso fisico
	Esportazioni materiali	Esportazioni misurate in peso fisico
	Input diretto del materiale	Numero di materiale in entrata per l'uso nell'economia. Si può calcolare come la somma tra prelievi domestici e importazioni materiali
	Consumo domestico di materiale	Materiale utilizzato in un'economia. Si può calcolare sommando l'indicatore di ingresso diretto dei materiali a cui si tolgono le esportazioni materiali
Materie Prime Equivalenti	Importazioni di materie prime equivalenti	Quantità di materie prime importate necessarie all'economia

	Esportazioni di materie prime equivalenti	Quantità di materie prime esportate utili a produrre beni
	Input di materie prime	Quantità di materie prime necessaria per produrre i beni che sono disponibili per l'utilizzo nella produzione e consumo dell'economia
	Consumo di materie prime	Quantità totale di materie prime necessarie per produrre beni utilizzati dall'economia
Utilizzo delle Risorse Naturali	Efficienza tecnica	Misura in cui le materie prime in entrata sono trasformate in un prodotto utilizzabile
	Produttività delle risorse	Relazione tra un output misurato in termini economici e l'input da cui deriva
	Intensità delle risorse	Rapporto tra input e output misurato in termini economici
	Intensità delle emissioni	Relazione tra quantità di emissioni e risorse (in entrata o in uscita)
	Efficienza delle risorse	Comprende diversi concetti: 1. L'efficienza tecnica dell'uso delle risorse 2. La produttività delle risorse, o la misura in cui il valore economico è conferito a determinate risorse 3. L'impatto sull'ambiente dell'estrazione dei materiali
	Efficienza economica	Mostra la relazione tra valori economici, misurati in termini monetari, sia di input che di output

- Iniziative internazionali non istituzionali

Tra le iniziative non istituzionali, la *Circle Economy*[2] incentiva e sostiene sia il settore privato che quello pubblico e governativo nel superamento delle sfide nella transizione da economia lineare a economia circolare, stilando il rapporto sul divario di circolarità (*Circularity Gap Report*). Il rapporto fotografa la situazione dell'economia circolare a livello mondiale attraverso un solo indicatore – il *Global Circularity Metric (GCM)* - per calcolare la circolarità complessiva del sistema di riferimento, computato come il rapporto tra

[2] La Circle Economy è un'organizzazione di impatto globale fondata nel 2011 che aiuta le aziende e le città a comprendere il loro attuale stato di circolarità. Attraverso il Circle City Scan le città vengono guidate da un'economia lineare a un'economia circolare, utilizzando i dati per informare il processo decisionale multi-stakeholder per accelerare la transizione (sito web: https://www.circle-economy.com).

materia prima non vergine e materia prima totale utilizzata in un anno. Tale valore percentuale indica quanto del totale delle materie prime usate in un anno provengono dall'utilizzo di residui o materiali incorporati in prodotti già esistenti e riciclati/reimmessi nelle catene produttive. Nel 2022, anno dell'ultimo report disponibile, tale indicatore mondiale misura solo l'8,6%.

Il *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*, un'organizzazione mondiale guidata da CEO di oltre 200 aziende internazionali, ha proposto, attraverso un lavoro congiunto di 30 aziende che si sono riunite attraverso il progetto Factor10 del WBCSD, un set di Indicatori di Transizione Circolare (*CTI – Circular Transition Indicators*). Tale quadro è un insieme di metriche quantitative per misurare in modo coerente le performance di circolarità delle aziende e comprendere i rischi lineari e le opportunità circolari ad essi associati. Sviluppata dalle aziende per le aziende, la metodologia è semplice ed esaustiva e rappresenta un supporto complementare agli altri strumenti di sostenibilità già utilizzati dalle aziende. Gli Indicatori di Transizione Circolare, oltre a rappresentare uno strumento utile per la misurazione e il monitoraggio del livello di circolarità delle aziende, forniscono informazioni significative per la gestione degli aspetti legati alla circolarità e per i processi decisionali. Il framework si focalizza principalmente sulla massa circolare e lineare che passa attraverso l'azienda, in cui la progettazione, l'approvvigionamento e i modelli di recupero sono leve cruciali per determinare il livello di performance di un'impresa. Il CTI fornisce un set di indicatori organizzato in tre moduli: a) chiudere il ciclo, b) ottimizzare il ciclo, c) valorizzare il ciclo. Nella Tabella 4.5 sono riportati gli indicatori del WBCSD.

Tabella 4.5 Gli indicatori del WBCSD, 2021.

Chiudere il ciclo	Ottimizzare il ciclo	Valorizzare il ciclo
Il primo modulo calcola l'efficacia dell'azienda nella chiusura del ciclo dei suoi flussi di materiali. La performance di un'azienda nel chiudere il ciclo è	Il secondo modulo fornisce approfondimenti sull'efficienza nell'uso delle risorse. La % di materiali critici in entrata evidenzia la quota di flusso	Il terzo modulo illustra il valore aggiunto di business dei flussi circolari di materiali di un'azienda. La produttività dei materiali circolari

espressa nella % di circolarità, ovvero la media ponderata tra la % di flusso circolare in entrata e la % di flusso circolare in uscita. La % di flusso circolare in entrata è determinata dalla % di contenuto non vergine e dalla % di contenuto rinnovabile (vale a dire proveniente da fonti biologiche coltivate in modo sostenibile). La % di flusso circolare in uscita è determinata dalla % di recupero potenziale (che si focalizza sulla progettazione) e dal recupero effettivo.	in entrata di materiali considerati critici. Le aziende possono fare riferimento a liste interne di materiali critici o a liste pubbliche esistenti come quelle redatte dalla Commissione Europea o dall'United States Geological Survey. L'indicatore permette alle aziende di valutare il livello di rischio di specifici flussi di materiali e di prioritizzarli di conseguenza. L'altro indicatore del modulo Ottimizzare il ciclo, ovvero la % di tipologia di recupero, si concentra su come l'azienda recupera i flussi in uscita e li rimette in circolo nella catena del valore. I risultati forniscono una suddivisione del flusso in uscita recuperato secondo le seguenti tipologie di recupero: riutilizzo/riparazione, rinnovo, rigenerazione, riciclo o biodegradazione.	mostra quanto un'azienda è efficace nel separare la performance finanziaria dal consumo lineare delle risorse. Le aziende possono calcolare la produttività dei materiali circolari dividendo i ricavi generati per la massa del flusso in entrata lineare.

Indicatori	*Indicatori*	*Indicatori*
% di circolarità, ovvero la media ponderata di: % di flusso circolare in entrata e % di flusso circolare in uscita; **% di circolarità dell'acqua**: % di flusso circolare dell'acqua in entrata e % di flusso circolare dell'acqua in uscita; **% di energia rinnovabile**.	**% di materiali critici in entrata**: massa del flusso in entrata definito come critico/massa totale di flusso lineare in entrata x 100%. **% di tipologia di recupero:** Il tool CTI online genera automaticamente la ripartizione sulla base dei dati inseriti nel modulo Chiudere il ciclo.	**Produttività dei materiali circolari:** ricavi/massa totale del flusso lineare in entrata. **Ricavi CTI:** (% di flusso circolare in entrata + % di flusso circolare in uscita)/2 X revenue.

Un'altra iniziativa promotrice di un quadro valutativo per misurare il livello di circolarità delle aziende è realizzata dalla Fondazione Ellen MacArthur, creata nel 2010, è una delle principali organizzazioni nate allo scopo di accelerare il passaggio dall'economia lineare a quella circolare, sfruttando l'innovazione per creare un'economia positiva e rigenerativa. Assieme a Granta Design, un'azienda di software ingegneristici, ha creato il progetto *"Circularity Indicators"* che ha permesso di fare importanti progressi nella misurazione della circolarità di un'impresa. In particolare, è stato ideato e proposto un indicatore aggregato per la circolarità, il *Material Circularity Indicator (MCI)*. La mancanza di indicatori standard per valutare la transizione verso l'Economia Circolare ha spinto la Fondazione Ellen MacArthur a dar vita al progetto di individuazione di indicatori di circolarità a supporto del sistema imprenditoriale.

Il lavoro è il frutto di un progetto LIFE+ cofinanziato dall'Unione Europea durato dal 2013 al 2015.

L'MCI è un indicatore composito calcolato utilizzando 10 indicatori, divisi in due categorie (tabella 4.6):

- i primi analizzano in modo puntuale e diretto la circolarità dell'impresa o prodotto e formano quello che è chiamato Indicatore della Circolarità del Materiale;

- i secondi non hanno come obiettivo misurare direttamente la circolarità, ma possono influenzarne il trend in positivo o in negativo. Si dividono in indicatori di rischio o di impatto e possono essere utilizzati dalle imprese per adeguare i loro processi.

Tabella 4.6 Indicatori della Ellen MacArthur Foundation, 2015.

Indicatore composito della Circolarità del Materiale (MCI)	
Materia Prima Vergine	Percentuale di materia prima vergine e riciclata di un prodotto
Scarti non recuperabili	Percentuale di scarti che vengono riutilizzati, riciclati, inceneriti o messi in discarica.
Indice di Flusso Lineare	Percentuale di materiale che ha un andamento lineare nel processo (materiale vergine in entrata, scarti non riciclabili in uscita).
Indice di Utilizzo	Vita utile del prodotto sia da un punto di vista di tempo che di intensità di utilizzo.
Indicatori Integrativi di Impatto	
Consumo di Energia e livelli di CO_2	Definisce l'impatto della circolarità sul consumo di energia e emissioni di CO_2.
Consumo d'acqua	Definisce l'impatto della circolarità sul consumo di acqua.
Indicatori Integrativi di Rischio	
Rischio di Prezzo	Identifica il rischio di volatilità e variazioni del prezzo delle materie prime.
Rischio di Fornitura	Probabilità che termini la fornitura di materia prima. Strettamente legato al rischio geopolitico del paese di provenienza.
Fattore di Scarsità	Rischio che la fornitura di materia prima si interrotta per scarsità della stessa.
Rischio Legislativo	Rischio che materiali utilizzati nella produzione siano soggetti a particolari restrizioni dovute alle loro proprietà.

La EMF, inoltre, ha lanciato il 16 gennaio 2020 Circulytics, lo strumento di misurazione della circolarità più completo a disposizione, reso possibile grazie al contributo delle

imprese che fanno parte di Circular Economy 100 (CE100) e messo a punto e testato da 30 aziende del Network, tra cui le italiane Enel, Hera Group e Lucart. Andando oltre la valutazione dei prodotti e dei flussi di materiali, questo strumento di misurazione gratuito a livello aziendale rivela la misura in cui un'azienda ha raggiunto la circolarità in tutte le sue operazioni.

- *Iniziative istituzionali dell'Unione Europea*

Su scala europea, l'EUROSTAT e l'Agenzia Europea per l'Ambiente hanno iniziato negli ultimi anni a raggruppare le informazioni rilevanti all'efficienza ed alla circolarità nell'uso delle risorse nel *Resource Efficiency Scoreboard*[3] nell'ambito della *Roadmap* per una "*Resource Efficient Europe*"[4] e nel set di Indicatori Ambientali creato per il monitoraggio del 8° Piano di Azione Ambientale[5].

Il *Resource Efficiency Scoreboard* propone un quadro di valutazione contenente 32 indicatori composto da un indicatore generale chiamato "Produttività delle risorse"; un secondo gruppo di indicatori relativi ad: acqua, suolo, materiali e carbonio; un terzo gruppo

[3] La pubblicazione "Quadro di valutazione dell'efficienza delle risorse dell'UE 2015 (Resource Efficiency Scoreboard)" è la seconda relazione analitica completa che valuta i progressi verso un'UE efficiente nell'uso delle risorse. Gli indicatori del quadro di valutazione dell'efficienza delle risorse dell'UE illustrano i progressi verso una maggiore efficienza delle risorse dei singoli Stati membri e dell'Unione europea nel suo insieme. Pubblicato da Eurostat dal dicembre 2013, viene regolarmente aggiornato sulla base dei migliori indicatori disponibili e delle statistiche più recenti di Eurostat, dell'Agenzia europea dell'ambiente e di altre fonti riconosciute a livello internazionale.
Sito web:(https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/targets_indicators/scoreboard/index_en.htm)

[4] La Roadmap to Resource Efficient Europe (COM(2011) 571) illustra come è possibile trasformare l'economia europea in un'economia sostenibile entro il 2050. Propone modi per aumentare la produttività delle risorse e dissociare la crescita economica dall'uso delle risorse e dal suo impatto ambientale. Fa parte dell'iniziativa faro per l'efficienza delle risorse della strategia Europa 2020 che è la strategia di crescita dell'Unione europea per il prossimo decennio e mira a creare un'economia intelligente, sostenibile e inclusiva con alti livelli di occupazione, produttività e coesione sociale.
Sito web: (https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm).

[5] L'ottavo Piano di Azione Ambientale è entrato in vigore il 2 maggio 2022 e prevede l'obbligo per la Commissione Europea di presentare un quadro di monitoraggio basato su un numero limitato di indicatori chiave comprendenti, ove disponibili, indicatori sistemici sulle considerazioni strategiche riguardanti il nesso ambiente-società e ambiente-economia, rispettivamente. L'ottavo programma d'azione per l'ambiente mira ad accelerare la transizione verde in modo equo e inclusivo, con l'obiettivo a lungo termine per il 2050 di "vivere bene entro i limiti del nostro pianeta", già sancito nel settimo programma (2014-2020). Da oltre 40 anni questi programmi d'azione forniscono all'UE quadri strategici che producono risultati e garantiscono un'azione prevedibile e coordinata per la politica europea in materia di ambiente e cambiamenti climatici.
Sito web:(https://italy.representation.ec.europa.eu/notizie-ed-eventi/notizie/ottavo-programma-dazione-lambiente-lue-misurera-i-progressi-degli-obiettivi-ambientali-e-climatici-2022-07-27_it)

di indicatori specifici per misurare i progressi degli obiettivi principali e l'efficacia delle azioni messe in pratica: da rifiuto a risorsa, R&D, tassazione, biodiversità, aria pulita, condizioni suolo, apporto calorico, consumo famiglie, mobilità.

Il *Raw Materials Scoreboard* è stato prodotto per la prima volta nel 2016 ed è un quadro di indicatori che si concentra in particolar modo sul settore estrattivo e minerario. È organizzato in cinque categorie: materie prime nel contesto globale; competitività ed innovazione; contesto del settore estrattivo; economia circolare e riciclaggio; sostenibilità sociale ed ambientale. L'interesse dell'Unione Europea nel monitoraggio di questi indicatori deriva dall'importanza strategica del settore per raggiungere gli obiettivi identificati dalle politiche ambientali e climatiche.

La Commissione Europea, nel rispetto degli impegni assunti con l'adozione del Piano d'Azione per l'Economia Circolare 2017, oggi aggiornato con il nuovo piano 2020 (COM (2020) 98 final)[6] ha redatto una serie di indicatori per misurare le performance di "circolarità" dei 27 paesi europei. Nel gennaio del 2018 ha adottato il "Quadro di monitoraggio per l'economia circolare" per fornire uno strumento che misura i progressi per la realizzazione dell'economia circolare nell'UE e nei suoi membri stati (figura 4.1, pag. successiva). Questo strumento si compone di 10 indicatori chiave e 23 indicatori secondari classificati in quattro aree tematiche (tabella 4.7, pag. 115):

(1) Produzione e consumo;

(2) Gestione dei rifiuti;

(3) Materie prime secondarie;

(4) Competitività e innovazione.

[6] Il Piano d'Azione per l'Economia Circolare 2020 stabilisce un programma orientato al futuro per costruire un'Europa più pulita e competitiva in co-creazione con gli operatori economici, i consumatori, i cittadini e le organizzazioni della società civile. Mira ad accelerare il profondo cambiamento richiesto dal Green Deal europeo, sulla base delle azioni in materia di economia circolare attuate dal sin dal 2015.

Figura 4.1 Il quadro di monitoraggio per l'economia circolare della Commissione Europea, 2018. Fonte: COM(2020) 98 final.

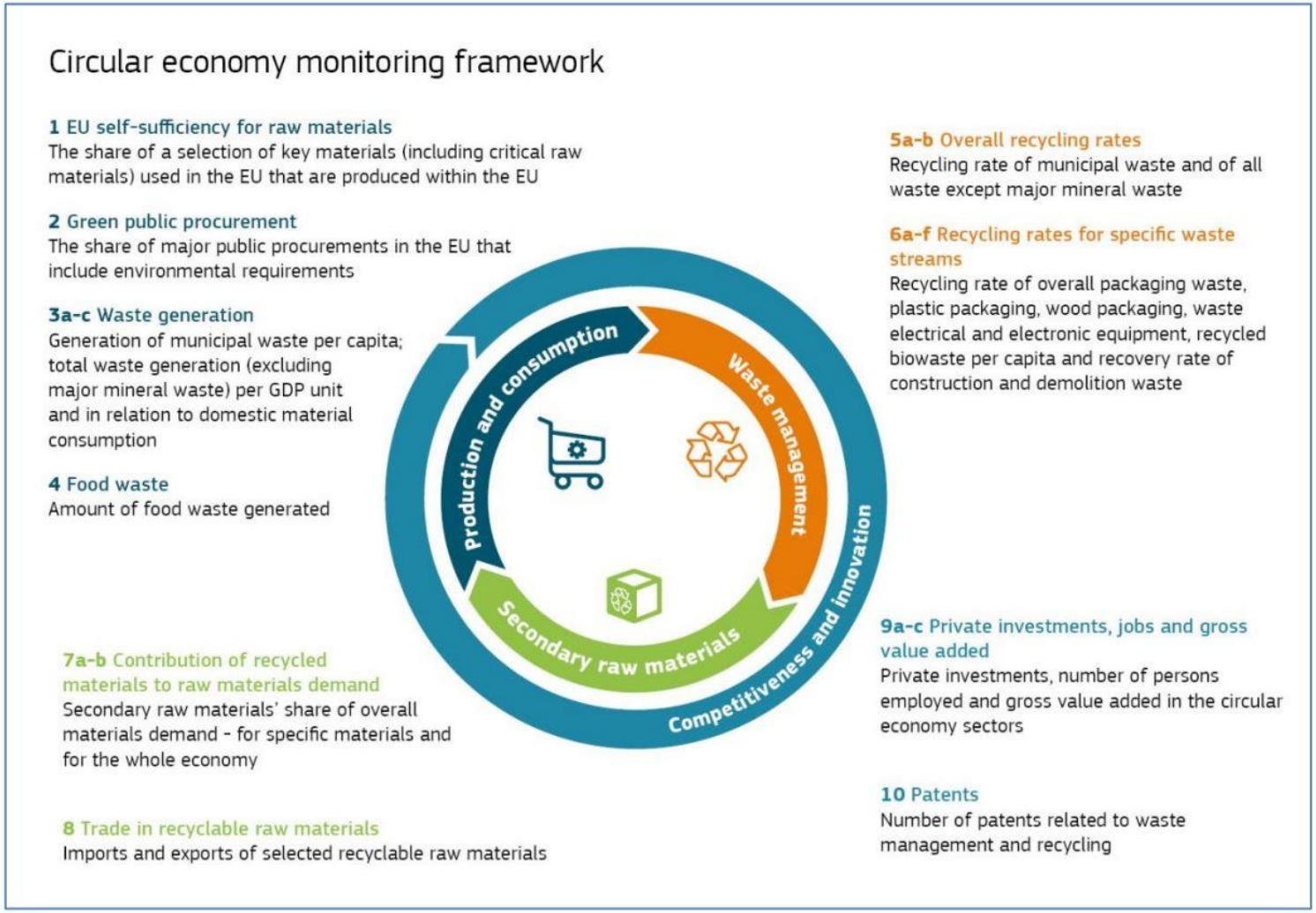


Tabella 4.7 Gli indicatori del quadro di monitoraggio per l'economia circolare (adattato da Commissione Europea, 2018).

Area tematica	Indicatori	Descrizione
Produzione e consumo	Autosufficienza UE per le materie prime	La quota di materie prima di estrema importanza (incluse quelle critiche) usate in UE e prodotte all'interno della stessa.
	Appalti pubblici verdi	Percentuale di appalti pubblici che richiede il soddisfacimento di requisiti ambientali minimi.
	Produzione di rifiuti	Generazione di rifiuti urbani pro capite; generazione totale di rifiuti (esclusi i principali rifiuti dei minerali) su unità di PIL e in relazione con il consumo domestico di materiale.
	Rifiuti alimentari	Quantità di rifiuti alimentari prodotti.
Gestione Rifiuti	Livello di riciclo totale	Grado di riciclo dei rifiuti ad esclusione dei principali residui dei minerali.
	Livello di riciclo per specifici flussi di rifiuti	Grado di riciclo di tutti gli imballaggi, degli imballaggi in legno, degli imballaggi in plastica, dei rifiuti da apparecchiature elettrice ed elettroniche, rifiuti organici riciclati pro capite e grado di recupero dei rifiuti da costruzione e demolizione.
Materie Prime Secondarie	Apporto della materia prima riciclata alla domanda di materia prima	Quota di materia prima seconda sulla domanda totale di materia prima, sia per materiali specifici che per l'economia in generale.
	Scambi di materia prima riciclabile	Importazioni ed esportazioni di materia prima riciclabile.

Competitività e Innovazione	Investimenti privati, posti di lavoro e valore aggiunto lordo	Quota di investimenti privati, numero di persone occupate e valore aggiunto lordo nei settori dell'economia circolare.
	Brevetti	Numero di brevetti legati alla gestione dei rifiuti e al riciclo.

Lo studio effettuato da Henryson et al. (2022) esamina il quadro di monitoraggio dell'economia circolare dell'UE come strumento applicabile alle aree urbane facendo emergere alcune criticità dello strumento nel reperimento dei dati e proponendone una modifica/integrazione di alcuni indicatori per una migliore applicabilità a livello di città. Nel quadro modificato, due indicatori sono stati sostituiti ed è stato incluso un indicatore aggiuntivo. L'indicatore "appalti pubblici verdi", attualmente in fase di sviluppo, è stato sostituito dall'indicatore economia circolare per criteri di prevenzione dei rifiuti. Si tratta di un indicatore qualitativo (Sì/No). Nel caso in cui un comune abbia stabilito dei criteri, questo indicatore qualitativo potrebbe essere sostituito da uno quantitativo che misuri la quota di appalti pubblici che include criteri di EC per la prevenzione dei rifiuti, a condizione che il comune raccolga i dati necessari. Tuttavia, poiché la maggior parte dei comuni non ha ancora stabilito questi criteri, un indicatore qualitativo come quello suggerito in questo studio può fornire informazioni utili. L'indicatore "rifiuti alimentari" è stato sostituito dall'indicatore "generazione di rifiuti alimentari pro capite(kg/capite)" per monitorare il flusso di rifiuti, attualmente monitorato solo a livello dell'UE. Questo indicatore misura lo spreco alimentare di famiglie, cucine commerciali, negozi di alimentari e attività simili. l'indicatore "rifiuti alimentari trattati biologicamente, compreso il compostaggio domestico (%)", è stato aggiunto all'area tematica Gestione dei rifiuti. Questo indicatore misura la percentuale di rifiuti alimentari sottoposti a trattamento biologico (es. digestione anaerobica, compostaggio).

- *Iniziative istituzionali nazionali*

A livello nazionale, poiché le esperienze del BES[7] o del set di indicatori del Sistema Nazionale per la Protezione Ambientale[8] non riescono a misurare tutti gli aspetti multi-dimensionali della "circolarità" connessi alle nuove modalità organizzative imprenditoriali, al flusso di risorse e ai nuovi modelli di business, il MATTM (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) e il MISE (Ministero dello Sviluppo Economico), con il supporto tecnico e scientifico dell'ENEA (Energia Nucleare Energie Alternative), hanno costituito nel 2018 un "Tavolo di Lavoro" tecnico con l'obiettivo di individuare indicatori adeguati al contesto italiano per misurare e monitorare la circolarità dell'economia e l'uso efficiente delle risorse a livello macro, meso e micro.

Il Tavolo di Lavoro tecnico ha individuato e monitorato indicatori nei seguenti tre livelli di riferimento relativamente alla loro applicabilità:

- Livello macro: sistema Paese;
- Livello meso: aree industriali, filiere produttive e dei materiali, territori, regioni, distretti industriali, aree metropolitane, etc.;
- Livello micro: singola impresa, singola unità amministrativa.

Gli indicatori presentano una suddivisione nei seguenti gruppi principali:

1. Input. Materie prime, materie prime seconde, materiali da riciclo permanente, materiali che sono soggetti ad una degradazione lungo i vari cicli di riciclo (ad es. plastiche), sottoprodotti, progettazione, produzione e distribuzione. Questo pilastro si riferisce a tutti gli aspetti relativi all'utilizzo di input provenienti da fonti non rinnovabili, da fonti rinnovabili o da materiali di riuso/riciclo che consentano di minimizzare lo sfruttamento di risorse vergini.
2. Prodotto come servizio. Tale soluzione rappresenta un modello di business per cui il cliente non paga per possedere un prodotto, ma per l'accesso al suo utilizzo,

[7] Il progetto BES nasce nel 2010 per misurare il Benessere equo e sostenibile, con l'obiettivo di valutare il progresso della società non soltanto dal punto di vista economico, ma anche sociale e ambientale. A tal fine, i tradizionali indicatori economici, primo fra tutti il Pil, sono stati integrati con misure sulla qualità della vita delle persone e sull'ambiente.

[8] Nel Programma triennale 2014-2016 il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) ha istituito un Gruppo di lavoro, coordinato da ISPRA, volto alla realizzazione di un lavoro di comparazione e di confronto metodologico di tutti gli indicatori usati dal Sistema (ISPRA-ARPA/APPA), al fine di creare un core set di indicatori per descrivere lo stato dell'ambiente.

rappresentando una rilevante opportunità di innovazione e di riduzione dell'impatto ambientale;

3. Condivisione/affitto/noleggio, uso e consumo. La condivisione di un bene tra più utilizzatori è un'opportunità di riduzione dei costi di accesso a prodotti e servizi, un'occasione di interazione e coesione sociale attraverso l'utilizzo di piattaforme, ma anche una soluzione per aumentare l'utilizzo dei beni e, quindi, di ridurre il numero di prodotti necessari;

4. Estensione vita utile, riutilizzo e riparazione. Si tratta di azioni volte ad estendere il periodo di vita utile del prodotto attraverso specifiche e mirate azioni di manutenzione, progettazione modulare, che ne consenta una facile riparazione/sostituzione dei componenti, possibilità di ricondizionare e riutilizzare il bene a fine vita, anche in ambiti diversi;

5. Output. Riutilizzo, sottoprodotti, gestione dei rifiuti con particolare riferimento alla preparazione per il riutilizzo, al recupero e riciclaggio, trasformazione degli *end of waste* in prodotti. Questo tema è inerente la gestione del fine vita dei prodotti e dei sottoprodotti, al fine di limitare la generazione di rifiuti, massimizzando le possibilità di riutilizzo e riciclo.

Per ciascun ambito di analisi (macro, meso e micro) e per ciascuna fase sono stati individuati gli indicatori, per ognuno dei quali è stata evidenziata la tipologia di misurazione a cui si riferiscono:

- Circolarità delle risorse: indicatori che misurano le quantità di risorse, espresse come massa o rapporto tra masse (es. tonnellate, %), volume (es. litri), energia (es. kWh), ecc.;
- Circolarità economica: indicatori che misurano un valore monetario delle risorse, anche eventualmente in rapporto a indicatori di massa (es. euro, euro/t, ecc.).

Il progetto "*Circular Economy Network*" è stato avviato dalla Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, quale strumento capace di sostenere e promuovere lo sviluppo dell'Economia Circolare in Italia. Il lavoro del *Circular Economy Network* si basa su alcuni assi principali:

- Promuovere, raccogliere e divulgare studi, ricerche ed elaborazioni sull'economia circolare;
- Definire gli indicatori chiave di circolarità e analizzare le performance nazionali;
- Effettuare la ricognizione delle principali criticità e delle barriere da rimuovere, indicando le possibili soluzioni;

- Elaborare strategie, policy e misure da proporre ai decisori politici, favorendo una positiva interlocuzione tra il mondo delle imprese e le istituzioni;
- Valorizzare e contribuire alla diffusione delle buone pratiche e delle migliori tecniche;

I promotori del *Network* sono imprese e organizzazioni che rappresentano realtà importanti in settori diversi dell'economia italiana e che collaborano con la Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile per definire obiettivi e strategie per lo sviluppo dell'Economia Circolare in Italia, contribuiscono a coordinare i lavori del *Network* e a dare attuazione al programma di lavoro.

Il *Network* realizza annualmente, in collaborazione con ENEA, un Rapporto sull'Economia Circolare in Italia. L'edizione del 2022 del Rapporto (ultimo report disponibile) non rilascia dati incoraggianti sul raggiungimento dell'obiettivo del disaccoppiamento tra crescita e consumo di risorse che in Italia non è stato raggiunto. Nonostante questo, l'Italia rimane un passo avanti rispetto ai suoi competitor europei: è al primo posto, assieme alla Francia, nella classifica delle 5 principali economie europee. La classifica dei trend di circolarità complessiva di circolarità nelle principali cinque economie dell'Unione europea è basata su 7 indicatori: il tasso di riciclo complessivo dei rifiuti, urbani e speciali; il tasso di utilizzo di materia proveniente dal riciclo; la produttività delle risorse; il rapporto fra la produzione dei rifiuti e il consumo di materiali; la quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo totale lordo di energia; la riparazione; il consumo di suolo. L'Italia e la Francia sono i Paesi che fanno registrare le migliori performance di circolarità, totalizzando 19 punti ciascuno. In seconda posizione, staccata di tre punti, si attesta la Spagna con 16 punti. Decisamente più contenuto è l'indice di performance di circolarità della Polonia e della Germania che ottengono, rispettivamente 12 e 11 punti.

Nel 2022 il tasso di utilizzo circolare della materia nell'Unione Europea è stato pari al 12,8%: l'Italia è arrivata al 21,6%. In Tabella 4.8 (pag. successiva) alcuni dati relativi agli indicatori di economia circolare italiani paragonati alla media europea.

Tabella 4.8 Indicatori di economia circolare del Rapporto sull'Economia Circolare in Italia, Circular Economy Network 2022.

Quota di riciclo complessiva	Tasso di uso circolare di materia	Per ogni kg di risorsa consumata	Consumo pro capite di materiali
68%	21,6%	3,5 € di PIL	7,5 t
media europea: 35%	media europea: 12,8%	media europea: 2,1 €	media europea: 13,5 t

4.3 Gli indicatori per la progettazione e il monitoraggio della circolarità nelle città

Le città giocano un ruolo determinante nell'economia globale, basti pensare al fatto che oltre la metà della popolazione globale vive nelle aree urbane e che quest'ultime rappresentano l'85% circa della produzione del prodotto interno lordo. Inoltre, le città sono responsabili del 75% di consumo di risorse naturali, producono il 50% dei rifiuti globali e contribuiscono alle emissioni di gas climalteranti in percentuali importanti, tra il 60% e l'80% del totale delle emissioni prodotte. Le città possono e devono ambire oggi non solo a ridurre i propri impatti negativi sugli ecosistemi, ma a diventare veri e propri luoghi di trasformazione e innovazione. Nuove soluzioni devono pertanto mirare a ridurre il consumo di risorse attraverso un loro uso più efficiente. In questa ottica, le pratiche di economia circolare moltiplicano la produttività delle risorse estratte, minimizzando allo stesso tempo le esternalità negative generate (CESISP, 2020). Tuttavia, manca una metrica standardizzata per il monitoraggio dell'economia circolare nelle aree urbane (Henryson et al., 2022). Negli ultimi anni, l'implementazione di quadri di riferimento basati su indicatori per la valutazione e il supporto decisionale orientato alla EC a livello cittadino è stata limitata e molto eterogenea, mostrando una mancanza di standardizzazione. Oltre a non essere particolarmente diffusi, diversi quadri di riferimento non incorporano pienamente il concetto e i principi su cui si basa l'EC (Papageorgiou et al., 2021).
Nella Tabella 4.9 sono riassunti gli studi analizzati in riferimento ai framework di valutazione dell'economia circolare in ambito urbano. Le fonti includono report di città circolari, documenti ufficiali europei, progetti di ricerca, articoli scientifici.

Tabella 4.9 I framework degli indicatori per il monitoraggio delle città circolari analizzati.

N.	Acronimo	Framework	Fonte
		Iniziative europee e progetti di ricerca	
1	UAFEU	Urban Agenda for the EU – Partnership on Circular Economy	European Commission, 2019
2	ISC	Indicators for Sustainable Cities	European Commission, 2018

3	CIRCTER	Circular Economy and Territorial Consequences	ESPON 2020 Cooperation Programme
4	CITYkeys	CITYkeys indicators for smart city projects and smart cities	European Union's Horizon 2020
5	SCREEN	Synergic Circular Economy across European Regions	European Union's Horizon 2020
6	R2π	Transition from Linear to Circular	European Union's Horizon 2020
7	REFLOW	Co-creating circular and regenerative resource flows in cities	European Union's Horizon 2020
8	SCECR	Inventory of Circular Economy Indicators, Survey on the Circular Economy in Cities and Regions	OECD, 2020
		Reports di città circolari	
9	CCI	Circularity City Index	Enel X, 2021
10	ICU	Indice di Circolarità Urbana	CESISP, 2020
11	LCI	London Circularity Indicators	LWARB, 2018
12	CECI	Circular Economy City Indicators, Brussels	BRCPE, 2016
13	CCST	Circle City Scan Tool, Amsterdam	Circle Economy, 2016
14	CEMIC	Circular Economy Maturity Index for Cities	CityCircle, 2021
		Letteratura scientifica	
15	CCAF	The Circular City Analysis Framework	Cavaleiro de Ferreira & Fuso-Nerini, 2019
16	EISCE	Evaluation Indicator System for Circular Economy	Avdiushchenko & Zając, 2019
17	UCDI	Urban Circular Development Index	Wang et al., 2018
18	IMECC	Moving Towards the Circular Economy/City Model	Fusco Girard & Nocca, 2019
19	CCAF	Circular City Assessment Framework	Gravagnuolo et al., 2019

- *Iniziative europee e progetti di ricerca*

L'Agenda Urbana e del Partenariato sull'Economia Circolare[9] (*Urban Agenda for the EU – Partnership on Circular Economy*) presentata dalla Commissione Europea nel 2019 è un documento di analisi e mappatura degli indicatori per la transizione all'economia circolare nelle città (*Indicators for circular economy (CE) transition in cities - Issues and mapping paper*, Versione 4, 2019). Gli indicatori proposti dalla Commissione sono una rielaborazione degli indicatori chiave proposti nel "Quadro di monitoraggio per l'economia circolare" e hanno l'obiettivo di aiutare gli Stati Membri a sviluppare una strategia per l'economia circolare e a riferire i progressi complessivi della transizione verso l'economia circolare nell'UE, a livello di città. In questo framework gli indicatori sono classificati in tre tipologie:

- Indicatori di processo, che sono legati alle attività svolte dalle città in relazione al sostegno della transizione verso un'economia circolare. Ad esempio, le campagne di comunicazione per aumentare il riciclo/riparazione/riutilizzo dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).
- Indicatori di risultato, che sono collegati ad alcuni cambiamenti positivi relativi a diversi elementi della EC. Ad esempio, l'aumento del tasso di riciclaggio dei RAEE.
- Indicatori di contesto, che aiutano a contestualizzare (cioè a mettere in prospettiva) i cambiamenti nella EC. Ad esempio, l'indicatore "quantità annuale di rifiuti solidi" aiuterebbe a comprendere le tendenze generali dei rifiuti.

Gli indicatori sono organizzati in 4 aree tematiche e 9 categorie per un totale di 31 indicatori. Nella tabella 4.10 si riportano le aree tematiche e le categorie sviluppate dalla ricerca.

[9] L'Agenda urbana per l'UE è stata lanciata nel maggio 2016 con il Patto di Amsterdam. Essa promuove la cooperazione tra Stati membri, Commissione europea e altre parti interessate al fine di stimolare la crescita, la vivibilità e l'innovazione nelle città europee e di individuare e affrontare con successo le sfide sociali. Il Partenariato sull'economia circolare è uno degli attuali 12 Partenariati, istituito nel gennaio 2017 per una durata di 3 anni. È coordinato dalla città di Oslo, Norvegia.

Tabella 4.10 Indicators for circular economy (CE) transition in cities, Urban Agenda for the EU – Partnership on Circular Economy.

Area tematica	**Categoria**
Produzione e consumo	Autosufficienza per le materie prime
	Appalti pubblici verdi
	Produzione di rifiuti
	Produzione di rifiuti alimentari
Gestione dei rifiuti	Tassi complessivi di riciclo
	Tassi di riciclo per flussi di rifiuti specifici
Materie prime secondarie	Contributo dei materiali riciclati alla domanda di materie prime
Competitività e innovazione	Brevetti
	Investimenti privati, posti di lavoro e valore aggiunto lordo nelle attività dell'economia circolare

Un rapporto approfondito sugli Indicatori per le città sostenibili (*Indicators for Sustainable Cities*) è stato pubblicato nel 2015 e rivisto nel 2018 dalla Commissione europea. Rispetto al quadro generale di monitoraggio dell'economia circolare, questo rapporto si concentra specificamente sulle città, in particolare sulla dimensione ambientale della sostenibilità. Il rapporto chiarisce che gli indicatori di sostenibilità urbana sono strumenti che consentono di misurare l'impatto socioeconomico e ambientale degli attuali progetti urbani, ad esempio: infrastrutture, politiche, sistemi di smaltimento dei rifiuti, inquinamento e accesso ai servizi da parte dei cittadini. Tale rapporto fornisce le definizioni degli indicatori e i loro obiettivi, descrive i quadri degli indicatori e fa riferimento a vari strumenti utili, anche se gli indicatori fanno riferimento alla sostenibilità delle città e non prettamente all'economia circolare. Tuttavia, gli indicatori e i quadri di riferimento, mappati dal Rapporto di approfondimento, possono essere utili per definire in questa ricerca gli indicatori dell'economia circolare. Tra i quadri mappati ci sono: C*ity Blueprints, EEA Urban Metabolism Framework, European Green City Index, Reference Framework for Sustainable Cities, Urban Audit Reference Guide*. La maggior parte degli indicatori che possono essere dedotti da questi framework riguarda la produzione e la gestione dei rifiuti urbani.

Gli studi europei applicati sull'economia circolare nelle città e nelle regioni stanno crescendo in numero e frequenza.

Il progetto ESPON CIRCTER "*Circular Economy and Territorial Consequences*" (20017 - 2019) si propone di fornire informazioni sulla dimensione territoriale della transizione dell'economia circolare e di fornire prove sui modelli e sui flussi locali e regionali di materiali, comprese le risorse e i rifiuti. Il rapporto presenta 13 indicatori suddivisi in due categorie: (1) indicatori per l'input di materiali e (2) indicatori per i rifiuti. L'attenzione si concentra sul livello regionale e nazionale, ma è possibile che alcuni degli indicatori possano essere adattati al livello delle città.

CITYkeys "CITYkeys indicators for smart city projects and smart cities" (2015 - 2017) è un progetto europeo finanziato nell'ambito del programma Horizon 2020, che ha sviluppato e convalidato, con l'aiuto delle città pilota (Rotterdam, Tampere, Vienna, Zagabria e Saragozza), gli indicatori di performance chiave per il monitoraggio delle soluzioni smart city. I partner hanno sviluppato 73 indicatori di prestazione chiave per multiservizi digitali sostenibili, che in qualche misura possono essere utilizzati per la transizione all'economia circolare nelle città. Tra gli indicatori riconducibili all'economia circolare ci sono: educazione ambientale (% di scuole), uso dell'acqua grigia e piovana (% di abitazioni, case attrezzate per riutilizzare le acque grigie e piovane), tasso di riciclaggio (% per tonnellate di rifiuti solidi della città che vengono riciclati), rifiuti solidi urbani (t/cap/anno), quota di aziende certificate (% di aziende con sede in città in possesso di un certificato ISO 14001).

Il progetto SCREEN "*Synergic Circular Economy across European Regions*" (2016 - 2018) è stato finanziato nell'ambito del programma Horizon 2020. Il progetto ha sviluppato un approccio sistemico replicabile per la transizione verso l'economia circolare nelle regioni dell'UE nel contesto delle strategie di specializzazione intelligente (*Smart Specialization Strategies*). Il progetto ha portato allo sviluppo di 9 criteri di valutazione per i progetti di economia circolare basati sulle strategie di specializzazione intelligente ma alcuni degli indicatori possono essere adattati alle città.

Il progetto EU Horizon 2020 R2π "*Transition from Linear to Circular*" (2016 - 2019), incentrato sui modelli di business circolari, riconosce sei settori di implementazione: edilizia, elettronica, alimentare, plastica, tessile e acqua.

Il progetto europeo Horizon 2020 REFLOW *"constRuctive mEtabolic processes For materiaL flOWs in urban and peri-urban environments across Europe"* (2019 - 2022) mira a sviluppare città circolari e rigenerative consentendo il coinvolgimento attivo dei cittadini e il cambiamento sistemico per ripensare l'attuale approccio ai flussi materiali nelle città. Il progetto si basa sul concetto di "metabolismo urbano" che cerca di comprendere la città e la regione circostante attraverso la lente dei sistemi biologici e dei processi tecnici. Il progetto calcola e analizza l'utilizzo delle risorse urbane attraverso specifici indicatori sociali, ambientali ed economici al fine di valutare la relazione tra produzione e consumo urbano. Il progetto di ricerca presenta una serie di principi e di indicatori circolari che possono aiutare a guidare le città ad attuare la transizione verso un'economia circolare rigenerativa. I Principi Circolari servono a distillare gli obiettivi di un'economia circolare rigenerativa e a fornire una guida significativa per il suo perseguimento. Per ogni principio viene offerta una serie di KPI (*Key Performance Indicators*) in modo da rendere i progressi misurabili e quindi più realizzabili. I Principi Circolari sono 10 e sono organizzati in tre livelli:

- Scala 1: risorse urbane;
- Scala 2: ecosistema urbano;
- Scala 3: governance urbana.

I tre livelli sono rappresentati in cerchi concentrici che inglobano i livelli precedenti (figura 4.2, pag. successiva). Al fine di rendere misurabile il perseguimento dei principi, per ogni principio è stata prevista una serie di indicatori (tabella 4.11, pagg. 128-131).

Figura 4.2 Le tre dimensioni e i 10 Principi Circolari del progetto REFLOW (2020).

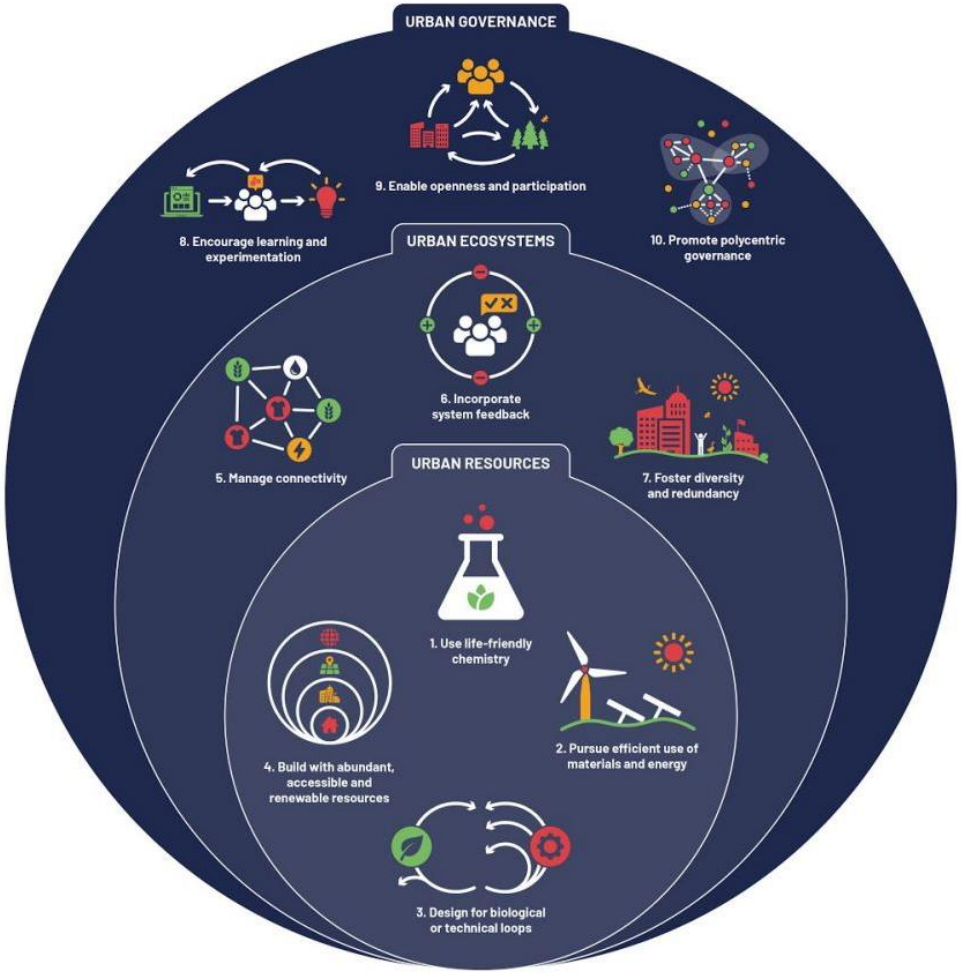


Tabella 4.11 I 10 Principi Circolari del progetto REFLOW e i rispettivi indicatori (2020).

Scala 1. Risorse urbane		
1. Utilizzare un processo chimico life-friendly	Un'economia circolare rigenerativa è quella in cui i materiali sono prodotti con processi chimici che sono "rispettosi della vita" (life-friendly), cioè che promuovono la salute dell'uomo e dell'ecosistema.	- Variazione dei contenuti tossici nei prodotti e nei processi di produzione; - Concentrazione di metalli pesanti e composti organici nei sistemi ambientali e nelle specie viventi; - Sicurezza e salute durante la produzione di sostanze chimiche; - Ecotossicità misurata attraverso il rendimento della massa efficace.
2. Perseguire un uso efficiente di materiali, energia e acqua	Per ridurre la pressione esercitata sugli ecosistemi naturali entro i confini planetari, vi è la necessità di migliorare l'efficienza nell'uso dei materiali, dell'energia e dell'acqua.	- Estensione della durata di vita; - Produttività delle risorse; - Produttività dell'acqua; - Riduzione del consumo energetico nel ciclo di vita; - Impronta ecologica.
3. Progettare per cicli biologici e tecnici	Tutti i materiali dovrebbero essere progettati per essere riciclati nella biosfera come nutrienti biologici, oppure essere riciclati all'interno di un circuito tecnico chiuso dai sistemi umani.	- Tasso di utilizzo circolare dei materiali; - Produzione di rifiuti solidi urbani totali pro capite; - Percentuale di rifiuti solidi urbani selezionati e riciclati; - Quantità di rifiuti organici riciclati pro capite.
4. Costruire con risorse abbondanti, accessibili e rinnovabili	I materiali e i prodotti dovrebbero essere progettati e consumati alla scala più efficace per il loro ciclo, all'interno di circuiti biologici o tecnici.	- Quantità di energia rinnovabile nel consumo finale lordo di energia; - Consumo di materie prime; - Fabbisogno totale di materiali; - Autosufficienza di materie prime per la produzione nell'UE;

		- Tasso di riciclo nazionale.
Scala 2. Ecosistema urbano		
5. Gestire la connettività	Il livello di connessione tra materiali, cibo, abbigliamento, abitazioni, acqua e sistemi energetici deve essere gestito per garantire che lo sviluppo di un'area non pregiudichi o comprometta un'altra.	- Prevalenza di insicurezza energetica, insicurezza idrica e alimentare; - Indicatori di eco-design; - Tasso di riciclo dei prodotti a fine vita; - Appalti pubblici verdi; - Tasso di deviazione come misura per il successo EPR
6. Incorporare il sistema di feedback	Per sviluppare un'economia circolare rigenerativa occorre comprendere e incorporare il sistema di feedback nel processo decisionale.	- Agilità della catena di approvvigionamento; - Collaborazione ambientale, - Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici; - Reports di sostenibilità; - Capacity-building per la disponibilità di dati attendibili.
7. Promuovere la diversità e la ridondanza	Una diversità di scale del ciclo delle risorse aumenta la capacità di adattamento e la resilienza di un'economia circolare. Anche la ridondanza del sistema aumenta l'economia circolare per adattarsi a un mondo che cambia, in cui una parte del sistema può compensare un guasto in un'altra parte.	- Quota di posti di lavoro nelle industrie ambientali; - Spese per ricerca e sviluppo nell'economia circolare in proporzione al PIL locale; - Accesso al sostegno per PMI orientate alla sostenibilità; - Indice di habitat della specie; - Presenza di diversi modelli finanziari per il settore culturale.

Scala 3. Governance urbana		
8. Incoraggiare l'apprendimento e la sperimentazione	Un'economia circolare rigenerativa deve essere sostenuta da apprendimento e sperimentazione continui.	- Integrazione dell'educazione ambientale; - Consapevolezza dei cittadini della natura urbana e dei servizi ecosistemici; - Nuove forme di finanziamento sostenibile; - Spesa delle autorità locali per la formazione professionale in pratiche di economia circolare; - Spesa per ricerca e sviluppo per l'economia circolare in proporzione al PIL locale.
9. Consentire l'apertura e la partecipazione	La partecipazione di una varietà di attori è importante per un'economia circolare rigenerativa.	- Coinvolgimento della comunità nella pianificazione e nelle fasi di attuazione; - Incremento della partecipazione dei gruppi vulnerabili; - Numero e diversità degli stakeholder; - Apertura a processi partecipativi; - Integrazione di principi di giustizia ambientale nelle decisioni politiche.
10. Promuovere una governance policentrica	I sistemi di governance dovrebbero essere annidati, consentendo la collaborazione tra livelli e scale diverse. La governance dovrebbe inoltre tenere conto dell'interattività dei regimi di governance, dal	- Percentuale di paesi con partecipazione diretta della società civile; - Politiche di apprendimento riguardanti politiche di adattamento e piani strategici; - Qualità dei meccanismi che assicurano l'inclusione, la

	livello locale a quello internazionale.	partecipazione, l'equità ed l'empowerment; - Percentuale di progetti in partnership con almeno altri due settori (privato, accademico, società civile); - Numero di progetti scientifici e/o tecnologici connessi alla sostenibilità e accordi di programma tra paesi, per tipo di cooperazione.

Il progetto concentra, inoltre, gli indicatori in 12 aree di impatto (materiali e risorse, energia, qualità dell'aria, impronta di carbonio, salute e benessere, equità e inclusività, comportamenti e lifestyles, partecipazione della comunità, governance, educazione e apprendimento, occupazione, policy). I KPI sono degli indicatori chiave per l'economia circolare validi per tutti i pilot che partecipano al progetto REFLOW. Tali indicatori vengono poi ridefiniti e calibrati da ogni singolo pilot per adattare i singoli indicatori alle attività specifiche di ogni Action Plan dei partner coinvolti.

L'OECD *Inventory of Circular Economy Indicators* ha raccolto 474 indicatori relativi all'economia circolare, tra il 2018 e il 2020. Gli indicatori raccolti appartengono a 29 studi sull'economia circolare di cui 8 applicati a livello nazionale, 8 a livello regionale e 11 a livello locale. Per quanto riguarda l'ambito geografico, la maggior parte degli indicatori proviene da fonti europee, ma l'inventario include anche fonti disponibili dal Nord e dal Sud America (Canada, Cile e Colombia). L'inventario OCSE raccoglie indicatori di input, processo e output utilizzati dai governi a diversi livelli, in particolare per monitorare e valutare i progressi delle strategie di economia circolare esistenti a livello della governance. Gli indicatori di economia circolare sono classificati in categorie, sottocategorie e in base al settore di appartenenza. Gli 11 settori sono i seguenti: aria; ambiente costruito; energia; cibo; pubblica amministrazione; risorse e materiali; riutilizzare, riparare, condividere; sciupare; acqua; non settoriale/economia circolare; e altro (agricoltura, cultura, foreste, industria, uso del suolo, mobilità, tessile e turismo). Per

quanto riguarda il livello delle città, l'OECD ha realizzato un'indagine condotta sull'economia circolare nelle città e nelle regioni (OCSE, 2020), intervistando 51 dipartimenti/organizzazioni/istituzioni di città europee e internazionali, di cui si riportano gli indicatori in Tabella 4.12.

Tabella 4.12 Gli indicatori di economia circolare dell'OECD (2020).

Tipo di indicatore	**Indicatori per la strategia dell'economia circolare nelle città: input, processo e output**
Processo	N. di pubbliche amministrazioni/dipartimenti coinvolti
Processo	N. di stakeholder coinvolti
Input	N. di azioni individuate per il raggiungimento degli obiettivi
Input	N. di progetti per realizzare le azioni
Processo	N. di progetti finanziati da Comune/Regione/Numero totale di progetti
Processo	N. di progetti finanziati dai privati/Numero totale di progetti
Processo	N. di personale impiegato per l'iniziativa e l'attuazione dell'economia circolare all'interno della città
Output ambientale	Rifiuti deviati dalla discarica (T/abitante/anno o %)
Output ambientale	Emissioni di CO_2 risparmiate (TCO_2 / capite o %)
Output ambientale	Materie prime evitate (T/abitante/anno o %)
Output ambientale	Utilizzo di materiale recuperato (T/abitante/anno o %)
Output ambientale	Risparmio energetico (kWatt/abitante/anno o %)
Output ambientale	Risparmio idrico (ML/abitante/anno o %)
Produzione socio-economica	N. di nuove imprese circolari (es. aziende, start-up, ecc.) create per implementare l'iniziativa sull'economia circolare
Produzione socio-economica	N. di imprese (es. aziende, start-up, ecc.) che adottano i principi dell'economia circolare
Produzione socio-economica	Benefici economici (ad es. attraverso entrate aggiuntive e risparmi sui costi) (EUR/anno)
Produzione socio-economica	N. di dipendenti della nuova attività circolare
Produzione socio-economica	N. di posti di lavoro creati da attività circolari
Output di governance	N. di aziende istruite dalla città/regione per adottare i principi dell'economia circolare

Output di governance	N. di contratti aggiudicati dall'ufficio acquisti della città/regione che includono un criterio di economia circolare/ Numero totale di contratti
Output di governance	% di investimento pubblico dedicato all'iniziativa di economia circolare/investimento pubblico totale per città/regione

- *Reports di città circolari*

A livello nazionale, il "*Circular City Index*", un indicatore gratuito, è stato sviluppato nel 2021 dall'unità di Innovazione e Sostenibilità di Enel X in collaborazione con il dipartimento di Economia e Statistica dell'Università di Siena. L'indice di circolarità urbana misura, sulla base degli *Open Data* disponibili a livello nazionale, quanto una città abbia attivato strumenti e predisposto infrastrutture e servizi che la preparino all'adozione del paradigma dell'economia circolare. Per ogni Comune sono quattro gli ambiti che vengono presi in considerazione: digitalizzazione, ambiente ed energia, mobilità, rifiuti. Per ciascuno di questi, vengono attribuiti dei punteggi che valutano il grado di implementazione di politiche e infrastrutture che possono aiutare il territorio ad avviare un processo di transizione in ottica di circolarità urbana. A differenza della maggior parte degli studi sulla sostenibilità, che riguardano le città sopra i 100.000 abitanti (dove in Italia vive solo un quarto della popolazione), la forza del *Circular City Index* di Enel X è dettata dal numero di Comuni cui si rivolge: tutti, indipendentemente dalla loro dimensione. Per un'Amministrazione è quindi facile individuare i casi virtuosi e confrontarli con la propria realtà, in modo da replicare soluzioni che si sono già mostrate efficaci e applicarle alle aree di miglioramento. Il Comune italiano con il *Circular City Index* più alto è Calderara di Reno, una cittadina in provincia di Bologna con poco più di 13mila abitanti. I grandi Comuni (quelli con più di 100mila abitanti) sono i più digitalizzati, ma sono mediamente meno efficaci degli altri comuni nella gestione dei rifiuti. Il CESISP[10] (Centro Studi in Economia e Regolazione dei Servizi, dell'Industria e del Settore Pubblico) ha sviluppato un sistema di misurazione

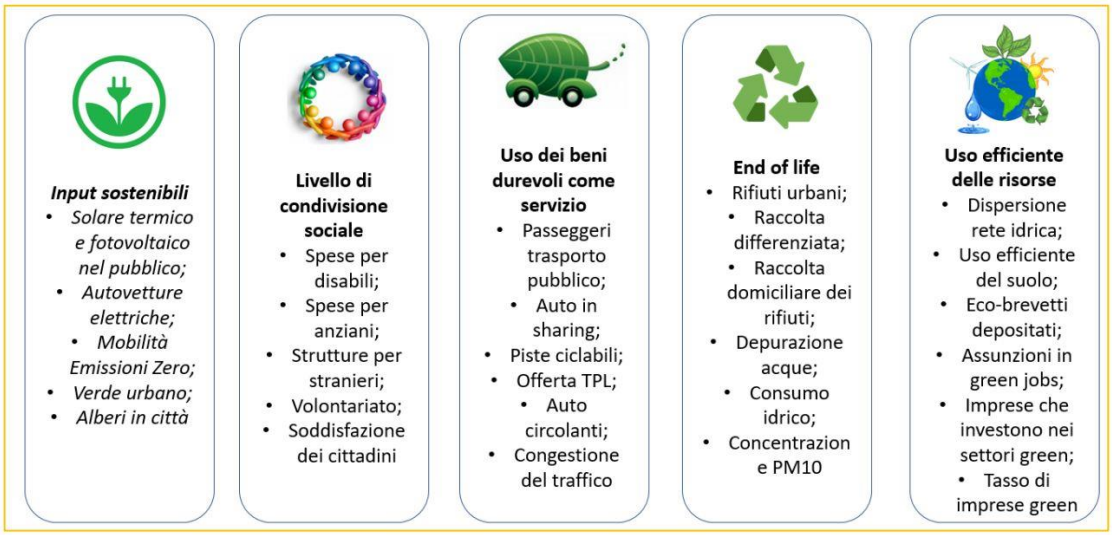
[10] Il CESISP è un centro di ricerca istituito alla fine del 2017 presso il Dipartimento di Scienze Economico Aziendali e Diritto per l'Economia dell'Università degli Studi di Milano Bicocca, con il sostegno di Banca Intesa Sanpaolo.

dell'economia circolare in 20 città italiane tra i capoluoghi di regione, rappresentando il concetto di economia circolare urbana attraverso dei cluster:

- Input sostenibili: utilizzo di input da fonti rinnovabili o da riutilizzo e riciclo;
- Condivisione sociale: economia civile e volontariato / piattaforme per condividere gli asset per ridurre lo spreco;
- Uso di beni come servizi: modelli di business innovativi per offrire prodotti sotto forma di servizi;
- *End of life*: soluzioni volte a preservare il valore di fine vita di un bene e a riutilizzarlo;
- Estensione della vita dei prodotti: azioni volte ad aumentare la vita utile di beni e servizi.

Dalle caratteristiche fondamentali di ogni principio citato e fondante l'economia circolare, il CESISP ricava alcuni indicatori funzionali che misurano le *performance* dei centri urbani considerati (figura 4.3). Sulla base del valore di ogni indicatore di seguito descritto, è assegnato un *ranking* di valutazione da 0 a 10 ad ogni città in esame e, successivamente, a seconda del punteggio complessivo raggiunto viene stilata una classifica qualitativa e quantitativa delle città italiane più circolari.

Figura 4.3 Cluster e indicatori di economia circolare per le città italiane. Fonte: CESISP, 2020.

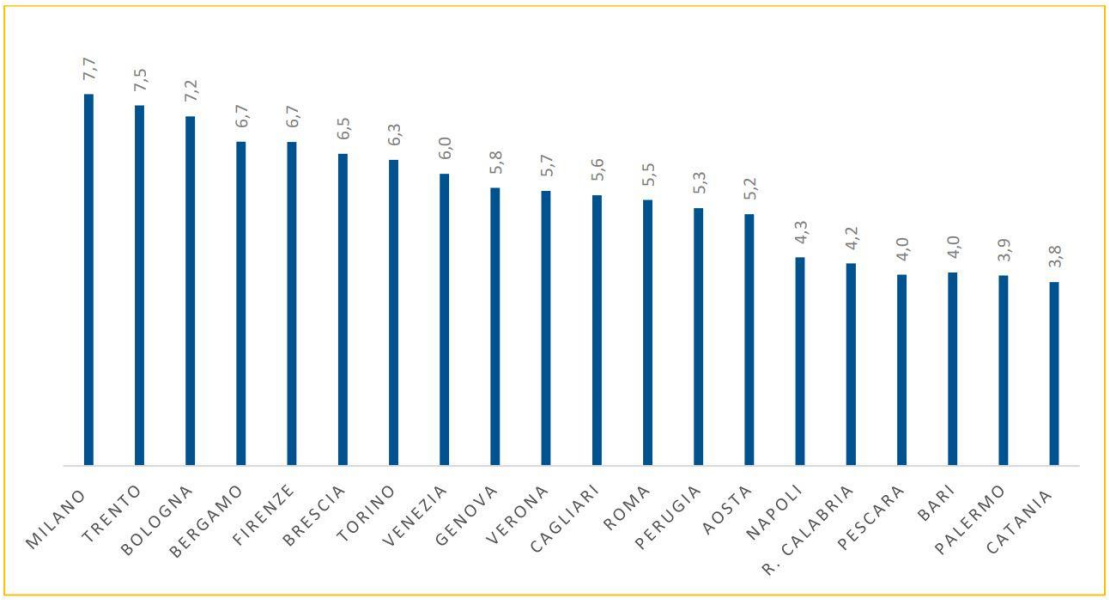


Il primo cluster, "input sostenibili", rispecchia il nuovo modello circolare nel quale ogni risorsa, una volta utilizzata ed esaurita, rientra nel processo di produzione come materia prima seconda. La sensibilità delle città italiane agli input sostenibili è analizzata da sei indicatori legati all'utilizzo di materie prime rinnovabili, alla mobilità o all'ambiente urbano.

Questo cluster individua gli indicatori per la misurazione della sostenibilità urbana. Il secondo cluster, "livello di condivisione sociale", evidenzia la collaborazione e la partecipazione di tutti gli attori presenti all'interno di città e comuni italiani, fondamentale per poter raggiungere la piena circolarità e la chiusura del cosiddetto cerchio economico. Nel terzo cluster gli indicatori sono utili alla misurazione dell'uso efficiente dei servizi e dei beni. Per il cluster, "uso dei beni durevoli come servizio", la ricerca ha analizzato il sistema dei trasporti in città. Il quarto cluster "*end of life*", sono stati indicati indicatori per la misurazione dell'efficacia nelle politiche per la riduzione delle esternalità ambientali. Poiché uno degli obiettivi principali del modello di economia circolare è quello di concepire i rifiuti di oggi in risorse del domani, nel nuovo sistema circolare si supera il concetto di *end of life* e i rifiuti non devono essere lo stadio finale del prodotto da destinare alle discariche bensì possono e devono essere reintrodotti nella filiera produttiva come input per un nuovo e diverso ciclo. Prendendo spunto da questa visione, il quarto cluster si focalizza sui rifiuti e sugli scarti urbani prodotti annualmente nelle principali città italiane. L'ultimo cluster "uso efficiente delle risorse" analizza le tre principali risorse (acqua, terra e lavoro) a disposizione delle città e la relativa gestione di consumo o spreco.

Sulla base dei ventotto indicatori circolari viene redatta la classifica delle città italiane più circolari. Per poter confrontare tra loro i risultati ottenuti per i diversi indicatori sulla base di una grandezza univoca, è stato sviluppato un indice di circolarità urbana (ICU) che si ricava dalla media ponderata dei punteggi ottenuti nella valutazione degli indicatori parziali (figura 4.4, pag. successiva). La città più circolare tra quelle analizzate risulta essere Milano, con un valore di 7,7 su 10, seguita da Trento e Bologna.

Figura 4.4 Classifica dell'indice di circolarità urbana (ICU) delle città italiane. Fonte: CESISP, 2020.



Il Consiglio per i Rifiuti e il Riciclaggio di Londra (LWARB) ha commissionato, nel 2018, uno studio per lo sviluppo di metriche che potrebbero essere utilizzate per misurare i futuri progressi di Londra nel diventare una città più circolare. Lo studio comprende le seguenti aree tematiche chiave: produttività e consumo delle risorse; produzione e riciclo dei rifiuti; opportunità di business e di lavoro nella città circolare.

La città di Bruxelles ha sviluppato una strategia di transizione verso l'economia circolare (BRUSSELS CAPITAL REGION: Circular Economy Transition, UN Envornment, 2018). Attraverso il BRPCE (*Brussels Regional Program for a Circular Economy*), il governo della Regione di Bruxelles definisce nel 2016 un quadro di riferimento per "incoraggiare la trasformazione da un'economia lineare in un'economia circolare. Gli indicatori sono raggruppati per due dimensioni dello sviluppo sostenibile: ambientale e sociale (tabella 4.13, pag. successiva).

Tabella 4.13 Gli indicatori del report Brussels Capital Region: Circular Economy Transition, 2016.

Dimensione sociale	Dimensione ambientale
% di posti di lavoro esistenti nell'economia circolare	Uso di energia elettrica totale pro capite
% di nuovi posti di lavoro nell'economia circolare	% dell'uso di energia totale derivata da fonti rinnovabili
% del PIL locale destinata ad attività di economia circolare	Consumo totale di acqua al giorno pro capite
Tasso di disoccupazione della città	% di perdita d'acqua
% di impiegati a tempo pieno	Generazione di rifiuti solidi urbani pro capite
Prodotto pro-capite della città	Tasso di riciclo
Numero di imprese su 100.000 abitanti	Domanda pro capite per l'importazione di materiali da costruzione
Distribuzione dei lavori di economia circolare per gruppi di popolazione	Generazione pro capite di materiali da costruzione
	Benessere ecologico dei principali corsi d'acqua e stagni
	Emissioni di gas serra pro capite

Il simbolo indiscusso delle "*Circular Cities*" è la città di Amsterdam che ha puntato la sua strategia di sviluppo circolare sulla riduzione degli sprechi e l'innovazione. Nel 2016 il *think tank Circle Economy*, assieme alla municipalità di Amsterdam, ha mappato e identificato delle aree in cui è possibile applicare modelli di business circolari, evidenziando le strategie per l'attuazione pratica di queste soluzioni sostenibili. È stato realizzato il piano *City Circle Scan Tool* che valuta la circolarità della città di Amsterdam basandosi su tre indicatori fondamentali: la conservazione del valore, l'impatto economico e l'impatto ecologico. Questi indicatori danno un'idea di come la circolarità potrebbe essere monitorata a livello delle città (tabella 4.14, pag. successiva).

Tabella 4.14 Gli indicatori del City Circle Scan, Circle Economy (2016).

Indicatore principale	**Indicatore specifico**	**Descrizione dell'indicatore**
Conservazione del valore	Efficienza delle materie prime	La possibile riduzione degli sprechi nella produzione di beni, misurata in chilogrammi di rifiuti per 1.000 euro di produzione.
	Utilizzo di risorse rinnovabili	La percentuale di importazioni (nette e interne) di biomassa rispetto alle importazioni totali.
Impatto economico	Valore aggiunto lordo per persona	Il valore economico in € per persona.
	Servizi circolari	La percentuale di servizi - legati all'EC - rispetto al Valore Aggiunto Lordo.
Impatto ecologico	Costi ambientali	I costi dell'esaurimento, dell'inquinamento delle acque, delle emissioni di CO_2 e di utilizzo del suolo, espressi in euro per chilogrammo.
	Emissione di CO_2	La quantità di anidride carbonica rilasciata nell'atmosfera in chilogrammi di CO_2 per persona.

Il progetto CITYCIRCLE (*European Union, Interreg Central Europe*) ha elaborato l'indice di maturità dell'economia circolare per le città (*Circular Economy Maturity Index for Cities*) basandosi sul quadro di valutazione dell'OCSE sulla governance dell'economia circolare. Si tratta di una metodologia di autovalutazione, che consente alle amministrazioni cittadine di identificare le aree politiche in cui è necessario intervenire per promuovere, facilitare e consentire la transizione circolare. Si basa su un processo partecipativo multi-stakeholder che può aiutare a migliorare le politiche e gli strumenti grazie ai feedback ricevuti e alle proposte di miglioramento. Può anche contribuire a sensibilizzare sulle opportunità della transizione circolare e creare consenso sulle principali sfide e sulle possibili vie da seguire. I partner di *CityCircle* hanno adattato il modello dell'OCSE ad altre dimensioni operative della trasformazione circolare nel contesto delle città:

- Uso del suolo urbano;
- Infrastrutture verdi urbane;
- Spazi pubblici;

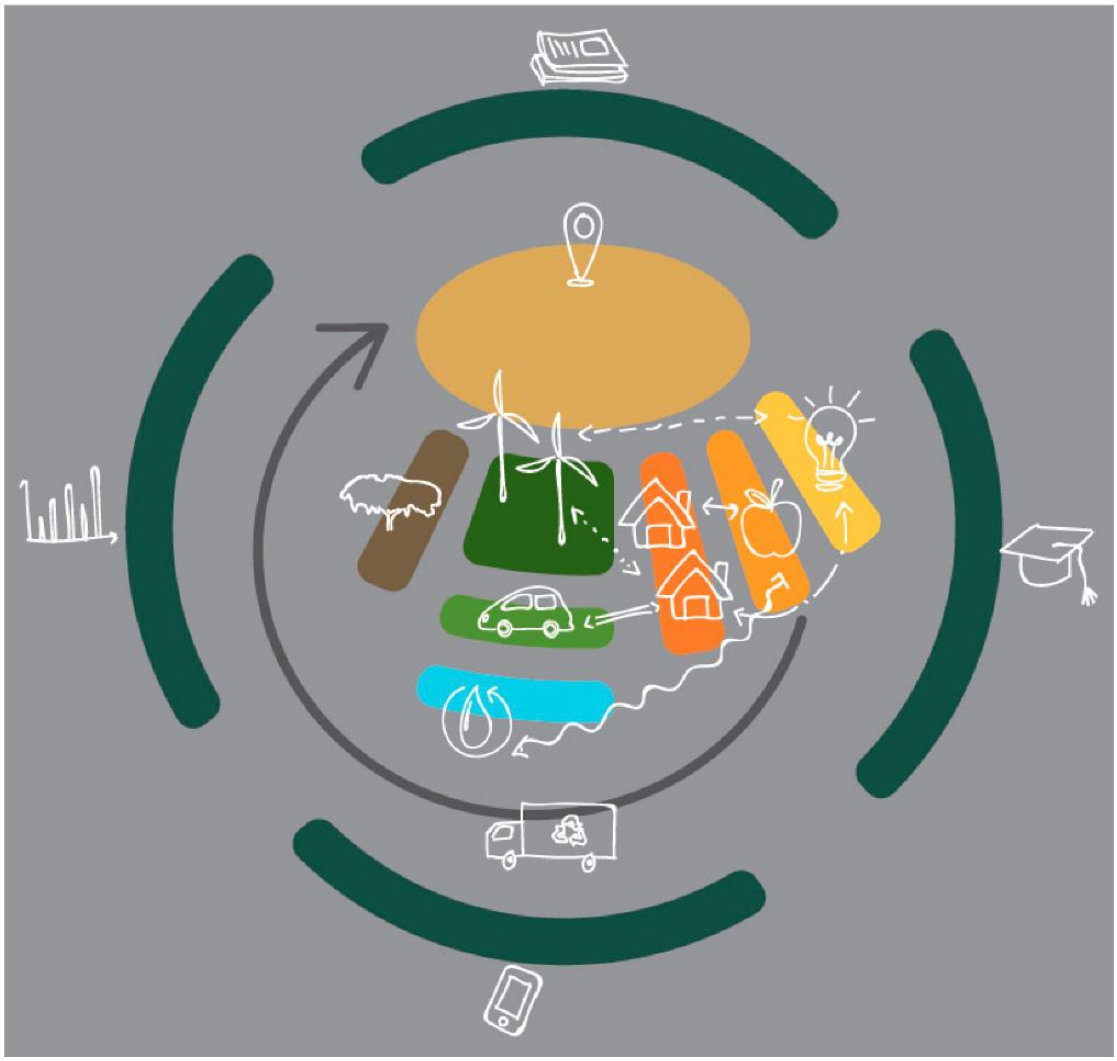
- Edifici sostenibili;
- Uso dell'acqua;
- Energia sostenibile;
- Mobilità e trasporti;
- Gestione dei rifiuti;

Tale quadro di autovalutazione viene messo in pratica durante dei workshop con gli stakeholder coinvolti che sono chiamati a fornire un punteggio di tipo qualitativo in una scala da 1 a 6, corrispondenti a 1) pianificato, 2) in via di sviluppo, 3) in corso, non attuato, 4) in corso, in parte attuato, 5) in atto, funzionante, 6) in atto, obiettivi raggiunti, o N/A, ovvero Not Available, quando l'informazione non è disponibile, in relazione alle dimensioni sopracitate.

- *Letteratura scientifica*

La letteratura scientifica sulle città circolari è varia e in costante crescita. Sono stati sviluppati studi specifici per valutare le prestazioni delle economie circolari urbane.
Cavaleiro de Ferreira & Fuso-Nerini (2019) presentano un quadro multisettoriale e di livello macro-meso per monitorare l'attuazione dell'economia circolare nelle città, basato sullo studio della letteratura scientifica, dei casi di studio e integrata da set di dati e interviste semi-strutturate di esperti nel campo dell'economia circolare. Il *Circular City Analysis Framework* (CCAF) proposto è composto dal *Circular City Diagram* (CCD) che rappresenta la città in una prospettiva olistica. Il CCD è organizzato in tre aree: il cerchio interno, il cerchio intermedio e il cerchio esterno (figura 4.5, pag. successiva). Questi livelli sono composti da 13 settori complessivi misurati attraverso uno o più indicatori che mirano a riflettere il livello di circolarità della città. Il framework è stato testato nella città di Porto.

Figura 4.5 Circular City Diagram (CCD), fonte: Cavaleiro de Ferreira & Fuso-Nerini, 2019.



Il cerchio interno è composto esclusivamente dalle risorse locali, consentendo a questo campo di essere abbastanza flessibile da abbracciare diversi aspetti locali come energia, cibo, materiali e fonti culturali. È collegato, nel suo nucleo, alla maggior parte dei settori del cerchio intermedio. Il cerchio intermedio comprende diversi settori: energia rinnovabile, trasporti, alimentare, gestione dell'acqua e dei rifiuti, innovazione EC, industrie specifiche. I settori del cerchio esterno riguardano l'istruzione, la digitalizzazione, i dati demografici e le politiche (tabella 4.15, pag. successiva).

Tabella 4.15 Gli indicatori del Circular City Analysis Framework (2019).

Livelli del diagramma	**Indicatori per il monitoraggio delle città circolari**
Cerchio interno	*Risorse locali*: potenziale eolico (m/s); potenziale solare (Watt/mq); tetti verdi (%); import/export (€/€).
Cerchio intermedio	*Energia*: diffusione delle energie rinnovabili (%); accesso all'elettricità (%); intensità energetica (GWh/M€). *Trasporti*: uso del trasporto pubblico (%); energia elettrica consumata nel settore dei trasporti (%). *Costruzioni*: retrofitting (%); edifici molto degradati (%). *Alimentare*: rifiuti alimentari trattati (%); rifiuti alimentari trattati nelle piccole e medie imprese (PMI) (%). *Acqua*: accessibilità all'acqua sicura (%); efficienza idrica (%). *Rifiuti*: rifiuti in discarica (%); rifiuti differenziati (Kg/abitante*anno). *Innovazione EC*: budget per l'innovazione EC (%). *Industrie specifiche:* tasso di riciclo (%); sinergie (%).
Cerchio esterno	*Istruzione*: abbandono dell'istruzione di base (%); corso superiore (%). *Digitalizzazione*: accessibilità agli smartphone (%). *Dati demografici*: equilibrio tra uomini e donne (%); fascia di età più pesante (anni); popolazione attiva (%). *Politiche*: equilibrio uomo-donna in politica (%).

Il framework CCAF cerca di rappresentare i campi più rilevanti che entrano in gioco quando si parla di città circolare. È stato sviluppato per essere sufficientemente modulare da poter essere applicato in diverse aree e a diverse scale. Una criticità che emerge dal quadro è la mancanza di un'analisi multicriterio che possa riflettere i pesi dei diversi indicatori in ciascun settore e consentire confronti tra le città. Gli utenti target a cui si rivolge il quadro sono i comuni, insieme ad altri agenti che promuovono e monitorano la circolarità in una città ed è sufficientemente intuitivo per essere utilizzato da personale non specializzato e non scientifico.

Lo studio di Avdiushchenko & Zając (2019) si è concentrato sulla costruzione di un quadro di indicatori correlati alle aree di EC come strumento di supporto per lo sviluppo di una serie di azioni di monitoraggio dello sviluppo regionale nel contesto europeo. Tale framework mira non solo all'efficienza delle risorse primarie e secondarie, ma anche a un ampio spettro di questioni come innovazione, nuovi modelli di business, nuovi modelli di consumo, implementazione attiva di soluzioni intelligenti, ecodesign, posti di lavoro verdi, ecc. La ricerca ha identificato alcune aree principali di EC:

(1) Economia della prosperità che tiene conto degli aspetti finanziari delle azioni ambientali (crescita economica, crescita economica verde, PIL pro capite, posti di lavoro verdi, livello di disoccupazione, tasse e prelievi ambientali e attività basate sui modelli di business circolari).

(2) Economia a rifiuti zero (acqua, rifiuti, riciclaggio, riutilizzo, ristrutturazione e rigenerazione).

(3) Economia innovativa (eco-innovazioni).

(4) Economia basata sull'efficienza energetica e sulle energie rinnovabili.

(5) Economia a basse emissioni di carbonio.

(6) Bioeconomia (biocarburanti, biomasse, bioprodotti).

(7) Economia di servizio/prestazioni (prodotto come settore dei servizi).

(8) Economia collaborativa/condivisa (servizi di condivisione).

(9) Economia intelligente (R&S nel settore verde).

(10) Economia efficiente in termini di risorse.

(11) Economia Sociale (innovazioni sociali, servizi di collaborazione, piattaforme, sensibilizzazione sociale alle tematiche ambientali).

(12) Economia spazialmente efficace (spazio pubblico, aree verdi, spazi circolari, aree di simbiosi industriale, livello di urbanizzazione).

La ricerca ha proposto gli indicatori per ciascuna delle aree sopra menzionate.

Wang et al. (2018) hanno sviluppato *l'Urban Circular Development Index* (UCDI), un framework di valutazione del livello di circolarità urbana che comprende 17 indicatori individuali raggruppati in quattro criteri principali: produzione di risorse, circolarità industriale, circolarità residenziale, meccanismi e cultura. I singoli indicatori vengono

aggregati utilizzando un sistema di ponderazione per determinare il punteggio UCDI complessivo che viene calcolato su 40 città cinesi.

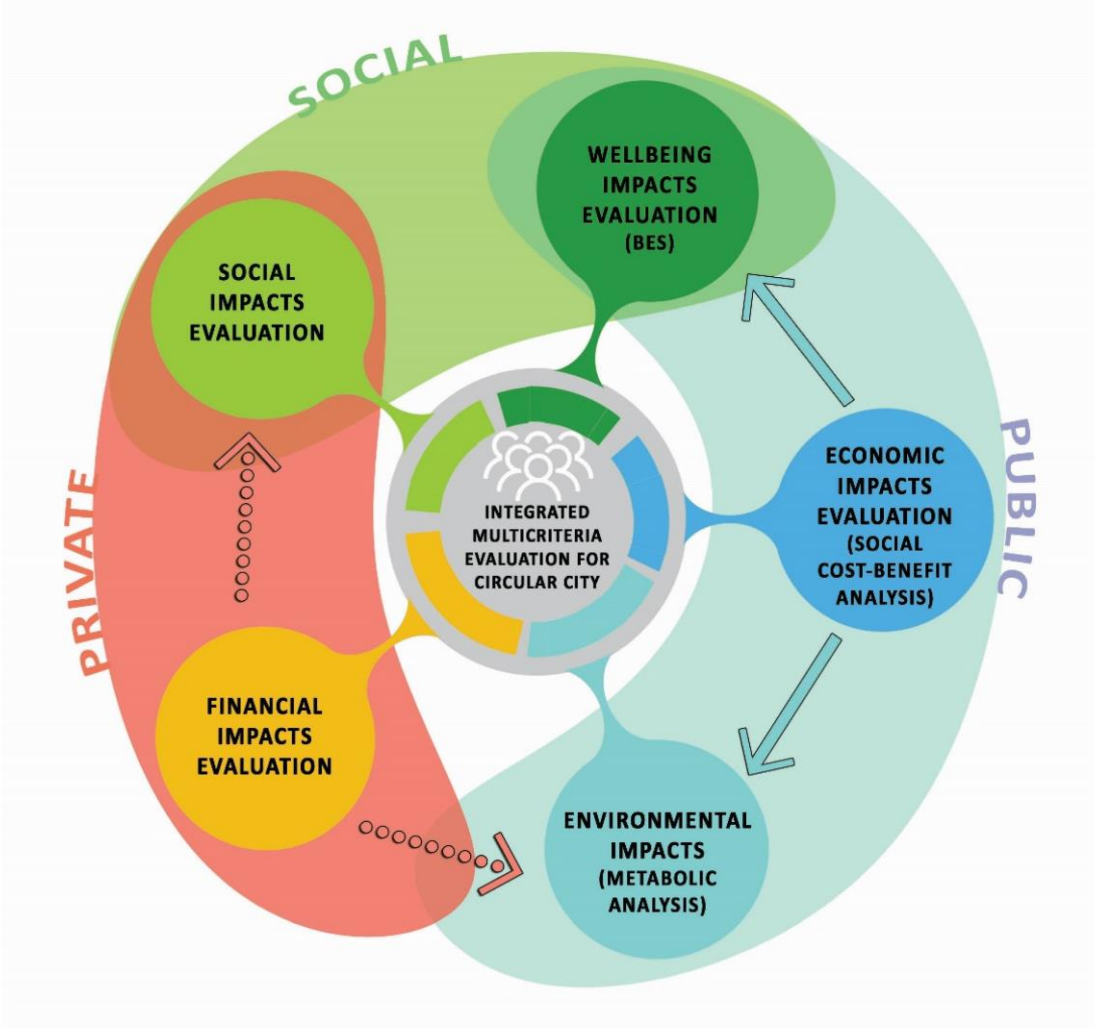
Il lavoro condotto da Fusco Girard L. e Nocca F. (2019) produce, a seguito di un'analisi del concetto di città circolare e del significato della sua attuazione, un set di indicatori per valutare gli impatti (positivi e/o negativi) dei progetti e delle iniziative della città circolare. Il set che emerge dalla letteratura revisionata viene strutturato in tre dimensioni:

- Dimensione ambientale;
- Dimensione economica e finanziaria;
- Dimensione sociale e culturale.

Nella matrice degli indicatori dedotta sono presenti due gruppi di indicatori: indicatori relativi all'intensità dei processi circolari e indicatori relativi agli impatti di tali processi sulla città. Ciò che emerge dallo studio è che occorrerebbe precisare che gli indicatori devono essere riferiti sia al "livello di circolarità" (ovvero, rapporto tra il totale del materiale risparmiato e il totale del materiale consumato) sia agli impatti che la "circolarità" produce (effetti ambientali e socio-economici, ad esempio riduzione dei costi, occupazione, ecc.).

A questo set di indicatori lo studio aggiunge alcuni indicatori emersi dall'analisi di 15 casi studio di città circolari e da altri aspetti che possono giocare un ruolo significativo nella realizzazione del modello di città circolare: il porto, il paesaggio delle città, il benessere e la salute della comunità, strumenti di governance, per i quali vengono proposti ulteriori indicatori ottenendo un quadro di valutazione integrato (figura 4.6, pag. successiva).

Figura 4.6 Il quadro di valutazione integrato per la città circolare di Fusco Girard e Nocca, 2019.



Nell'attuazione di un nuovo modello di sviluppo circolare delle città è necessario includere la dimensione umana. L'economia circolare deve essere più inclusiva, deve porre l'essere umano al centro dei suoi processi e dunque è essenziale ripensare il ruolo degli esseri umani nei cicli del "diagramma a farfalla", in quelli biologici e tecnologici dei nutrienti. Purtroppo, tale dimensione umanistica che si concentra sul benessere umano, la salute, le condizioni di vita, risulta molto carente negli indicatori emersi relativi all'implementazione del modello di città circolare.

Un altro focus della ricerca riguarda la governance nella città circolare. Secondo gli autori la governance circolare è collaborativa, adattiva, sperimentale, riflessiva e promuove la cultura dal basso. Nella città circolare, gli enti pubblici collaborano con diversi attori e stakeholder (cittadini, imprese, società civile, ecc.) al fine di unire le richieste di azione per garantire pratiche di buon governo basate sui principi di trasparenza, legittimità e apertura. Un rinnovamento del quadro legislativo e regolamentare è necessario per sostenere la transizione verso la circolarità.

Nello studio emerge che la pianificazione territoriale assume un ruolo fondamentale nello sviluppo di città circolari. Dai processi di appalto, dalla ristrutturazione di un edificio, alla riqualificazione dei quartieri, alla realizzazione di nuove opere infrastrutturali, edifici e spazi pubblici, dovrebbero essere inseriti criteri circolari in materia di territorio per valutare le performance economiche, sociali e ambientali. La pianificazione urbanistica si basa su scelte di utilizzo dello spazio e del territorio a cui corrispondono specifici impatti. I metodi di valutazione (ex ante, in itinere e adattivi) rappresentano un supporto essenziale per le scelte urbanistiche. Pertanto, è necessario sviluppare una matrice di indicatori per ogni dimensione di impatto (economico, finanziario, sociale, ambientale, culturale) e, attraverso questi, confrontare le alternative progettuali.

Infine, lo studio sottolinea che la componente dell'ambiente costruito che ha valori storici, artistici e culturali "sfugge" alla letteratura e alle esperienze concrete analizzate, sebbene i beni culturali/paesaggistici possano giocare un ruolo significativo nella realizzazione della città circolare. Nella prospettiva paesaggistica, l'economia circolare consente di conservare il valore d'uso (attraverso la rigenerazione delle risorse) e i valori "intrinseci" del patrimonio.

Conservazione del patrimonio culturale ed economia circolare si intrecciano perché entrambe prolungano i valori d'uso in un tempo indefinito. Il riuso, la riabilitazione, il restauro del patrimonio culturale/paesaggistico fanno parte dei processi di economia circolare. Esiste infatti una stretta relazione tra conservazione del patrimonio culturale (attraverso il suo riuso funzionale) ed economia circolare. La città circolare è la città che riconosce un ruolo chiave al paesaggio culturale da conservare/valorizzare (attraverso processi circolari) come risorsa competitiva. Si riduce la costruzione di nuovi edifici, utilizzando beni culturali sottoutilizzati o abbandonati (riducendo così l'uso delle risorse). Quindi, il patrimonio culturale viene efficacemente riutilizzato producendo benefici economici, sociali, ambientali e culturali. La città circolare investe nella conservazione/valorizzazione del patrimonio culturale, riconoscendolo come un investimento per la collettività e non come un costo.

Gravagnuolo et al. (2019) sviluppano il *Circular City Assessment Framework*. I risultati di questa ricerca mostrano che l'ambiente edificato (compreso il patrimonio culturale), l'energia e la mobilità, la gestione dei rifiuti, la gestione dell'acqua, la produzione industriale (compresi plastica, tessuti, industria 4.0 e progettazione circolare), l'agroalimentare, i cittadini e le comunità possono essere adottati come aree strategiche di attuazione del modello di città circolare nelle città storiche, evidenziando la mancanza di indicatori in alcuni settori e individuando un possibile quadro di valutazione attraverso una serie di criteri e indicatori per valutazioni ex ante ed ex post e il monitoraggio delle città circolari.

I risultati hanno evidenziato che in tutte le città analizzate, il riutilizzo adattivo del patrimonio culturale rappresentava un'importante strategia per affrontare l'implementazione dell'economia circolare nell'ambiente costruito storico. Infatti, alcuni dei criteri di valutazione e degli indicatori individuati sono specificamente relativi al “riuso di vecchi edifici”, al “retrofitting” e alla “riqualificazione di aree degradate”, che sono coerenti con i principi dell'economia circolare di riuso e riqualificazione. La rassegna di progetti e indicatori di città circolari condotta in questo studio evidenzia la mancanza di misure e valutazioni che vadano oltre le dimensioni “materiali ed energia” nell'economia urbana circolare, incorporando altre dimensioni legate alla cultura della cooperazione, sinergie e simbiosi che sono fondamentali per l'autosostenibilità dei sistemi urbani e territoriali.

I risultati di questo studio sottolineano l'esistenza di un campo di ricerca aperto relativo alla valutazione della città circolare, attraverso una valutazione arricchita dei metabolismi urbani che potrebbe tenere conto dell'autosostenibilità economica, sociale, ambientale e culturale e della capacità di autorigenerazione di città e regioni circolari. I criteri e gli indicatori, così come le metodologie per la valutazione del metabolismo urbano, devono ancora essere sviluppati nel loro pieno potenziale, orientando e monitorando i progressi verso città "circolari" più desiderabili.

Considerazioni sui framework di valutazione delle città circolari

I quadri di valutazione analizzati sono necessari a definire l'area di lavoro degli indicatori dell'economia circolare a scala urbana, carpendone criticità e punti di forza. Il limite maggiore di alcuni di questi dataset è che non sono in grado di catturare appieno la multidimensionalità insita nella transizione verso l'economia circolare degli spazi urbani. Alcuni di questi set di indicatori, infatti, risultano settoriali e limitati ai soli aspetti che riguardano le materie prime, i rifiuti, le risorse idriche, le emissioni di carbonio, il consumo di suolo, la produzione sostenibile, i programmi e le politiche, la mitigazione ai cambiamenti climatici e, quindi, a tutti gli aspetti legati al metabolismo urbano circolare che impatta a livello economico o ambientale. I set analizzati forniscono un quadro approfondito degli elementi fisici ed economici su cui l'applicazione dei principi di economia circolare può avere un impatto positivo, tralasciando molti settori legati alla sfera umana e sociale, al patrimonio costruito e culturale.

A livello territoriale, il concetto di metabolismo urbano "chiuso" viene assunto come aspetto chiave per progettare e monitorare la città circolare e la città-regione (Tomson, & Newman, 2018).

Altri interessanti studi, invece, si concentrano sull'individuazione di quadri multidimensionali, con lo scopo di trovare indicatori per il monitoraggio dell'economia circolare a scala urbana che considerano gli impatti sociali e culturali che necessariamente sono impliciti nella valutazione degli impatti delle città.

Quello che emerge dalla letteratura è che nonostante esistano molte fonti che spiegano cosa siano le città circolari e quali aspetti della sostenibilità siano inclusi, come le questioni sociali e culturali, non solo territoriali ed economiche, non esiste un quadro certificato che

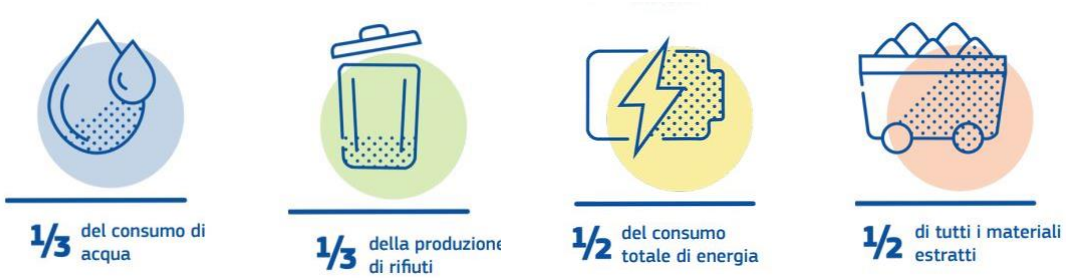
riesca a definire un set di metriche in grado di gestire tale complessità multidimensionale e in grado di tenere insieme tutti gli aspetti considerati e non solo le questioni relative al metabolismo circolare.

Una quota maggioritaria di tali studi è concentrata sul metabolismo circolare delle risorse e una piccola parte investe invece sulla ricerca di aspetti più ampi connessi alla circolarità, andando oltre i flussi di materiali e risorse e abbracciando campi legati alla partecipazione, al coinvolgimento delle persone, quadri human-centred basati sulla valorizzazione di aspetti tangibili e intangibili delle città e del patrimonio culturale. Per questo motivo la tesi intende connettere le questioni che emergono dallo studio dei canonici principi di economia circolare in ambito urbano a un più ampio contesto di sviluppo, includendo la cultura come una sfera portante della circolarità.

4.4 Gli indicatori di economia circolare per il patrimonio costruito

Uno dei settori che si sta sviluppando più rapidamente in relazione all'economia circolare nelle città è quello dell'edilizia. Secondo la Commissione Europea, il patrimonio costruito è responsabile di metà dell'uso totale di energia, del 40% di tutte le emissioni di gas a effetto serra, di metà dell'estrazione totale di materie prime e di un terzo dell'uso totale di acqua (figura 4.7). Per questo motivo, l'UE ha l'ambizione di passare a una radicale efficienza delle risorse e a flussi circolari di materiale nel suo Piano d'azione per l'economia circolare. Pertanto, molte città e organizzazioni si stanno concentrando sul settore edile come area chiave per l'attuazione dell'economia circolare (Mangialardo & Micelli, 2018).

Figura 4.7 I consumi delle risorse del patrimonio costruito. Commissione Europea, 2019.



Esistono in letteratura alcuni studi che cercano di capire come attuare i principi di economia circolare nell'ambiente costruito. Alcuni di essi sottolineano l'importanza di istituire azioni, strategie o principi per l'implementazione del modello circolare nella progettazione di nuovi edifici o nella riqualificazione di quelli esistenti. Ad esempio, l'economia circolare applicata nel settore delle costruzioni per la progettazione di edifici circolari, secondo Cheshire (2017) può essere riassunta in uno schema composto da cerchi concentrici (figura 4.8, pag. 151) che rappresentano la trasposizione dei principi della EMF al settore edile, incorniciati da tre fattori abilitanti dell'economia circolare, ovvero tre azioni strategiche che prevedono di considerare il rifiuto come risorsa, di utilizzare modelli di business circolari e di lavorare sul design, quindi la progettazione dei materiali. All'interno di questa area strategica si innescano i principi di EC che vanno dal mantenimento al riciclo dei prodotti/materiali/edifici.

Il primo cerchio costituisce il mantenimento di un edificio. Questo intervento è il meno invasivo. Segue il refitting e poi la ristrutturazione dell'edificio, che richiedono interventi

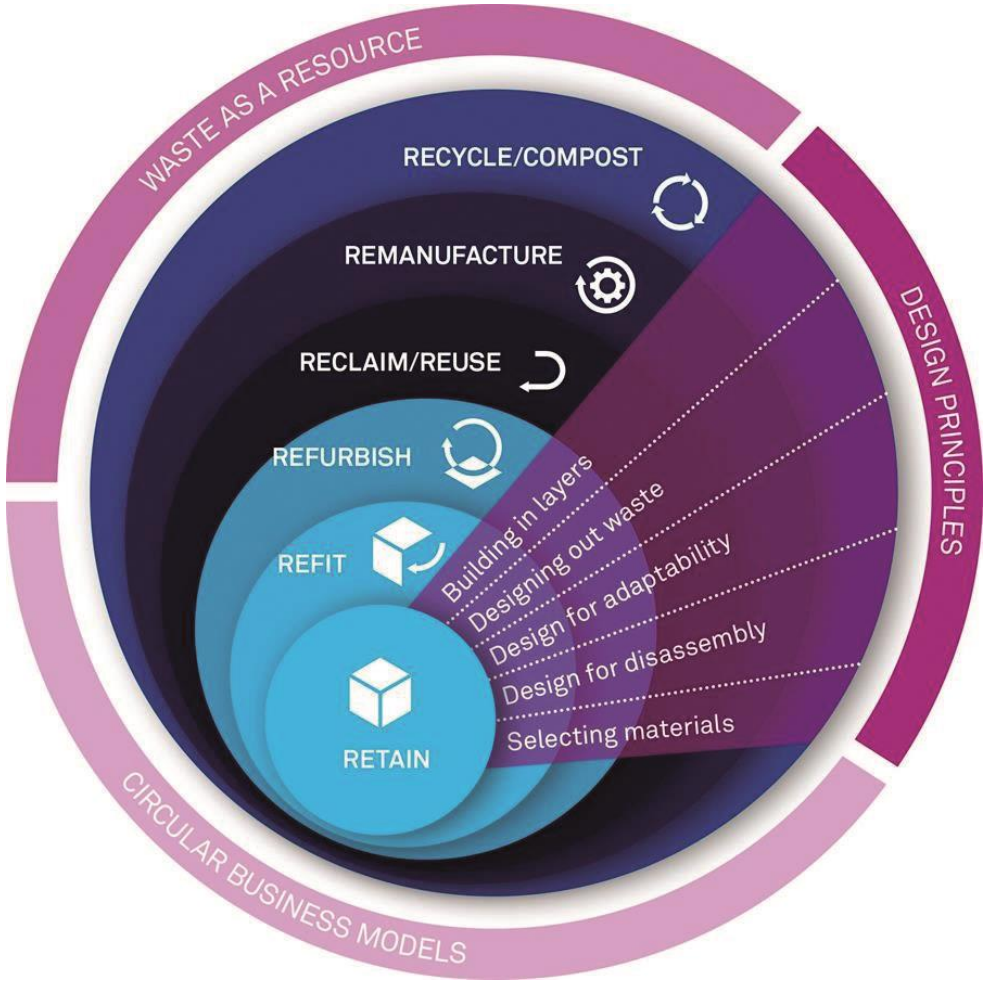
più impegnativi. Dopo questi cerchi, le operazioni più difficili riguardano il recupero o la rigenerazione dei componenti, con l'ultimo cerchio, che rappresenta l'operazione più difficile, per riciclare o compostare gli edifici al fine di creare nuovi prodotti o restituire materiali alla biosfera. Comuni a questi cerchi sono cinque segmenti che rappresentano i principi progettuali da seguire in ogni tipologia di intervento.

Il primo segmento è il concetto di "edificio a strati", che differenzia i vari elementi che costituiscono un edificio e le loro diverse durate. In questo modo, gli strati con cui un edificio è progettato, consentono di identificare e sostituire facilmente qualcosa di danneggiato, senza modificare gli strati adiacenti. Tutti gli strati che compongono l'edificio lo rendono più flessibile e adattabile rispetto a un edificio senza questa differenziazione, potendo recuperare rapidamente i componenti una volta rotti, senza intaccare su quelli funzionanti. Il secondo settore è il *design-out waste* che è rappresentato dal nuovo concetto di considerare l'intero ciclo di vita di un edificio, partendo dalla considerazione dei rifiuti come opportunità da trasformare in una nuova risorsa. Gli elementi riparativi - e tutte le operazioni ad essi collegate come refitting e ristrutturazione - sono preferibili ad interventi come demolizioni e ricostruzioni. L'uso di elementi rigenerati deve essere incoraggiato per limitare la domanda di risorse grezze. Infine, le moderne tecniche costruttive, come le tecnologie fuori sede, possono contribuire a ridurre sensibilmente gli sprechi in cantiere.

Il terzo elemento è il design per l'adattabilità. Gli edifici sono una grande risorsa e devono essere conservati il più a lungo possibile per le generazioni future. Le attività di progettazione devono considerare come l'edificio possa essere facilmente convertito ad altri usi e come adattare facilmente la disposizione interna.

Il quarto principio è il design per lo smontaggio. Considerando la grande incertezza che caratterizza la società attuale e lo sviluppo delle città nel futuro, gli edifici devono essere progettati in modo che le strutture flessibili siano facilmente rimovibili e trasferibili in altri luoghi. Una volta che un edificio è stato abbandonato, gli elementi possono essere smontati e trasferiti altrove, conservando il loro valore più a lungo e diventando indipendenti dal valore del sito originario.

Figura 4.8 Principi di economia circolare applicati al settore edilizio, Cheshire 2017.



Infine, per progettare attraverso un modello circolare, è importante selezionare i materiali corretti. È necessario suddividere gli elementi costitutivi che compongono un edificio in biologici e tecnici. In questo modo è più facile distinguere coloro che sono destinati alla biosfera, al circuito industriale o al riciclo. Per l'industria delle costruzioni, questo significa creare un nuovo mercato per prodotti e materiali di recupero utilizzandoli per altre operazioni. Tali principi valgono per le costruzioni ex novo ma l'economia circolare viene ovviamente applicata anche nel caso di ristrutturazioni o riqualificazioni edilizie. In tal caso applicare l'EC a una riqualificazione, significherà esaminare le possibilità di recupero dei materiali derivanti dai rifiuti da costruzione e demolizione e promuovere iniziative per riabilitare i siti dismessi abbandonati o contaminati attraverso il riuso adattivo degli stessi. Dall'analisi della letteratura emergono alcune aree di intervento chiave nell'applicazione dei principi di economia circolare al settore edilizio:

- Aumentare l'utilizzo di materiali riciclati e a basso impatto ecologico;
- Favorire il recupero e la riduzione dei rifiuti edili;
- Aumentare il valore tecnico dei materiali e delle strutture derivanti dai rifiuti di C&D (costruzione e demolizione);
- Prevedere una raccolta differenziata dei rifiuti di C&D;
- Aumentare l'efficienza energetica degli edifici;
- Favorire il riuso adattivo degli edifici.

Un edificio circolare, in linea di principio, dovrebbe adottare un approccio a tre livelli che affronti gli aspetti economici, sociali e ambientali dell'intero ciclo di vita dell'edificio (Solaimani & Sedighi, 2020). Migliorare l'efficienza energetica è probabilmente la strategia più rilevante per aumentare il ciclo di vita utile degli edifici, con conseguente miglioramento delle condizioni di vita, costi energetici inferiori per gli abitanti (Cabeza & Chàfer, 2020) e la riduzione degli impatti ambientali causati dalla costruzione e dal funzionamento degli edifici (per esempio le emissioni di CO_2) (Nagy et al., 2015).
Moh e Manaf (2017) sostengono la possibilità di una sostanziale riduzione dell'impatto ambientale dei materiali da costruzione attraverso la produzione di prodotti durevoli e il maggiore uso di materiali o sistemi riutilizzati/riciclati invece di risorse naturali durante la fase di costruzione degli edifici. Raggiungere edifici circolari ad alte prestazioni e a basso

impatto ambientale può essere seguito attraverso l'uso di materiali, operazioni e servizi sostenibili per integrare i concetti di sostenibilità in ogni parte del ciclo di vita di un edificio. (Van Den Heede & De Belie, 2012). Infatti, per lo sviluppo delle città e delle aree urbane, per promuovere l'ecologia del settore delle costruzioni, la progettazione degli edifici e le tecnologie dovrebbero essere focalizzate per raggiungere la massima quantità di riduzione, riuso e riciclo dei materiali. Un cluster di intervento per la circolarità è la bioedilizia e l'uso di *Nature-Based Solutions*. Gli edifici verdi sono progettati e costruiti secondo principi ecologici e hanno un'influenza minima sull'ambiente naturale e sulla salute umana (Darko & Chan, 2016).

Se questo è il framework di riferimento utile per capire come si applica l'EC al settore delle costruzioni, la tesi intende indagare se esistono degli strumenti o delle metriche per poter monitorare il livello di circolarità nella progettazione ex novo di un edificio o nella riqualificazione di un edificio esistente nella prospettiva dell'economia circolare.

Esistono studi scientifici che propongono quadri strutturati per monitorare il livello di circolarità nelle pratiche progettuali relative all'ambiente costruito. Innanzitutto, è possibile citare il *Sustainable buildings – Level(s)* che, ad oggi, è l'unico approccio ufficiale validato dalla Commissione Europea che monitora l'economia circolare alla scala architettonica. Questo strumento si focalizza sul settore delle costruzioni attraverso l'individuazione di un sistema di valutazione della sostenibilità degli edifici.

Il Level(s) guida l'utente ad applicare i principi dell'economia circolare sia ai nuovi edifici che ai progetti di ristrutturazione per valutare e monitorare le prestazioni di sostenibilità degli edifici e contribuire alla nuova agenda *Bauhaus* europea nelle aree degli obiettivi climatici dell'UE, della circolarità e degli spazi sani e confortevoli. Level(s) aiuta i professionisti dell'ambiente costruito e della sostenibilità, gli investitori e i responsabili politici nei loro sforzi per trasformare l'ambiente costruito in uno sostenibile e circolare.

Lo strumento si basa su sei macro-obiettivi. Questi possono essere monitorati attraverso sedici indicatori. Gli indicatori di sostenibilità all'interno di ciascun macro-obiettivo descrivono come le prestazioni degli edifici possono essere allineate con gli obiettivi politici strategici dell'UE in settori quali l'energia, l'uso dei materiali e dei rifiuti, l'acqua, la qualità dell'aria interna e la resilienza ai cambiamenti climatici (tabella 4.16, pag. successiva).

Tabella 4.16 Gli obiettivi e gli indicatori dello strumento Level, Commissione Europea, 2017.

Macro-obiettivi		**Indicatori**
1. Emissioni di gas serra lungo il ciclo di vita di un edificio	Ridurre al minimo l'emissione di carbonio per tutto il ciclo di vita.	1.1 Prestazione energetica della fase di utilizzo (kWh/mq/anno) 1.2 Potenziale di riscaldamento globale del ciclo di vita (CO_2 eq./mq/anno)
2. Cicli di vita dei materiali efficienti e circolari in termini di risorse	Ottimizzare la progettazione dell'edificio per supportare flussi snelli e circolari.	2.1 Computo metrico estimativo, materiali e durate 2.2 Rifiuti e materiali da costruzione e demolizione 2.3 Progettazione per l'adattabilità e il rinnovamento 2.4 Design per la decostruzione, il riuso e il riciclaggio
3. Uso efficiente delle risorse idriche	Utilizzare l'acqua in modo efficiente, in particolare nelle aree di stress idrico identificato a lungo termine o previsto.	3.1 Consumo di acqua per fase di utilizzo (mc/occupante/anno)
4. Spazi sani e confortevoli	Creare edifici confortevoli, attraenti e produttivi. Ciò include aspetti della qualità ambientale interna.	4.1 Qualità dell'aria interna 4.2 Tempo al di fuori dell'intervallo di comfort termico 4.3 Illuminazione e comfort visivo 4.4 Acustica e protezione dal rumore
5. Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici	Prestazioni dell'edificio durevoli nel tempo	5.1 Tutela della salute degli occupanti e comfort termico

		5.2 Aumento del rischio di condizioni meteorologiche estreme 5.3 Drenaggio sostenibile
6. Costo e valore del ciclo di vita ottimizzati	Visione a lungo termine dei costi dell'intero ciclo di vita e del valore di mercato di edifici più sostenibili e trasparenti possibile.	6.1 Costi del ciclo di vita (€/m²/anno) 6.2 Creazione di valore e fattori di rischio

Questi indicatori rappresentano certamente un punto di partenza, ma non un quadro sufficiente per valutare e monitorare il complesso quadro dell'economia circolare. Lo strumento Level(s), infatti, anche se abbastanza completo, non menziona esplicitamente il patrimonio culturale. Tuttavia, considerando anche che la stessa Unione Europea (UE) riconosce il ruolo chiave del patrimonio culturale come uno dei motori dello sviluppo sostenibile, è necessario che l'UE affronti specificamente la questione relativa a uno strumento di attuazione per il riutilizzo funzionale del patrimonio culturale, fornendo una lista completa e adeguata di indicatori (economici, ambientali, sociali e culturali).

Per contribuire a una visione sistemica della economia circolare nell'ambiente costruito, Pomponi & Moncaster (2017) hanno creato un quadro con sei dimensioni interconnesse di EC: dimensioni governative, economiche, ambientali, tecnologiche, comportamentali e sociali.

La letteratura evidenzia una mancanza di focalizzazione su un elemento chiave della circolarità nel settore edile; infatti, gli studi teorici si concentrano più sulla progettazione circolare e sullo smantellamento che sulla ristrutturazione e sul riuso che possa mantenere il valore dell'edificio nel tempo. Gravagnuolo et al. (2019) provano a colmare questo gap identificando quattro aree strategiche per la promozione dell'EC nell'ambiente edificato:

- Progettazione circolare di nuovi edifici
- Smantellamento di vecchi edifici

- Ristrutturazione di vecchi edifici
- Riuso di vecchi edifici (incluso il riuso adattivo del patrimonio culturale)

Il set di indicatori utilizzato per descrivere gli impatti delle strategie di economia circolare nel settore dell'edilizia è relativo al riuso e retrofitting degli edifici esistenti, riqualificazione di aree degradate, rifiuti evitati nel settore edile grazie al riutilizzo, modelli di business circolari ed efficientamento energetico.

4.5 Le certificazioni verdi e gli ecolabel come strumenti dell'economia circolare

Le certificazioni possono rendere oggettiva l'affermazione di circolarità di un prodotto. Le certificazioni e i marchi ecologici sono relativi sia alle aziende e ai prodotti, sia ai siti del patrimonio costruito e ai manufatti edilizi. Nel primo caso è possibile citare le certificazioni, EMAS, ECOLABEL e ISO, nel secondo caso la necessità di intervenire e regolarizzare i processi edilizi, al fine di ridurre l'impatto ambientale di quest'attività, ha dato vita ad alcuni protocolli di certificazione ambientale. Tra questi si citano le seguenti certificazioni internazionali, europee e nazionali:

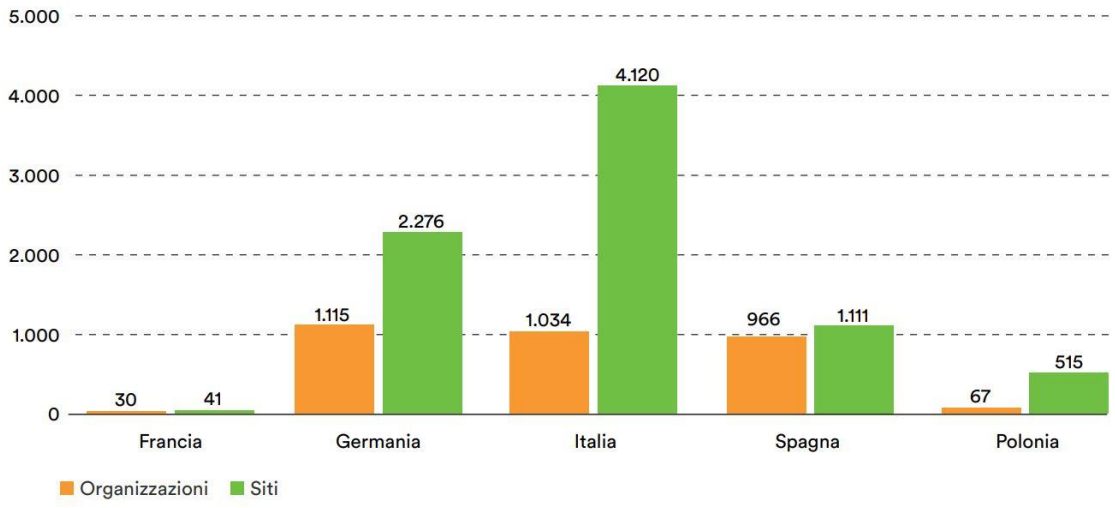
- Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM);
- Leadership in Energy & Environmental Design (LEED);
- ARchitettura Comfort Ambiente (ARCA);
- CasaClima Nature;
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB);
- Haute Qualité Environnementale (HQE);
- Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale (ITACA);
- Sustainable Building (SB) Tool, International Initiative for a Sustainable Built Environment (SBTool);
- WELL® - The WELL Building Standard;
- Protocolli di certificazione del Green Building Council Italia (GBC);
- Cradle to Cradle (C2C).

Le certificazioni sono ottenute mediante una valutazione basata su criteri e indicatori, attraverso l'assegnazione di punteggi per l'ottenimento di una classificazione in categorie di sostenibilità (ad esempio, bassa, media, alta, etc.) Per questo motivo sono riportate in questa sezione del lavoro dottorale, al fine di comprendere quali aspetti e indicatori di circolarità possono emergere dallo studio e l'analisi dei marchi di ecosostenibilità, alcuni dei quali sono prettamente sviluppati nell'ottica dell'economia circolare, tra cui in particolare la certificazione statunitense *Cradle to Cradle* o il marchio AFNOR XP X30-901.

Certificazione EMAS
Al Sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS = Eco-Management and Audit Scheme) possono aderire volontariamente le imprese e le organizzazioni, sia pubbliche che private, aventi sede nella Comunità europea o al di fuori di essa, che desiderano impegnarsi nel valutare e migliorare la propria efficienza ambientale.

Il regolamento EMAS rappresenta uno strumento utile per promuovere l'ecoinnovazione. Organizzazioni e imprese, pubbliche e private, che mirano a migliorare le proprie prestazioni ambientali complessive, possono a tal fine attivare programmi di gestione e richiedere una certificazione che attesti il loro impegno. Questo sforzo viene compensato con premialità in caso di appalti, partecipazione a bandi per l'accesso a stanziamenti o progetti e riduzione dei termini per il rilascio di autorizzazioni. Secondo i dati forniti dalla Commissione europea, a ottobre 2021, risultano certificate EMAS 3.884 organizzazioni e 12.006 siti. Confrontando le certificazioni EMAS (figura 4.9) rilasciate per le organizzazioni nei principali cinque Paesi europei, si può osservare come sia la Germania con 1.115 organizzazioni certificate a guidare la classifica, seguita dall'Italia con 1.034 e dalla Spagna con 966. Di molto inferiori sono le certificazioni rilasciate in Francia (30) e in Polonia (67). Per quanto riguarda i siti certificati EMAS, è l'Italia il Paese con il numero maggiore, ben 4.120 a ottobre 2021, seguita dalla Germania con 2.276.

Figura 4.9 Numero di organizzazioni e siti certificati EMAS nei principali cinque Paesi europei, ottobre 2021 (n.). Fonte: Rapporto sull'economia circolare, Circular Economy Network 2022.

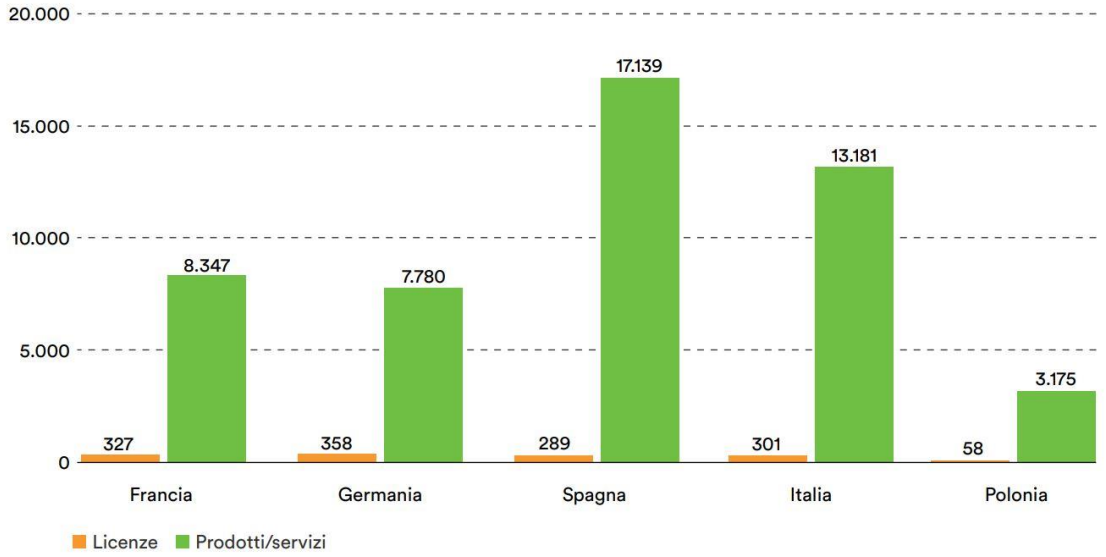


Prodotti e licenze ECOLABEL
Ecolabel UE è il marchio di qualità ecologica dell'Unione europea che contraddistingue prodotti e servizi che, continuando a garantire elevati standard prestazionali, sono caratterizzati da un ridotto impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita. I criteri Ecolabel riguardano anche aspetti inerenti salute e sicurezza dei consumatori e, dove pertinenti, i principali aspetti sociali ed etici dei processi produttivi.

Le scelte dei consumatori hanno un ruolo chiave nella transizione a un'economia circolare perché se sono rivolte verso prodotti progettati seguendo criteri centrati su un uso efficiente delle risorse, contribuiscono a una maggiore produttività e alla riduzione dei rifiuti. Tuttavia, la molteplicità di etichette e dichiarazioni ambientali rende poco efficaci le comunicazioni rivolte ai consumatori, che spesso faticano a capire il reale valore aggiunto nella scelta di alcuni prodotti invece di altri. Al fine di offrire un riferimento più affidabile nell'orientare le scelte verso la sostenibilità e l'economia circolare, l'Unione europea ha elaborato un marchio ambientale (Ecolabel) comune per tutti i Paesi membri, destinato ad alcune categorie di prodotti per attestarne un ridotto impatto ambientale.

Tra le prime cinque economie europee (figura 4.10, pag. successiva), per numero di licenze ottenute l'Italia si posiziona al terzo posto (301 licenze), dietro a Germania con 358 e Francia con 327, ma davanti a Spagna con 289 e Polonia con sole 58. Riguardo al numero complessivo di prodotti certificati, l'Italia è invece al secondo posto (13.181), in questo caso dietro alla Spagna con 17.139, ma prima di Francia (8.347), Germania (7.780) e Polonia (3.175).

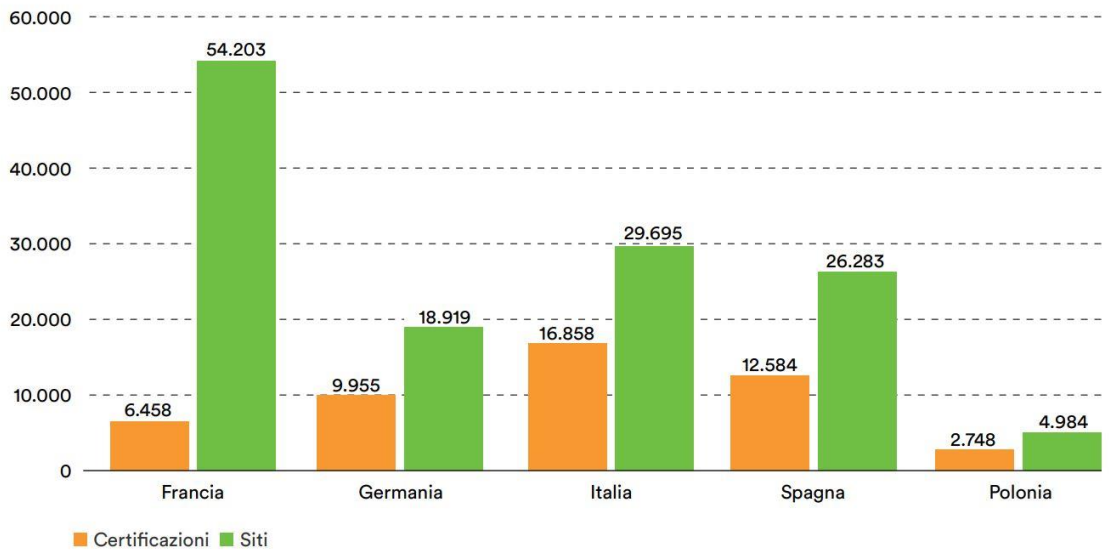
Figura 4.10 Licenze e prodotti Ecolabel assegnate nei principali cinque Paesi europei, settembre 2021 (n.). Fonte: Rapporto sull'economia circolare, Circular Economy Network 2022.



Certificazione ISO 14001
Le certificazioni ISO 14001 sono uno standard a livello internazionale e stabiliscono i requisiti per un sistema di gestione ambientale. È un tipo di certificazione progettato per qualsiasi tipologia di organizzazione, indipendentemente dall'attività, che le aiuta a migliorare le prestazioni ambientali attraverso un uso più efficiente delle risorse, ottenendo vantaggi a livello competitivo e la fiducia delle parti interessate.

Il numero di siti e certificazioni ISO 14001 assegnate nei cinque principali Paesi europei è rappresentato in Figura 4.11 (pag. successiva). Il più alto numero di siti registrati a settembre 2020 è stato raggiunto dalla Francia (54.203). L'Italia è seconda con 29.695, seguita dalla Spagna con 26.283. Decisamente inferiori sono i risultati della Germania (18.919) e della Polonia (4.984). A differenza che per i siti, il Paese con più certificazioni ISO 14001 a dicembre 2020 risulta essere l'Italia con 16.858, seguita dalla Spagna con 12.584 e dalla Germania con 9.955.

Figura 4.11 Stima del numero di certificazioni e siti ISO 14001 assegnate nei principali cinque Paesi europei, dicembre 2020 (n.). Fonte: Rapporto sull'economia circolare, Circular Economy Network 2022.



ISO/TC 323 - AFNOR XP X30-901
Lo standard volontario AFNOR XP X30-901 nasce per essere un punto di riferimento internazionale per tutte le aziende, di qualsiasi settore, che vogliono adottare soluzioni circolari nell'ambito della propria catena di valore, dei propri sistemi di produzione o erogazione del servizio.

A livello internazionale, è stato recentemente creato il nuovo Comitato ISO sull'economia circolare (ISO/TC 323). Il comitato è dedicato proprio all'economia circolare ed è nato, come spiega *l'International Organization for Standardization*, con l'obiettivo di "raggiungere una serie di principi e terminologia concordati a livello internazionale; delineare un quadro di cosa sia un'economia circolare; e sviluppare uno standard di sistema di gestione, oltre che lavorare su modelli e metodi di business alternativi per misurare e valutare la circolarità". Anche l'Italia si sta attrezzando per partecipare in modo attivo a questi tavoli di lavoro, a partire dal fatto che vanti il primato per il più alto indice di circolarità in Europa. Nell'aprile scorso è stata costituita la Commissione UNI/CT 057 "Economia circolare", per la definizione di standard e parametri di valutazione.

L'idea di questo Comitato ha preso avvio da un seminario organizzato da AFNOR, il membro francese di ISO, in cui i leader aziendali di diversi settori produttivi hanno espresso con urgenza la necessità di passare da un modello economico lineare a uno circolare. Ne è derivata l'elaborazione di uno standard francese, denominato XP X30-991 - Economia circolare - Sistema di gestione del progetto dell'economia circolare - Requisiti e linee guida, che è stato pubblicato nel 2018 e accolto con grande favore da tutti i soggetti interessati. Da qui la proposta di un Comitato ISO ad hoc.
AFNOR XP X30-901 può avere diverse declinazioni in base al settore (industria e servizi) e all'azienda che ne vuole usufruire. È basato sui 3 pilastri della sostenibilità (ambientale, sociale ed economica) e prevede 7 aree di intervento dell'economia circolare:

- acquisti sostenibili;
- progettazione eco-compatibile;
- simbiosi industriale;
- economia di prodotto o di funzione (prodotto come servizio);
- consumi responsabili;
- estensione della durata di utilizzo;
- gestione efficiente di risorse e materie a fine vita.

Lo standard contiene requisiti e linee guida per la gestione di un progetto nuovo o esistente legato al miglioramento delle prestazioni ambientali, economiche e sociali in un'ottica di economia circolare, per un determinato prodotto o servizio.

Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)
Il BREEAM è un metodo di valutazione della sostenibilità che viene utilizzato per pianificare progetti, infrastrutture ed edifici. Lanciato nel 1990, dal Building Research Establishment (BRE) stabilisce gli standard per le prestazioni ambientali degli edifici attraverso le fasi di progettazione, costruzione e funzionamento e può essere applicato a nuove costruzioni e ristrutturazioni.

Il BREAM[11] è un programma di certificazione volontaria, applicabile ad edifici sia residenziali che commerciali, e riguarda l'intero ciclo di vita del manufatto edile. Questo protocollo valuta diversi tipi di edifici in base ad una serie di criteri a cui corrispondono dei punteggi; a seconda dei punti totali ottenuti, l'edificio otterrà un determinato livello di certificazione.

La certificazione BREEAM serve a valutare la sostenibilità degli edifici e il benessere delle persone che ci vivono. Questa valutazione avviene in base a 10 criteri:

- gestione;
- salute e benessere;
- energia;
- trasporti;
- acqua;
- materiali;
- gestione dei rifiuti;
- uso del suolo ed ecologia;
- inquinamento;
- innovazione.

A ciascuna categoria si attribuisce un punteggio, la cui somma (rating minimo del 10% e massimo del 100%) costituisce 6 livelli di certificazione: Inqualificabile, Accettabile, Buono, Molto buono, Eccellente, Eccezionale. Un edificio che è certificato BREEAM risulta sicuramente più economico nella gestione rispetto a quelli non certificati, in quanto gli edifici sostenibili generano importanti risparmi energetici e quindi di costi. Oltre a questo

[11] Sitografia di riferimento BREAM: https://bregroup.com/products/breeam/

aspetto, i progetti classificati BREEAM sono ambienti sostenibili, in cui si garantisce il benessere delle persone e la conservazione delle risorse naturali.

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)
Il LEED è il sistema statunitense di classificazione dell'efficienza energetica e dell'impronta ecologica degli edifici, sviluppato dallo U.S. Green Building Council (USGBC), fornisce un insieme di standard di misura per valutare le costruzioni ambientalmente sostenibili.

Il LEED[12] è un programma di certificazione volontaria riconosciuta a livello internazionale che promuove un approccio orientato alla sostenibilità, riconoscendo le prestazioni degli edifici in settori chiave, quali il risparmio energetico ed idrico, la riduzione delle emissioni di CO2, il miglioramento della qualità ecologica degli interni, i materiali e le risorse impiegati, il progetto e la scelta del sito.

Sviluppato dalla *U.S. Green Building Council* (USGBC), il sistema si basa sull'attribuzione di "crediti" per ciascun requisito. A ciascun criterio vengono attribuiti dei punti, la cui somma (minimo 40, massimo 110) costituisce 4 livelli di certificazione: base, oro, argento e platino. La certificazione LEED analizza le prestazioni degli edifici in base ad 8 criteri:

- trasporto ed ubicazione;
- sostenibilità del sito;
- efficienza risorse idriche;
- energia e atmosfera;
- materiali da costruzione e risorse;
- qualità degli ambienti interni;
- innovazione;
- priorità regionale.

Il LEED è inoltre un sistema flessibile e articolato che prevede formulazioni differenziate per le nuove costruzioni, edifici esistenti, piccole abitazioni, per aree urbane pur mantenendo una impostazione di fondo coerente tra i vari ambiti.

[12] Sitografia di riferimento LEED: https://www.usgbc.org/leed

ARchitettura Comfort Ambiente (ARCA)
ARCA è il primo sistema italiano di certificazione per le costruzioni in legno. Il suo protocollo garantisce la durabilità, la sicurezza contro il sisma e il fuoco, il risparmio energetico, la sostenibilità, i materiali, la salubrità delle costruzioni in legno.

La certificazione ARCA[13] nasce con l'obiettivo di valorizzare e promuovere l'edilizia in legno "di qualità" e pone come criteri indispensabili per gli edifici certificati ARCA le seguenti caratteristiche:

- sostenibilità ed ecocompatibilità;
- antisismicità: qualsiasi edificio certificato, sia esso costruito con struttura portante a pannelli o telaio o X–Lam, è garantito in quanto rispetto al cemento armato resiste meglio alle sollecitazioni telluriche;
- resistenza al fuoco;
- comfort ambientale;
- risparmio energetico: il legno garantisce ottime prestazioni e caratteristiche di isolamento termico;
- isolamento acustico: le moderne strutture in legno utilizzano materiali termoisolanti che assicurano un elevato isolamento acustico.
- durabilità nel tempo e manutenzione.

I livelli di certificazione previsti per gli edifici in legno certificati ARCA e definiti nel Regolamento Tecnico varato da Habitech – Distretto Tecnologico del Trentino nonché soggetto individuato dalla Provincia autonoma di Trento quale responsabile del progetto sono quattro: Green, Silver, Gold e Platinum che corrispondono rispettivamente alle varie fasce qualitative.

L'edificio in legno deve rispondere essenzialmente a 13 requisiti ripartiti in 3 categorie principali:

[13] Sitografia di riferimento ARCA: https://www.arcacert.com/

- Prestazioni tecniche: sicurezza antisismica, resistenza al fuoco, efficienza energetica, isolamento acustico, permeabilità all'aria, ventilazione meccanica controllata e comfort con recupero del calore;
- Gestione dell'edificio: regole della qualità costruttiva, piano di manutenzione, polizza assicurativa postuma decennale;
- Sostenibilità: legno certificato PEFC o FSC a filiera corta, programma di progettazione integrata, materiali basso emissivi e di produzione locale.

A ognuno dei tredici requisiti è associato un punteggio massimo: per avere il marchio Green (I livello qualitativo di certificazione) è sufficiente raggiungere 31 punti (36 nel caso di scuole, ambulatori e ospedali), per raggiungere il Platinum bisogna ottenere almeno 80 punti.

CasaClima Nature
CasaClima Nature è il protocollo che permette di valutare e certificare un edificio non solo dal punto di vista dell'efficienza energetica, ma anche rispetto agli impatti sull'ambiente e sulla salute e il benessere delle persone.

CasaClima Nature[14] propone una valutazione degli impatti ambientali dei materiali e dei sistemi impiegati nella costruzione e dell'impatto idrico dell'edificio, espresso in termini di fabbisogno di acqua potabile e di mantenimento del ciclo idrico naturale. A garanzia del comfort e della salubrità degli utenti per gli ambienti interni sono richiesti precisi requisiti per la qualità dell'aria, per l'illuminazione naturale, per il comfort acustico e per la protezione dal gas radon.

La certificazione CasaClima Nature può essere richiesta sia per edifici residenziali, sia per edifici non residenziali. Affinché un edificio possa ottenere la certificazione CasaClima Nature devono essere soddisfatti tutti i seguenti requisiti:

• Indice di efficienza dell'involucro: inferiore ai 50 kWh/m^{2}a;
• Indice di emissione di CO2: inferiore ai 20 kg CO2/m^{2}a;
• Impatto ambientale dei materiali da costruzione inferiore ai 300 punti per tutti gli edifici;

[14] Sitografia di riferimento CasaClima Nature:
https://www.agenziacasaclima.it/it/certificazionesostenibilita/casaclimanature-1387.html

• Impatto idrico dell'edificio: il requisito minimo richiesto è WKW ≥ 35%;

• Qualità dell'aria interna: è richiesta la presenza della ventilazione meccanica controllata e/o devono essere utilizzati negli ambienti interni materiali e prodotti che rispettano i limiti di emissione come definiti in direttiva tecnica.

• Illuminazione naturale: nell'ambiente principale dell'unità abitativa deve essere garantito un fattore di luce diurna medio FmLD ≥ 2%; nelle aule scolastiche un FmLD ≥ 3%;

• Comfort acustico: devono essere rispettati i limiti di fonoisolamento definiti in direttiva tecnica;

• Protezione dal gas radon: per nuovi edifici deve essere garantita una concentrazione di gas radon negli ambienti interni inferiore ai 200 Bq/m³; per l'esistente una concentrazione inferiore ai 400 Bq/m³.

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB)
Il sistema tedesco DGNB valuta la sostenibilità degli edifici non focalizzandosi solo sulla prestazione energetica, ma adottando una visione più olistica del concetto di edificio sostenibile.

La valutazione dell'edificio nel sistema DGNB[15] è suddivisa in cinque categorie: qualità economica, ecologica, socioculturale, tecnica e di processo. Similmente agli altri sistemi di certificazione, ogni categoria è suddivisa in criteri e indicatori, la cui somma pesata fornisce il risultato finale (argento, oro o platino, e nel caso di edifici esistenti anche bronzo). Nella qualità "ecologica" la principale categoria di valutazione riguarda l'analisi del ciclo di vita (LCA) dell'edificio, calcolando il GWP (*Global Warming Potential*) e altri indicatori, dovuti dai materiali e dai consumi energetici su un arco di 50 anni. Vi sono poi criteri riguardanti l'uso di risorse naturali (pietra, legno, acqua), la selezione dei materiali con basse emissioni VOC e la contaminazione del suolo. Anche nei criteri economici l'analisi dei costi è calcolata su un periodo di 50 anni tramite un esercizio di *Life Cycle Costing*. Le qualità socioculturali sono divise in criteri legati al comfort (termico, visivo, acustico e della qualità dell'aria) e alla funzionalità (come la qualità degli spazi esterni,

[15] Sitografia di riferimento DGNB: https://www.dgnb.de/de/index.php

l'offerta al pubblico, la sicurezza, ecc.). Nella qualità tecnica sono valutate ad esempio la manutenzione e l'accessibilità degli impianti così come le caratteristiche fisiche dell'involucro edilizio. Oltre ai fattori riguardanti la forma e le caratteristiche tecniche dell'edificio, sono considerati i processi che portano alla sua realizzazione, come la selezione del team di progettazione, l'organizzazione del cantiere e la documentazione a fine progetto.

Haute Qualité Environnementale (HQE)
In Francia la certificazione ambientale prende il nome di HQE e viene intesa come "certificazione di processo", ovvero non si valuta la compatibilità ambientale dell'edificio ma la qualità ambientale di tutto il processo edilizio.

Il sistema HQE[16] analizza l'intero ciclo di vita dell'edificio, dalla fase di costruzione a quella di demolizione, con lo scopo di individuare le migliori strategie per ridurre significativamente i danni sull'ambiente, provocati dall'edificio stesso, quali ad esempio consumi di energia e di acqua ed emissioni di CO_2.

Il sistema è applicabile a tutti i tipi di edifici nuovi ed esistenti nel settore residenziale, terziario e industriale, nonché alle strade e alle autostrade.

Il framework comprende 14 obiettivi raggruppati in 4 temi:

- Bioedilizia: relazione armonica dell'edificio con l'ambiente che lo circonda; scelta integrata delle tecnologie e dei materiali da costruzione e cantieri a basso impatto.
- Ecogestione: gestione dell'energia, gestione dell'acqua, gestione dei rifiuti dell'attività di cantiere, manutenzione e riparazione e realizzazione di un ambiente interno soddisfacente.
- Comfort: comfort rispetto all'umidità, comfort acustico, visivo e olfattivo.
- Salute: condizioni sanitarie, qualità dell'acqua e dell'aria.

[16] Sitografia di riferimento HQE: https://www.hqegbc.org/

Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale (ITACA)
Il Protocollo ITACA è uno strumento di valutazione del livello di sostenibilità energetica e ambientale degli edifici. Il Protocollo ha diverse finalità in relazione al suo differente uso: è uno strumento a supporto della progettazione per i professionisti, di controllo e indirizzo per la pubblica amministrazione, di supporto alla scelta per il consumatore, di valorizzazione di un investimento per gli operatori finanziari.

Tra i più diffusi sistemi di valutazione, il Protocollo ITACA[17] permette di verificare le prestazioni di un edificio in riferimento non solo ai consumi e all'efficienza energetica, ma prendendo anche in considerazione il suo impatto sull'ambiente e sulla salute dell'uomo, favorendo così la realizzazione di edifici sempre più innovativi, a energia zero, a ridotti consumi di acqua, nonché materiali che nella loro produzione comportino bassi consumi energetici e nello stesso tempo garantiscano un elevato comfort. Il Protocollo garantisce inoltre l'oggettività della valutazione attraverso l'impiego di indicatori e metodi di verifica conformi alle norme tecniche e leggi nazionali di riferimento.

Il Protocollo ITACA, nasce nei primi anni 2000 dall'esigenza delle Regioni di dotarsi di strumenti validi per supportare politiche territoriali di promozione della sostenibilità ambientale nel settore delle costruzioni, è stato realizzato da ITACA (Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale - Associazione nazionale delle Regioni e delle Province autonome), nell'ambito del Gruppo di lavoro interregionale per l'Edilizia Sostenibile istituito nel dicembre 2001, con il supporto tecnico di iiSBE Italia (*international initiative for a Sustainable Built Environment Italia*) e ITC-CNR, ed approvato il 15 gennaio 2004 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome. In seguito, il Protocollo è stato adottato da numerose Regioni e amministrazioni comunali in diverse iniziative volte a promuovere e ad incentivare l'edilizia sostenibile attraverso: leggi regionali, regolamenti edilizi, gare d'appalto, piani urbanistici, ecc.

I principi su cui si basa lo strumento sono:

- l'individuazione di criteri, ossia i temi ambientali che permettono di misurare le varie prestazioni ambientali dell'edificio posto in esame;

[17] Sitografia di riferimento Protocollo ITACA: http://www.registroprotocolloitaca.org/protocollo.asp

- la definizione di prestazioni di riferimento (benchmark) con cui confrontare quelle dell'edificio ai fini dell'attribuzione di un punteggio corrispondente al rapporto della prestazione con il benchmark;
- la "pesatura" dei criteri che ne determinano la maggiore e minore importanza;
- il punteggio finale sintetico che definisce il grado di miglioramento dell'insieme delle prestazioni rispetto al livello standard.

Sustainable Building (SB) Tool, International Initiative for a Sustainable Built Environment (SBTool)
SBTOOL, precedentemente noto come GBTool (Green Building Tool), è un sistema di valutazione atto a definire una base di riferimento per un sistema di certificazione volontario applicabile nelle diverse realtà nazionali in base al contesto climatico, ambientale, economico, culturale e tecnologico.

SBTool[18] nasce come strumento internazionale in grado di adattarsi alle caratteristiche di qualsiasi ambito geografico di applicazione. SBTool è infatti un "*Generic Framework*", ovvero uno sistema multicriteria generico che necessita di una contestualizzazione regionale per poter essere utilizzato in relazione alle caratteristiche di ogni regione. La contestualizzazione consiste nella scelta dei criteri più rilevanti da attivare, nell'assegnazione di pesi ai criteri per riflettere le priorità locali e la definizione di scale di prestazione (benchmark) tarate sulla prassi e le condizioni locali. In tal modo, si ottiene un protocollo operativo in grado di misurare il livello di sostenibilità di una costruzione in relazione al contesto in cui è ubicata.
Discendendo dalla medesima origine, SBTool, tutti i sistemi di valutazione contestualizzati consentono di comparare i risultati ottenuti nelle diverse regioni. Attraverso l'impiego di *Key Performance Indicators*, è possibile aggregare le prestazioni raggiunte da edifici in diverse regioni per misurare il progresso verso gli obiettivi globali e comuni, come ad esempio gli SDG dell'Agenda 2030.

[18] Sitografia di riferimento SBTool: https://www.iisbe.org/sbmethod

Le fasi di sviluppo dello strumento comprendono: la definizione della struttura (framework), la selezione dei criteri di valutazione più appropriati in base alla destinazione d'uso della costruzione, la definizione degli indicatori e delle relative scale di prestazione per ogni criterio, l'attribuzione dei pesi.

Dato che i criteri di valutazione sono organizzabili in moduli e secondo una precisa gerarchia, è possibile generare strumenti di valutazione a diversi livelli di complessità.

SBTOOL viene applicato su 7 aree di valutazione: consumo di risorse, carichi ambientali, qualità dell'ambiente indoor, gestione degli impianti tecnici, gestione e manutenzione, trasporti, aspetti economici.

La complessità dello strumento di valutazione segue tendenzialmente quella della costruzione oggetto dell'analisi: si può quindi passare da uno strumento per edifici residenziali di 10-20 criteri a strumenti per edifici complessi (es. centri commerciali) che ne contemplano fino a 80-100.

La prima versione di SBTool italiana è del 2002 e fu presentata in occasione della conferenza mondiale Sustainable Building a Oslo. L'SBTool 2002 residenziale può essere considerato la matrice del Protocollo ITACA.

WELL Building Standard
La certificazione WELL, promossa dall'International WELL Building Institute (IWBI), è il primo standard edilizio incentrato sulla salute umana e sul benessere.

Lanciata nel 2014 dall'*International WELL Building Institute* (IWBI), WELL Building Standard®[19], è il primo sistema di certificazione che attesta, attraverso un rating, la salubrità di un edificio tramite un approccio olistico che considera il comfort, la sicurezza e il benessere psico-fisico degli occupanti; WELLV2® ne rappresenta la versione più aggiornata e rigorosa. La rispondenza di un edificio allo standard WELL si basa su oltre cento requisiti di prestazione raggruppati in sette grandi categorie:

- Aria: migliorare la qualità dell'aria interna assicurando ricambi e utilizzando filtri anti particolato;

[19] Sitografia di riferimento WELL: https://www.wellcertified.com/

- Acqua: facilitare l'accesso ad acqua di alta qualità ottenuta con adeguate tecniche di filtrazione e regolarmente controllata;
- Alimentazione: limitare la presenza di alimenti altamente trasformati e incoraggiare una migliore cultura alimentare;
- Illuminazione: promuovere sistemi di illuminazione progettati per aumentare le prestazioni visive, garantire comfort visivo e produrre benefici psicologici e neurologici;
- Movimento: sostenere uno stile di vita attivo e scoraggiare comportamenti sedentari;
- Comfort: creare ambienti interni confortevoli dal punto di vista termico, acustico, ergonomico e olfattivo;
- Mente: ottimizzare la salute cognitiva ed emotiva.

Lo standard WELL è pensato per integrarsi con le certificazioni di efficienza energetica e sostenibilità ambientale degli edifici come la *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). È infatti certificato dalla *Green Business Certification Incorporation* (GBCI), che gestisce anche il programma di certificazione LEED.

Protocolli di certificazione del Green Building Council Italia (GBC)
I protocolli energetico ambientali GBC Italia sono sistemi di certificazione volontari, finalizzati alla misurazione delle prestazioni di un edificio dalla fase di concept alla fase di esercizio attraverso l'applicazione di standard per la progettazione, costruzione ed esercizio

I protocolli GBC[20] rappresentano gli strumenti per misurare tutte le prestazioni di un "sistema edificio" o su più ampia scala di intere aree urbane, considerandoli nel complesso, tramite l'analisi di parametri prestazionali standardizzati. Tali strumenti prendono in esame un set ampio di parametri prestazionali, non solo dunque l'efficienza energetica, ma anche l'efficienza idrica, il comfort e la salubrità ambientale interna, l'impatto generato dalle attività di costruzione sull'ambiente naturale rispettando gli

[20]Sitografia di riferimento GBC: https://gbcitalia.org/certificazione/gbc/

equilibri dell'ecosistema e i processi di economia circolare. I parametri così definiti risultano largamente allineati ai diversi criteri di vaglio tecnico della tassonomia[21].

In continuità con gli obiettivi della tassonomia i sistemi di certificazione GBC Italia mirano a ridurre il contributo al cambiamento climatico globale, proteggere le risorse idriche e la biodiversità, promuovere i cicli di materiali sostenibili e rigenerativi nonché costruire un'economia verde. I protocolli guidano il processo edilizio attraverso strumenti chiari e univoci in grado di fornire risultati misurabili e confrontabili.

GBC Italia ha sviluppato una famiglia di sistemi di rating per la qualità e la sostenibilità delle costruzioni che coprono interventi dal piccolo residenziale (GBC HOME), fino a porzioni di territorio come i quartieri (GBC Quartieri). La peculiarità del contesto culturale italiano ha spinto l'associazione ad elaborare un protocollo specifico e prodotto originale della cultura italiana (GBC *Historic Building*) funzionale alla riqualificazione degli edifici storici. GBC Italia sta, inoltre, sviluppando uno strumento apposito per la riqualificazione dei condomini (GBC Condomini) poiché più della metà degli edifici condominiali presenti in Italia sono antecedenti al 1970 e in classi energetiche F o G, il che comporta uno spreco energetico molto considerevole.

I sistemi GBC rappresentano strumenti utili per le Pubbliche Amministrazioni e gli operatori del mercato, perché permettono di coniugare esigenze economiche, ambientali e sociali. Si tratta di metriche finalizzate al monitoraggio delle performance del sistema edificio o del più ampio sistema quartiere, che vengono verificate da un ente terza parte. In poche

[21] L'Agenda 2030 e il Green Deal, a livello europeo, hanno introdotto un nuovo quadro di riferimento basato su obiettivi di sviluppo sostenibile. Al fine di valutare gli impatti di un'attività rispetto a questi obiettivi è stato creato un sistema di classificazione, la tassonomia delle attività economiche sostenibili. All'interno di questo sistema di classificazione un'attività è considerata sostenibile se:
a) contribuisce in modo sostanziale al raggiungimento di uno o più degli obiettivi ambientali:
1. mitigazione dei cambiamenti climatici,
2. adattamento ai cambiamenti climatici,
3. uso sostenibile e protezione delle acque e delle risorse marine,
4. transizione verso un'economia circolare,
5. prevenzione e riduzione dell'inquinamento,
6. protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi;
b) non arreca un danno significativo a nessuno degli obiettivi;
c) è svolta nel rispetto delle garanzie minime di salvaguardia;
d) è conforme ai criteri di vaglio tecnico fissati dalla Commissione;
La tassonomia e in particolare i criteri di vaglio tecnico specificano, per i diversi obiettivi ambientali, i principali contributi, le prescrizioni minime da soddisfare di tipo quantitativo o qualitativo a lungo e a breve termine.

parole, garantiscono: sostenibilità e trasparenza. I criteri di vaglio tecnico specificano, per i diversi obiettivi ambientali, i principali contributi, le prescrizioni minime da soddisfare di tipo quantitativo o qualitativo a lungo e a breve termine.

Il protocollo GBC Historic Building® si applica nel caso di interventi di restauro, riqualificazione o recupero, anche di parziale integrazione, ma comunque nell'ambito di ristrutturazioni importanti, intese come interventi che coinvolgono elementi rilevanti degli impianti di climatizzazione e il rinnovo o la riorganizzazione funzionale degli spazi interni, valutando possibili soluzioni di miglioramento prestazionale dell'involucro edilizio, compatibilmente con la salvaguardia dei caratteri tipologici e costruttivi dell'edificio esistente.

CradletoCradle (C2C)
La certificazione Cradle to Cradle è un approccio olistico che tiene in considerazione gli aspetti economici, industriali e sociali, al fine di creare sistemi che non siano solo efficienti, ma che mirino anche a ridurre gli scarti al minimo. Per questo motivo è uno strumento essenziale per l'economia circolare.

La *Cradle to Cradle*® è un approccio alla progettazione di sistemi che trasforma i processi produttivi, assimilando i materiali usati ad elementi naturali che sono in grado di rigenerarsi. È uno standard di certificazione del *Cradle to Cradle Products Innovation Institute* americano e nasce da una "*circular design philosophy*", un approccio secondo il quale il mondo produttivo dovrebbe fare propri i modelli naturali, per arrivare ad un'economia prospera in cui i materiali sicuri sono riciclati e fabbricati in modi che hanno un impatto positivo sulle persone e sul pianeta. Nell'industria, soprattutto in quella Statunitense, la C2C "Dalla Culla alla Culla" (in inglese *Cradle to Cradle*) è un modo di pensare, ideare e creare il design di un prodotto, in maniera che questo abbia un impatto ambientale sostenibile.

Il principio base della *Cradle to Cradle*® è quello di preservare e valorizzare gli ecosistemi e i cicli biologici della natura. Questo modello, quindi, non è limitato al design industriale e manifatturiero, ma può essere applicato anche agli ambienti urbani, agli edifici,

all'economia e alle realtà sociali, che complessivamente costituiscono un sistema di "sviluppo del Ciclo di Vita". I principi sui quali si fonda la *Cradle to Cradle*, sono:

- Ciclo: rifiuti = cibo, cioè gli elementi di cui è costituito un prodotto possono essere riciclati e riutilizzati come "nutrienti" in un'altra catena di produzione, all'interno di cicli infiniti di riutilizzo;
- Energia: l'approccio *Cradle to Cradle* richiede necessariamente l'utilizzo di energia rinnovabile, che sostituisca quella di origine fossile, al fine di compensare le emissioni di CO_2;
- Diversità: le aziende devono impegnarsi sul fronte della giustizia sociale, ambientale e nella protezione della biodiversità.

L'autorevolezza di questa certificazione è testimoniata dal fatto che *l'Environmental Protection Agency* (EPA) statunitense include la C2C nelle sue "*Recommendations of Specifications, Standards, and Ecolabels for Federal Purchasing*". In Italia non ci sono assessor autorizzati dal *Cradle to Cradle Products Innovation Institute* a svolgere le verifiche che portano alla certificazione.

Cradle to Cradle è una certificazione di prodotto, una delle prime sull'economia circolare, che si basa su 5 categorie di indicatori: materiali riciclati, salubrità dei materiali, gestione delle acque, emissioni, e aspetti sociali. Si considera anche il fine vita, tenendo conto della percentuale di materiali riciclabili e compostabili. Per i prodotti che si candidano alla C2C vengono analizzati i processi relativi a questi indicatori, non solo in azienda ma risalendo la filiera dei fornitori. I risultati vengono trasmessi all'istituto americano che li valuta e autorizza la certificazione, rilasciata in cinque livelli: basic, bronze, silver, gold e platinum.

4.6 Gli indicatori per il riuso adattivo del patrimonio culturale nella prospettiva dell'economia circolare

Gli strumenti di valutazione svolgono un ruolo fondamentale per valutare e monitorare l'efficienza e l'efficacia del modello circolare, ovvero per valutare gli impatti (positivi e/o negativi) dei progetti e delle iniziative nello spazio fisico città/territorio.

Sebbene l'interesse per il modello di economia circolare sia in crescita, il dibattito intorno ad esso rimane più che altro a livello teorico, mentre gli strumenti per implementarlo sono ancora un fertile campo di ricerca (de Jesus et al., 2018). Le conoscenze su come implementare questo nuovo modello sono ancora confuse e carenti. In letteratura esistono alcuni studi sugli indicatori dell'economia circolare, ma sono piuttosto settoriali e non includono contemporaneamente tutti i principi chiave del modello.

In Europa, la sostenibilità degli edifici culturali è guidata da indicatori legati principalmente a standard basati sull'analisi del ciclo di vita, alla valutazione dell'impatto ambientale e alle certificazioni di bioedilizia (Foster & Krenin, 2020). Mentre ad oggi non esiste ancora un sistema di indicatori comunemente riconosciuto per la valutazione dei beni culturali in una prospettiva di economia circolare che includa simultaneamente tutti gli impatti legati alle dimensioni ambientale, sociale, economica e culturale. Il processo decisionale del riuso dei beni culturali non può essere incentrato solo sulla questione economica (in base alla quale il riuso può spesso essere più costoso della demolizione e della ricostruzione). Data la particolarità dell'oggetto della valutazione, altri impatti (sociali, culturali, ambientali), oltre a quelli finanziari, devono essere necessariamente considerati nel quadro di valutazione. Spesso viene data meno importanza agli impatti socio-culturali del riuso durante i processi decisionali (Aigwi et al., 2020; Bullen & Love, 2011).

Per comprendere appieno la convenienza di un progetto di riutilizzo, occorre invece considerare i suoi impatti multidimensionali. La sfida è individuare le soluzioni di riutilizzo funzionali in grado di integrare l'economia con l'ecologia e la dimensione umana. Per farlo, sono necessari strumenti di valutazione adeguata supportati da set di indicatori multidimensionali.

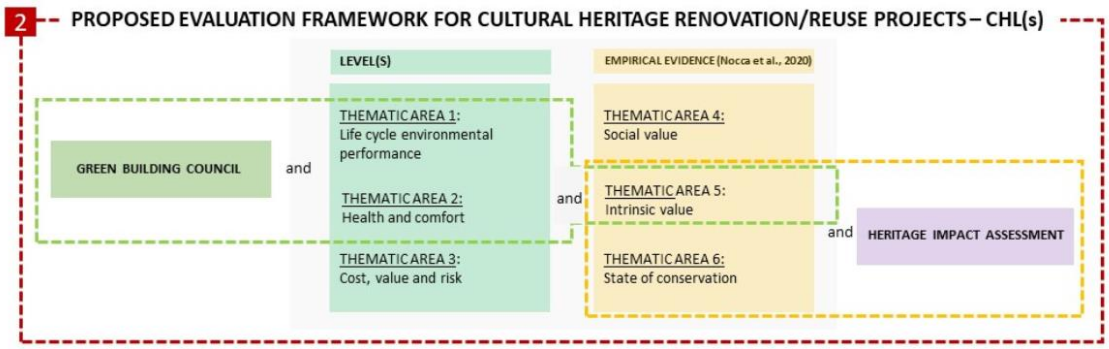
Nocca & Angrisano (2023) presentano una proposta metodologica per valutare gli impatti multidimensionali dei progetti di riuso funzionale del patrimonio culturale nella prospettiva dell'economia circolare integrando lo strumento Level(s) della Commissione Europea.
Lo strumento Level(s), che è ancora in fase di sperimentazione, promuove una prospettiva olistica basata sulla valutazione del ciclo di vita e si basa su sei macro-obiettivi che corrispondono a tre aree tematiche: 1) prestazioni ambientali del ciclo di vita; 2) salute e benessere; 3) costo, valore e rischio. Ciascuna delle suddette aree tematiche contiene alcuni macro-obiettivi, per un totale di sei macro-obiettivi.
Anche se abbastanza completo, lo strumento Level(s) non menziona specificamente la cultura. Tuttavia, visto che la stessa Unione Europea ne riconosce il ruolo significativo come uno dei motori dello sviluppo sostenibile, è essenziale che l'UE affronti specificamente la questione relativa agli strumenti di attuazione per il riuso funzionale del patrimonio culturale, fornendo un elenco completo e adeguato di indicatori multidimensionali (economici, ambientali, sociali e culturali). A tal proposito, Nocca & Angrisano (2023) integrano lo strumento Level(s) con altre aree tematiche e indicatori al fine di includere nel quadro vari aspetti e valori associati ai progetti relativi ai beni culturali. In particolare, sono state individuate tre nuove aree tematiche da aggiungere a quelle individuate dalla Commissione Europea, ovvero 1) valore sociale; 2) valore intrinseco; 3) stato di conservazione (tabella 4.17, pag. successiva). Le tre aree tematiche aggiunte sono fondamentali per avere un quadro completo di valutazione dei progetti relativi ai beni culturali, nella consapevolezza che il patrimonio culturale è caratterizzato da valori sia tangibili che intangibili. Pertanto, gli indicatori relativi al valore intrinseco (espresso ad esempio in termini di attaccamento al luogo) e valore sociale sono stati considerati nel quadro di valutazione proposto. Le sei aree tematiche sono quindi in grado di coprire tutte le dimensioni: ambientale, sociale, culturale ed economica. Quelle ambientale ed economica erano già incluse nello strumento Level(s).
Il framework CHL(s) proposto in questo documento (figura 4.12, pag. successiva) identifica ulteriori indicatori rispetto a quelli proposti originariamente proposti da Nocca et al. (2019):

- Indicatori desunti dal manuale del *Green Building Council* (GBC);
- Indicatori desunti dall'*Heritage Impact Assessment* (HIA).

Tabella 4.17. Aree tematiche e macro-obiettivi del Level integrati da Nocca & Angrisano (2023).

Area tematica	Macro-obiettivi
1. Prestazioni ambientali del ciclo di vita	Emissioni di gas serra durante il ciclo di vita di un edificio; Ciclo di vita dei materiali efficiente in termini di risorse e circolare; Uso efficiente delle risorse idriche.
2. Salute e benessere	Salute e benessere
3. Costo, valore e rischio	Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici; Costo del ciclo di vita ottimizzato.
4. Valore sociale	Generazione e rigenerazione del capitale sociale.
5. Valore intrinseco	Generazione e rigenerazione del valore intrinseco.
6. Stato di conservazione	Miglioramento dello stato di conservazione e prolungamento del valore d'uso dell'edificio.

Figura 4.12 Framework di valutazione per il riuso del patrimnoio culturale CHL(s) proposto da Nocca & Angrisano, 2023.



Aigwi et al. (2020) identificano i parametri rilevanti da considerare durante i processi decisionali di riutilizzo adattivo degli edifici storici per la rigenerazione urbana basati sulle prestazioni. Gli aspetti prioritari identificati che potrebbero contribuire alla creazione di aree urbane sostenibili e resilienti attraverso l'approccio del riuso adattivo sono la sostenibilità economica, la conservazione del patrimonio costruito, gli aspetti socio-

culturali, l'usabilità degli edifici e gli aspetti normativi. L'aspetto della sostenibilità economica del quadro basato sulle prestazioni mira ad aumentare le attività commerciali locali, il valore delle proprietà e dei terreni degli edifici vicini, la creazione di posti di lavoro e le entrate derivanti dal turismo grazie al potenziale nuovo utilizzo dell'edificio storico. Mentre la conservazione del patrimonio costruito mira a promuovere lo sviluppo storico e culturale, gli aspetti socio-culturali mirano al miglioramento dell'identità culturale condivisa, del senso di appartenenza, il significato culturale del luogo e il ciclo di vita dell'edificio storico durante un processo decisionale di riuso adattivo. Inoltre, l'aspetto dell'usabilità dell'edificio mira a ridurre al minimo l'obsolescenza e l'alto tasso di sfitto degli edifici storici attraverso deliberazioni sul nuovo utilizzo, sui potenziali utenti e sulla funzionalità dell'edificio storico. L'aspetto normativo mira a bilanciare le deliberazioni normative tra le parti interessate per promuovere conformità alle normative edilizie, sismiche, di igiene e sicurezza ambientale, antincendio, di emergenza e di invalidità degli edifici storici. Quindi i processi decisionali di un progetto di riutilizzo adattivo devono tenere conto di altri aspetti oltre ai guadagni economici se si vuole realizzare una corretta interpretazione e valutazione delle potenzialità delle alternative di edifici storici. Troppa enfasi solo sulle questioni monetarie potrebbe innescare un processo decisionale distorto. Come sottolineano Aigwi et al. (2020), esistono molti indicatori per valutare gli impatti economici dei progetti di riuso degli edifici del patrimonio culturale. Ad esempio, individuano indicatori relativi all'occupazione (in termini di creazione di nuove imprese e nuovi posti di lavoro), all'aumento del valore delle proprietà degli edifici circostanti e all'incremento delle entrate derivanti dalle attività turistiche legate all'edificio oggetto di riuso. Gli approcci settoriali sono i principali proposti in letteratura. Uno strumento ufficialmente riconosciuto per la valutazione dei progetti relativi ai beni culturali è la Valutazione dell'impatto sul patrimonio dell'ICOMOS (2011). Esaminando la letteratura scientifica pertinente, alcuni autori osservano che il riutilizzo del patrimonio culturale ha una serie di effetti positivi, in particolare sull'ambiente. Foster & Krenin (2020) elaborano un *Circular Environmental Impact Indicator Framework* per la valutazione del riuso del patrimonio culturale, focalizzandolo però solo sulla dimensione ambientale. Foster & Krenin (2020) sviluppano un nuovo quadro completo di economia circolare per il riutilizzo degli edifici storici al fine di ridurre gli impatti ambientali. Il quadro, partendo dalla

letteratura rilevante in materia, integra metodi e tecniche della letteratura edilizia che mirano a ridurre gli impatti ambientali del ciclo di vita degli edifici sulla base di un approccio circolare. Il quadro mira a essere flessibile e di facile comprensione, per fornire una guida sia ai tecnici che ai non addetti ai lavori.

Baker et al. (2017), confrontando cinque casi di studio, analizzano il processo decisionale per la scelta della demolizione o dell'adattamento degli edifici. Analizzano i vantaggi e gli svantaggi dell'adattamento rispetto alla demolizione. I vantaggi dell'adattamento includono il risparmio di energia incorporata e la conservazione dei valori del patrimonio.

Della Spina (2020) propone un modello di valutazione integrata per valutare e confrontare diversi scenari di potenziale riuso di alcune fortificazioni storiche in Sicilia (Italia meridionale). Partendo da focus group con attori esperti, individua una matrice di criteri e indicatori di impatto multidimensionale (3 criteri e 11 indicatori) secondo la prospettiva sistemica del paesaggio proposta nella Raccomandazione HUL dell'UNESCO (2011).

Sheata et al. (2015) propongono un quadro di valutazione completo per valutare i progetti di riuso dei beni culturali al Cairo, partendo dalla consapevolezza che molti di essi non hanno avuto successo anche perché sono stati analizzati da una prospettiva singolare. La natura interdisciplinare del riuso funzionale dei beni culturali richiede invece un quadro di valutazione integrato. Essi, in particolare, individuano numerosi criteri suddivisi in tre temi principali: conservazione dell'edificio, successo della nuova funzione e sviluppo della comunità locale.

L'aumento del valore economico degli edifici riutilizzati si trasferisce nel tempo anche agli edifici circostanti come effetto indiretto di spillover. Inoltre, tra gli effetti indiretti legati al riuso del patrimonio culturale c'è anche il potenziale aumento del reddito derivante dalla crescita del turismo culturale, dovuto a una maggiore attrattività dell'area (Saleh et al., 2017). Altri benefici economici derivanti dal riuso funzionale del patrimonio culturale sono legati a nuove opportunità di lavoro legate alla nuova funzione attribuita al bene, ai risparmi derivanti dal riutilizzo dei materiali da costruzione (Aigwi et al., 2018; Bullen e Love, 2010; Conejos et al., 2011) e ai risparmi dovuti al periodo di lavoro più breve perché gli elementi strutturali sono già esistenti (Douglas, 2006). L'ambiente storico e l'attività economica sono strettamente legati considerando le numerose attività economiche che dipendono da esso, si svolgono al suo interno e lo attraggono (Historic England, 2019).

Infine, il progetto Horizon 2020 CLIC include il patrimonio culturale e la rigenerazione del paesaggio e il riutilizzo adattivo come motori di un'economia circolare nelle città e nelle regioni, individuando una serie di criteri e indicatori per le valutazioni ex-post ed ex-ante dei progetti di riuso adattivo del patrimonio culturale, basandosi sulla classificazione delle dimensioni della circolarità (capacità generativa, rigenerativa e simbiotica).

Parte II. LA METODOLOGIA

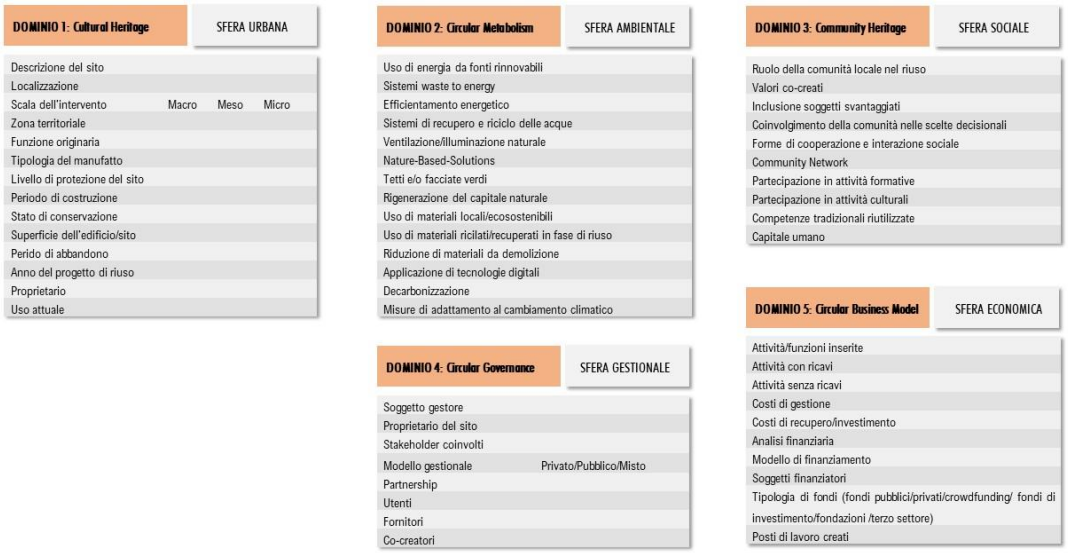
Capitolo 5

Le analisi empiriche: buone pratiche di riuso adattivo del patrimonio culturale industriale

La parte metodologica che si riferisce alle analisi empiriche (*evidence-based analysis*) si basa su cinque domini per la catalogazione dei dati e delle informazioni per le buone pratiche/esperienze di riuso adattivo del patrimonio culturale e, in particolare, di archeologia industriale. Tali domini vengono estrapolati e rielaborati a partire dallo studio condotto dalla ricerca CLIC sulle buone pratiche di riuso adattivo del patrimonio culturale (CLIC WP1 D1.4 Database of best practices). Questa fase propone un "*holistic five domain approach*" che consente la strutturazione dei casi analizzati in una serie di schede informative costruite su domini di circolarità (figura 5.1, pag. successiva):

1. *Capitale Manufatto*: indaga il capitale manufatto, ovvero morfologia, tipologia, genius loci, etc. del patrimonio archeologico industriale dismesso.
2. *Metabolismo Circolare*: si focalizza sugli impatti ecologici e sulle misure di rigenerazione/mitigazione (*nature-based solutions*) attuate nelle pratiche di riuso. Indaga l'uso di energia rinnovabile, ventilazione e illuminazione naturale, sistemi di recupero e riciclo delle acque, sistemi *waste-to-energy*, tetti e/o facciate verdi, materiali locali eco-sostenibili e/o riciclati/da demolizione, applicazione di tecnologie digitali, decarbonizzazione, misure di adattamento al cambiamento climatico.
3. *Capitale Sociale*: si sofferma sulla partecipazione/inclusione della comunità e sulla ri-generazione di benefici/valori sociali.
4. *Modello Finanziario*: analizza il modello economico e i canali di finanziamento.
5. *Governance*: indaga gli aspetti gestionali del patrimonio e l'attivazione/coinvolgimento degli *stakeholder* attraverso *partnerships*.

Figura 5.1 I domini di circolarità per l'analisi dei casi di studio.



I casi studio vengono analizzati attraverso questi domini per meglio rilevare i fattori di successo che hanno portato al conseguimento delle migliori performance in termini di circolarità complessiva negli esempi di riuso adattivo analizzati, considerando la conservazione dei valori culturali, i metabolismi circolari attivati attraverso la gestione dei materiali, dell'energia e dell'acqua in una prospettiva di *life-cycle assessment*, l'autosostenibilità del modello economico adottato nel lungo periodo e gli impatti sociali ed economici a livello locale. L'indagine dettagliata delle buone pratiche include l'analisi dei costi e degli investimenti necessari per il riuso adattivo del patrimonio culturale e delle modalità di riduzione dei costi e di reinvestimento dei capitali attraverso modelli sinergici e cooperativi, tecnologie innovative, così come il ruolo effettivo degli attori del terzo settore in termini di maggiore capacità di gestione per generare impatti sociali positivi e impegnarsi in partnership pubblico-privato-sociali.

I casi di studio (riassunti in tabella 5.1) raccolti e catalogati sono strutturati in apposite schede al fine di individuare le principali criticità e le pratiche positive emerse dai casi di riuso del patrimonio archeologico industriale, così da indirizzare e orientare la progettazione della metodologia di ricerca e l'individuazione degli indicatori di circolarità che la tesi sviluppa per la valutazione dei progetti di riuso adattivo del patrimonio culturale.

Tabella 5.1 I casi di studio

Patrimonio industriale culturale riutilizzato	**Localizzazione del sito industriale dismesso**	**Intervallo temporale dell'intervento di riuso adattivo**	**Uso**	
			Prima del riuso adattivo	**Dopo il riuso adattivo**
Pakhuis de Zwijger	Amsterdam, Olanda	2001 - 2006	Magazzino di stoccaggio delle materie prime	Hub culturale
C-mine	Genk, Belgio	2000 - 2005	Miniera di carbone	Hub creativo
De Hoorn	Leuven, Belgio	2007 - 2012	Birrificio	Usi misti
De Ceuvel	Amsterdam, Olanda	2012 - 2014	Cantiere navale	Living Lab
Artscape Wychwood Barns	Toronto, Ontario, Canada	2003 - 2008	Fienili per la riparazione dei tram	Centro comunitario multiuso e parco pubblico

5.1 Pakhuis de Zwijger, Amsterdam, Olanda

Magazzino di raffreddamento

Hub culturale

Pakhuis de Zwijger può essere considerata una buona pratica di riuso adattivo del patrimonio industriale dismesso. Originariamente magazzino di raffreddamento, l'intervento di riuso ha trasformato, nel 2006, lo stabilimento industriale in un Hub culturale, una piattaforma per l'innovazione urbana, che organizza programmi ed eventi sui temi della città. Il suo marchio di fabbrica è l'introduzione dell'"Amsterdam Approach", ovvero un modello di governance che si concentra sulla cooperazione tra le parti tradizionali come il governo locale, le grandi imprese e il mondo accademico, con gli imprenditori sociali, le organizzazioni sociali e, soprattutto, i cittadini, applicando un approccio dal basso verso l'alto (*bottom-up*). Il concept principale di Pakhuis de Zwijger è che le soluzioni sostenibili e l'innovazione delle città possono essere ottenute solo includendo tutti gli attori urbani in un dialogo critico, costruttivo e orientato all'azione. Pakhuis offre una combinazione di funzioni culturali, tra cui un teatro, un'industria creativa e un luogo per innescare il dialogo civico su questioni riguardanti la mobilità, le tecnologie digitali, la circolarità e la sostenibilità urbana.

Capitale Manufatto

Pakhuis de Zwijger si trova ad Amsterdam, in un'area che era precedentemente una zona portuale abbandonata chiamata Eastern Docklands (NL), nel centro urbano della città. De Zwijger fu costruito nel 1933-1934 come magazzino di raffreddamento, dove potevano essere conservati cibi deperibili. Quando le Eastern Docklands furono bonificate e convertite in una zona residenziale negli anni 1970-80, il magazzino fu abbandonato. Dopo aver perso questa funzione nel 1986, l'edificio è stato occupato abusivamente come luogo di incontro sotterraneo per musicisti e attività culturali. A metà degli anni '90 il consiglio comunale decise che il magazzino avrebbe dovuto avere una funzione culturale pubblica, ma i piani iniziali di riutilizzo fallirono. Nel 2001 il ponte Jan Schaefer fu costruito attraverso

il magazzino, per stimolare lo sviluppo urbano dell'ex area portuale. Questo evento minacciò strutturalmente la costruzione dell'edificio così furono proposti piani di demolizione ma un gruppo di attivisti (membri della Cuypersgenootschap - una fondazione per la conservazione del patrimonio culturale) salvò l'edificio che fu dichiarato monumento nazionale e restaurato nel 2006, passando dalla proprietà pubblica a quella privata. La combinazione del proprietario Stadsherstel Amsterdam, dell'ufficio dell'architetto van Stigt e degli imprenditori culturali Egbert Fransen e Hester Tiggeloven ha avuto successo nella riqualificazione dell'edificio, trasformando il sito in un hotspot per l'industria culturale. Il magazzino è stato trasformato da un edificio chiuso a uno trasparente, pur rispettando il suo carattere monumentale. La struttura è realizzata interamente in cemento armato. Le facciate del magazzino sono rivestite di mattoni. L'edificio ha una superficie totale di 6.224 mq con 7 piani e 890 mq di superficie utile. Le attività pubbliche sono conferenze, presentazioni, concerti, serate di club, esposizioni, workshop, registrazioni radio e tv. Per questo motivo, Pakhuis De Zwijger ha una grande sala teatrale (350 persone) e due più piccole (150 e 100 persone), due foyer, che possono essere usati anche come spazio espositivo, un caffè-ristorante (Eetcafé), spazi di incubazione culturale, uffici e spazi di servizio, camerini, spazi tecnici e studi radio.

Metabolismo Circolare

Pakhuis de Zwijger utilizza tecnologie per rendere l'edificio circolare e sostenibile. Ogni anno, il consumo totale di energia è di 1.025.405 kWh/anno. Per questo la quota di energia rinnovabile nel consumo finale lordo di energia (on o off-site) è del 68%, 700.000 kWh/anno in media. Le fonti di energia rinnovabile presenti nel sito sono circa il 3%, 32.000 kWh dai pannelli solari sul tetto. Un piano d'azione per le misure sulla sostenibilità include l'uso di luci a LED in tutti gli uffici e nelle sale per eventi per il risparmio energetico, l'uso di sole batterie ricaricabili, la separazione del trattamento dell'aria per gli uffici e le sale per eventi, l'uso di prodotti usa e getta riciclati non plastici e niente cannucce. La cucina commerciale (ristorante e caffè) ha abbracciato i principi circolari minimizzando i rifiuti alimentari e riutilizzando i flussi di rifiuti, separando i rifiuti di plastica, organici e grassi, scegliendo fornitori locali, acquistando i raccolti in eccesso e lavorando con prodotti come

gli hamburger di robinia, o i funghi coltivati sui fondi di caffè. La carne è coltivata localmente e biologicamente, e le cene dell'equipaggio e dei relatori sono sempre vegane. I resti di cibo dei lavori di catering vengono usati nel ristorante, per il catering dell'equipaggio, o messi in salamoia per un uso successivo. Inoltre, è stato creato un team verde interno per continuare a lavorare sulle operazioni sostenibili e portare a termine il piano d'azione.

L'illuminazione naturale nell'edificio è garantita dal grande uso del vetro. C'è un'intensa interazione tra l'interno e l'esterno; al piano terra e al primo piano, attraverso le facciate in acciaio e vetro, i visitatori possono vedere il traffico che passa sul ponte. All'ultimo piano, sul lato nord, c'è un'enorme finestra inclinata in un 'tetto a shed', che produce la luce ideale ma non la luce diretta del sole e una vista eccellente senza riflessi. De Zwijger fu costruito come un magazzino refrigerato per lo stoccaggio di merci deperibili; per questo motivo, uno spesso strato aggiuntivo di cemento fu applicato all'interno del muro sud. Questo muro così spesso ha efficacemente tenuto fuori il calore estivo in modo che l'edificio rimanesse naturalmente fresco. Nel riutilizzo, i materiali sono stati recuperati: le caratteristiche porte di legno sono state riciclate e usate come persiane. Il materiale locale più usato è il legno con cui sono stati realizzati i muri divisori e le scale.

Capitale Sociale

Pakhuis de Zwijger è un crocevia di progetti, pratiche e soluzioni. Attraverso un approccio dal basso verso l'alto, le piccole istituzioni e imprese, gli imprenditori sociali, le comunità di quartiere e i cittadini guidano un cambiamento, facendo collettivamente la città. Questo crea un ecosistema unico di innovazione sociale e tecnologica caratterizzato da inclusività e creatività. Pakhuis de Zwijger organizza regolarmente programmi, workshop ed esperienze legate al patrimonio culturale e alla circolarità, lavorando per sviluppare soluzioni e idee, coinvolgendo persone che discutono, presentano, condividono e co-creano. A Pakhuis de Zwijger vengono organizzati workshop e presentazioni sul valore e l'importanza dei siti del patrimonio nel ri-sviluppo di un'area e nella creazione del patrimonio culturale attraverso la partecipazione e l'impegno piuttosto che un approccio dall'alto verso il basso e programmi sul problema della conservazione privata del

patrimonio culturale. L'attenzione di questi programmi è anche posta sulle economie di quartiere.

Per sensibilizzare la comunità sui temi del riuso del patrimonio culturale e dello sviluppo urbano sostenibile, vengono organizzati tipi di attività educative in Pakhuis de Zwijger sotto forma di visite e tour guidati all'interno dell'edificio. Questi gruppi in visita vengono condotti all'interno della struttura per conoscere le attività e il modo in cui il sito del patrimonio riqualificato viene utilizzato come istituto culturale. I gruppi, che variano da 10 a 30 persone, sono interessati a conoscere il concetto unico di Pakhuis de Zwijger che è posto all'attenzione di altri paesi dove la buona pratica potrebbe essere replicata. Le visite sono gratuite ma spesso conducono a preziose collaborazioni. Il numero di persone all'anno che partecipano alle attività culturali nel sito è di circa 80.000 visitatori fisici alla programmazione serale. Questo esclude il numero di spettatori online, che possono essere seguiti attraverso il live stream.

L'innovazione di Pakhuis de Zwijger è l'inclusione della comunità locale nel riuso del patrimonio culturale. Il tradizionale approccio dall'alto verso il basso è stato sostituito dall'*Amsterdam Approach*. Secondo tale approccio è necessario espandere la tradizionale tripla elica (governo, grandi imprese e istituti della conoscenza) a una "doppia tripla elica". Solo includendo altre parti come le PMI innovative e creative, le organizzazioni di base e le iniziative dei cittadini, la città può risultare innovativa e sostenibile.

La programmazione di Pakhuis de Zwijger genera valore sociale, produce intuizioni, crea una rete più ampia, contribuisce a migliorare la conoscenza nella comunità locale. Permette a un pubblico più ampio di accedere a informazioni, conoscenze e reti. La programmazione riunisce le persone per arrivare a soluzioni creative e innovative per le sfide urgenti e attuali, riguardanti lo sviluppo urbano, migliorando le competenze e coinvolgendo più di 80.000 city makers della comunità. Circa il 25% dei 6.224 mq è riservato alla cosiddetta funzione di "incubatore", dedicata a migliorare l'inclusione delle persone svantaggiate. Qui vengono messi a disposizione spazi di lavoro a tariffa ridotta, per giovani e creativi alle prime armi, che lavorano nel campo dei media e della tecnologia. Neolaureati e neo-imprenditori possono arrivare a lavorare in modo professionale in un ambiente dotato di tutti i servizi necessari, assistiti da un affitto basso nei primi anni della loro carriera.

Modello Finanziario

Pakhuis de Zwijger è in grado di garantire l'autosostenibilità economica grazie al coinvolgimento di diversi stakeholder e un mix di funzioni tra cui unità commerciali, ristorante, caffè, eventi culturali, teatro, conferenze, usi sociali, hub comunitari, hub per le industrie culturali e creative, spazi di co-working, spazi per workshop (figura 5.2).

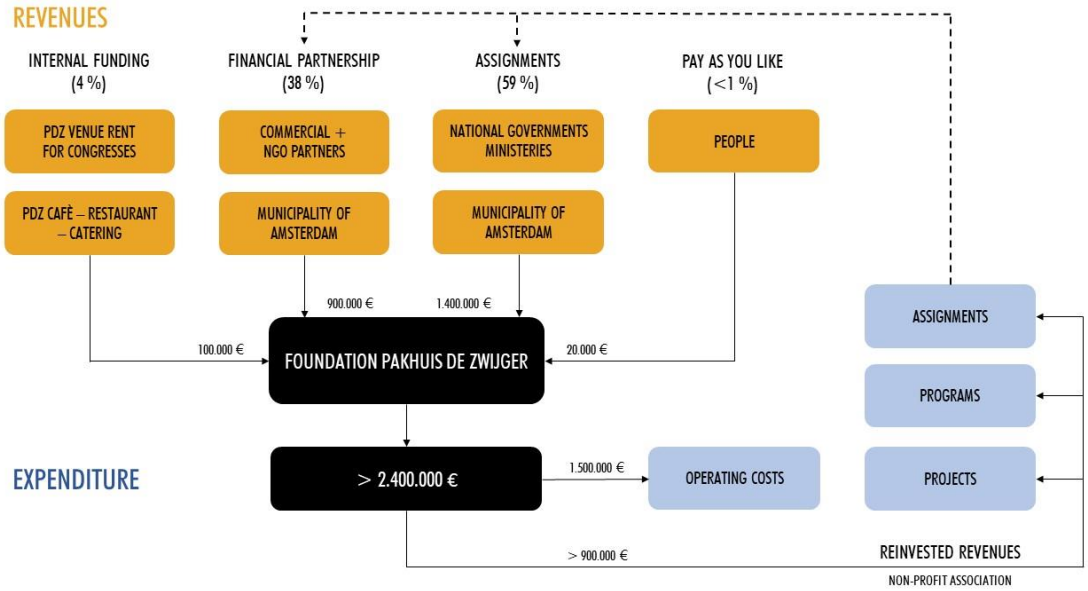
L'organizzazione è composta da due attività: caffè/catering e affitto di sale (PdZ Catering e PdZ Venue), e una fondazione, che crea programmi indipendenti (PdZ Foundation). La combinazione di imprenditorialità e fondazione indipendente è la base di un modello di business funzionante. Le due entità imprenditoriali donano un contributo annuale alla fondazione e possono anche utilizzare la sede gratuitamente. Il reddito complessivo nel 2019 dalle attività che generano ricavi è stato di circa 2.400.000 €. Queste entrate coprono i costi di gestione e vengono reinvestite per progetti e programmi in quanto è un'associazione senza scopo di lucro e attingono anche a ulteriori finanziamenti esterni rendendo circolare il modello di business. Le entrate sono ottenute con:

- assegnazioni di progetti (59%), la fondazione lavora con il Comune così come il governo nazionale su progetti sociali. Ci sono circa 20 organizzazioni aziendali, come il porto di Amsterdam, la ferrovia e la società dei rifiuti, che portano soldi per affrontare alcune delle questioni come la linea di programma sulla trasformazione del porto, o una linea di programma sulla costruzione di case o sui rifiuti in città (1.400.000 €).
- partnership finanziarie (38%), la fondazione riceve contributi finanziari da partner commerciali e non commerciali e finanziamenti europei (912.000 €).
- finanziamento interno (4%), PdZ Catering e PdZ Venue hanno sostenuto la fondazione ogni anno con un contributo in denaro di 100.000 €. Le sale dell'edificio possono essere affittate per conferenze, festival, registrazioni televisive e radiofoniche, concerti, eventi, presentazioni di libri, spettacoli e mostre. Oltre al contributo in denaro, le aziende che affittano le sale e i ristoranti e i catering forniscono contributi attraverso l'uso delle sale e delle attrezzature tecniche, il supporto tecnico, la produzione, l'accoglienza e la gestione della struttura.
- donazioni libere (20.000 € nel 2019).

La programmazione viene svolta in orario serale mentre le sale sono offerte a prezzi commerciali durante il giorno per ogni tipo di evento.

I costi operativi all'anno sono circa 1.500.000 €. Di questi 1.300.000 € sono per il personale (25 impiegati dalla fondazione e dai direttori) e 50.000 € sono per il branding, il marketing e la comunicazione (pubblicità, ecc.). Il riutilizzo ha generato 100 nuovi posti di lavoro (circa 25 posti di lavoro permanenti per la Fondazione, 20 impiegati per le aziende associate e 55 posti di lavoro part time ancora in carico alle aziende).

Figura 5.2 Business plan di Pakhuis de Zwijger.



Stadsherstel Amsterdam NV (un'istituzione privata che compra e restaura edifici minacciati di demolizione) e gli imprenditori culturali Egbert Fransen e Hester Tiggeloven hanno lanciato l'idea di riutilizzare il magazzino De Zwijger. I finanziamenti ricevuti all'inizio provengono da un grammo pubblico/privato. 13.000.000 € (12.000.000 € da privati e 1.000.000 € dal comune) sono stati spesi per ristrutturare l'edificio, una combinazione di investimenti privati e una donazione del governo locale e sussidi per assicurarsi che alcuni mq (25% del totale) nell'edificio avessero un prezzo sociale per l'affitto.

I fondatori e i dipendenti della Fondazione Pakhuis de Zwijger collaborano con più di 200 partner commerciali e non commerciali. Questi includono il Comune di Amsterdam, la Compagnia Portuale, diverse banche e istituzioni finanziarie, il centro di architettura ARCAM, società di edilizia abitativa, società di costruzione AMS (Institute of Advanced

Metropolitan Studies), ma anche organizzazioni della società civile (che promuovono la cooperazione internazionale in arte, cultura e patrimonio) e iniziative bottom-up. A Pakhuis de Zwijger ci sono numerose startup / imprese creative che lavorano in diversi settori: industria culturale e creativa; servizi digitali, ICT; Fab Lab, spazio di lavoro condiviso, ristorazione, produzione, artigianato. Il numero di organizzazioni che attualmente collaborano con Pakhuis de Zwijger è di 460, mentre 10 aziende lavorano nell'edificio, affittando gli spazi. Pakhuis de Zwijger genera valore sociale, crea una rete più ampia, contribuisce a migliorare la conoscenza nella comunità locale. Grazie a questo progetto di riuso, i cittadini diventano creatori di città.

Governance

Pakhuis De Zwijger è un'organizzazione non-profit di proprietà di Stadsherstel. La Fondazione Pakhuis de Zwijger è responsabile per il lavoro senza scopo di lucro della programmazione serale, mentre la programmazione giornaliera è intrapresa da altre organizzazioni che affittano le aree eventi di Zalen BV. Zalen BV è un'organizzazione commerciale che sfrutta il ristorante e le aree per eventi nell'edificio. Si tratta di un modello di gestione complesso, in cui ogni organizzazione ha il proprio accordo con Stadsherstel. Il comune e il governo nazionale sono coinvolti attraverso incarichi per sensibilizzare il pubblico e prestare attenzione alle questioni urbane. Istituzioni private e del terzo settore diventano partner per i programmi e anche fornitori per gli eventi culturali. Questa piattaforma culturale coinvolge la comunità attraverso attività in loco, sito web, podcast e altri canali digitali, raggiungendo un pubblico nazionale e internazionale con l'obiettivo di espandere e trasferire le buone pratiche e suggerire un modello che potrebbe essere replicato nel riuso del patrimonio culturale.

5.2 C-mine, Genk, Belgio

Miniera di carbone

Hub creativo

Nel 2005, la città di Genk, in Belgio, ha avviato un vasto progetto di rigenerazione di un'area industriale dismessa, con l'obiettivo di convertirla in un polo creativo. In passato, il sito C-mine faceva parte dell'ex miniera di carbone di Winterslag. Oggi l'intera area è stata trasformata in un centro culturale, dove l'attenzione è rivolta all'istruzione, all'economia creativa, alla ricreazione e all'arte. Il sito si sviluppa in un parco verde con diversi edifici: un cinema, un teatro, una facoltà della *Luca School of Arts* e spazi per eventi. È considerato un centro di incubazione creativa per le start-up. Inoltre, attira i turisti con il tour virtuale dell'ex sito minerario. C-mine crea forti partnership e dialoga con attori provenienti da diversi ambiti artistici, coinvolgendo la comunità in un ambiente versatile, incentrato su studio, ricerca, design, innovazione e riflessione.

Nel sito di C-mine si svolgono quattro funzioni principali:

- Creazione artistica: spazio per la cultura contemporanea e le produzioni artistiche;
- Ricreazione: C-Tour è un tour che conduce dai cunicoli sotterranei fino agli edifici della miniera;
- Istruzione superiore: *Design Academy* (design di prodotto, animazione e video, nonché formazione professionale continua);
- Economia creativa: creazione di collegamenti tra conoscenza, innovazione e imprenditorialità.

Capitale Manufatto

Nel 1900 la città di Genk aveva tre miniere: Zwartberg, Waterschei e Winterslag. Il sito minerario di Winterslag era particolarmente vasto, infatti, oltre agli edifici in superficie, si sviluppava sotterraneamente per una vasta area. Tuttavia, nel 1988, la miniera chiuse definitivamente rendendo il complesso di edifici minerari di Winterslag un sito

ufficialmente protetto dal 1993. Dopo la chiusura della miniera, la città di Genk era alla ricerca di un nuovo ruolo per l'immenso complesso minerario e nel 2000 è nata l'idea di collocarvi un polo per le industrie creative. Nel 2001 la città di Genk ha acquistato il sito da LRM (Limburgse Reconversie Maatschappij) e nel 2005 è stata inaugurata la "C-mine". Gli edifici superstiti si trovano su un'area di 5.000 mq e ai monumenti protetti del sito minerario sono stati assegnati nuovi ruoli, attraverso un progetto di riuso adattivo sostenibile. L'impianto di lavaggio del carbone, le fornaci, le case di lavoro e le torri di raffreddamento non sono state conservate, mentre sono ancora presenti sul sito la Sala delle Lampade, gli edifici degli uffici, l'edificio delle macchine con la centrale elettrica e le macchine di raccolta (nell'Energiegebouw, o Edificio dell'Energia), i magazzini, le stalle dei cavalli e le due torri della miniera.

- Edificio dell'Energia: è l'edificio principale della miniera. Oggi ospita la reception per i visitatori, un centro di cultura e design e strutture di ristorazione. Le vecchie sale macchine sono state restaurate e due nuove sale teatrali sono state aggiunte agli edifici esistenti. La Barenzaal, l'ex centrale elettrica della miniera, funge da spazio per le funzioni aziendali.
- Edificio per uffici: al suo apice, la miniera di Winterslag impiegava 6.350 persone. Gli uffici principali della direzione della miniera e gli uffici dell'amministrazione sono stati costruiti in stile neofiammingo rinascimentale. I vecchi uffici minerari ospitano oggi il *C-mine Crib*, l'incubatore di giovani imprenditori creativi.
- Sala delle Lampade: oggi ospita un complesso cinematografico, alcune aziende e alcuni esercizi di ristorazione.
- Magazzino: trasformato in studio e spazio abitativo da e per Pieter Stockmans, artista della porcellana.
- Stalle per cavalli: in una fase precedente, le stalle per cavalli sono state utilizzate come garage. Oggi servono come spazi commerciali.
- Pit Towers: si tratta di due torri, originariamente entrambe alte 40 metri. Nel 1963 la Torre della Fossa Grande fu sostituita da una nuova, alta oltre 72 metri. La nuova torre è stata collocata sopra la vecchia. La Torre del pozzo piccolo (1915-16) è la più antica del bacino di Kempen. I minatori erano soliti chiamare queste torri "belles fleurs" ("bei fiori"). Le torri sono state conservate per garantire al sito un'elevata visibilità nella zona. Nel 2015 è stata creata una scultura sotto di esse: il labirinto scultoreo sulla piazza della miniera,

un'imponente costruzione in acciaio progettata da Gijs Van Vaerenbergh in occasione del decimo anniversario della miniera. Il percorso si snoda attraverso 1 km di corridoi d'acciaio.

- *Luca School of Arts*: è un campus che offre agli studenti specializzazioni in *Product Design*, Fotografia, Film d'Animazione, *Communication & Media Design* e Film per la Televisione. La scuola collabora con *C-mine Crib*, *FabLab*, IDE (*Innovation & Design Euregio*), FLACC e altre organizzazioni e aziende creative. Questo crea un'interessante fertilizzazione incrociata tra il mondo della scuola e quello del lavoro.

Metabolismo Circolare

Nel sito sono state adoperate iniziative di sostenibilità e autosufficienza. L'illuminazione della struttura è stata studiata con cura, ogni facciata ha una sua illuminazione particolare, così come le piazze e le aree verdi. Questo crea un'atmosfera molto particolare, soprattutto nelle ore serali. I costi di manutenzione dell'illuminazione sono eccezionalmente bassi. Si tratta di un mix di soluzioni LED ad alta efficienza energetica, standard e personalizzate.

Nel 2008, la regione del Limburgo aveva già dichiarato la sua intenzione di diventare neutrale dal punto di vista delle emissioni di carbonio e la città di Genk era coinvolta nel progetto *Accelerating and Rescaling Transitions to Sustainability* (ARTS), che ha identificato 90 azioni da sviluppare per adottare la sostenibilità in città. Queste iniziative sono diventate un enorme motore per la sostenibilità e hanno anche approfondito la cooperazione tra i responsabili politici e le parti interessate al di fuori del consorzio di sviluppo del progetto. La tabella di marcia per l'accelerazione, sviluppata nell'ambito del progetto ARTS, supporta la città di Genk nel governare le proprie attività per accelerare la transizione verso la sostenibilità. È stato sviluppato un sistema di mobilità dolce: partendo dal sito di C-mine, dove è disponibile un sistema di noleggio biciclette, è possibile esplorare la zona a piedi o in bicicletta. Inoltre, nel 2020 è stato avviato un progetto per la produzione di syngas e idrogeno dalla frazione energetica dei rifiuti urbani.

C-mine lavora con i residenti del campus per sviluppare una comunità, offrendo un programma di artisti di alta qualità nelle arti visive e dello spettacolo, nel design e nel cinema. A C-mine la programmazione degli eventi è vasta: vengono organizzate presentazioni ed esposizioni su diversi temi come musical, teatro, eventi per famiglie, conferenze e workshop, danza, design ed eventi circensi.

Nel sito di C-mine vengono organizzate attività educative o ricreative sotto forma di visite e tour guidati all'interno degli edifici. Le visite sono a pagamento ed è necessaria la prenotazione. Una delle visite organizzate è la C-mine Expeditie, che offre una prospettiva diversa sulla realtà della miniera, una spedizione-museo che racconta l'ex funzione del sito attraverso esperienze sensoriali. La C-mine Expeditie parte dall'Energy Building e scende a sei metri di profondità, dove si trovano delle installazioni combinate con animazioni, ologrammi, elementi scenici ed effetti speciali, come i suoni interattivi prodotti dall'azionamento di leve, pulsanti e ruote. La spedizione si conclude con l'ascesa alla torre del Pit nella piazza e si contano 700.000 visitatori all'anno.

C-mine è uno spazio di lavoro e uno spazio comunitario attivo. Questo sito promuove un senso di comunità e incoraggia interazioni uniche tra gli utenti che sono portati a gestirlo come un hub culturale e comunitario per riunirsi, godere di esperienze condivise e farsi coinvolgere in progetti creativi. Ogni giorno, gli imprenditori di C-mine lavorano per creare e realizzare prodotti creativi come giochi, applicazioni, siti web, decorazioni televisive, droni, spettacoli di luce, oggetti di design, produzioni teatrali.

L'obiettivo della rigenerazione di C-mine è quello di ispirare gli interessati alla cultura, i dilettanti dei siti del patrimonio, gli studenti, i bambini, i visitatori, i turisti e gli abitanti del luogo, con nuove intuizioni ed esperienze, nonché di rinvigorire l'ambiente urbano e la regione in generale offrendo innovazione e creazione artistica e orientata al design. Una delle aziende partner che utilizza gli spazi di C-mine (Erfgoedcel Mijn-Erfgoed) intende mappare e aiutare a preservare il patrimonio culturale, renderlo il più possibile accessibile a un vasto pubblico e collaborare con gli attori del patrimonio nella regione.

La riqualificazione di questa miniera dismessa va a beneficio di un'intera comunità. I cittadini della città mineraria belga di Genk e i visitatori godono dei vantaggi di un centro

artistico culturale che si autofinanzia con varie iniziative commerciali sul sito. Genk è diventata una città dinamica e imprenditoriale con una forte attenzione alla creazione di posti di lavoro e ricchezza sostenibili.

Nel suo uso quotidiano ospita diversi spazi per il tempo libero e l'istruzione, essendo un fulcro di tutte le attività associate a un campus universitario e ai diversi spazi culturali e produttivi.

Analogamente ai casi di simbiosi industriale, sviluppati nell'ambito dell'ecologia industriale, in cui l'interazione tra diversi impianti industriali è finalizzata a massimizzare il riutilizzo di risorse (materiali, energia, acqua, servizi e competenze) normalmente considerate come rifiuti, nel complesso C-mine le attività delle industrie culturali e creative localizzate generano un sistema di relazioni e scambi sinergici. Questo caso rappresenta quindi la trasposizione della logica della simbiosi industriale nel campo delle imprese culturali e creative.

Modello Finanziario

C-mine è in grado di garantire l'autosostenibilità economica grazie al coinvolgimento di diversi stakeholder e a un mix di funzioni che comprende unità commerciali, ristorante, caffè-giardino, museo dell'educazione, ricerca espositiva, eventi culturali, teatro, area per conferenze, usi sociali, community hub, hub per start-up innovative, spazi di co-working, spazi per workshop, design center, sala musica, teatro, *Design School*. Grazie all'affitto delle sedi, C-mine è in grado di mantenere la propria autosufficienza finanziaria.

La riqualificazione degli ex siti minerari di Genk è stata finanziata nel 2014 dal governo fiammingo con un investimento di 217.000.000 euro. Successivamente, è stato elaborato un piano di sviluppo territoriale integrato (ITI), che ha permesso di utilizzare i fondi europei (FSE, FESR e Fondo di coesione). Per rafforzare le capacità di trasformazione, nel 2015 il governo ha speso l'8,5% del bilancio della città per investire nella costruzione della conoscenza, con l'obiettivo di aumentare gli sforzi per l'empowerment dei cittadini.

Il sito di Winterslag è stato acquisito nel 2001 da LRM che ha cambiato il suo nome in C-mine. 500 metri quadrati di superficie sono stati rigenerati in collaborazione con l'Università di Genk.

Il progetto è stato finanziato nell'ambito del Programma Limburgo Obiettivo 2 2000-2006 e del Programma Fiandre RCE 2007-2013. Il progetto è iniziato nel giugno 2005 ed è stato completato nel novembre 2010. Il costo totale degli interventi è stato di circa 8.917.442 euro, di cui 3.178.197 euro di fondi FESR.

In sintesi, tutti gli investimenti ammontano a circa 10 milioni di euro, avviati con finanziamenti pubblici dell'UE e finanziamenti pubblici nazionali attraverso un processo di consultazione pubblica.

Nel corso del tempo sono stati creati 330 posti di lavoro in 42 aziende e organizzazioni, di cui circa 200 nel settore creativo in 33 aziende creative. Le organizzazioni lavorano in diversi edifici del complesso. Nell'Edificio degli Uffici opera *C-mine Crib*, un incubatore dove si insediano giovani aziende e start-up. Nella sala delle Lampade sono presenti aziende cinematografiche, esperti di commercio digitale, fornitori di cloud, sicurezza e software, aziende di conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale (Euroscoop, Vaimo, EASI, Erfgoedcel Mijn-Erfgoed e Speelmijntje). Nella Scuderia dei cavalli ci sono: Altrio Group (servizio di assistenza domiciliare), Painting with Light (esperti di illuminazione), NASCOM (prodotti digitali). Nel Magazzino si è insediato lo Studio Pieter Stockmans, artista della porcellana. Infine, nella nuova zona commerciale C-mine sono presenti diverse organizzazioni (White Light, AED Partner Deusjevoo, UPspace, FabLab, MiMsoftware, Yungo).

Governance

Oggi il sito è di proprietà pubblica, mentre prima era di proprietà privata. L'ente gestore è caratterizzato da diverse start-up. Sono 37 le aziende che fanno parte della famiglia di imprese di C-mine. La riqualificazione dell'ex area dismessa è stata realizzata attraverso un lungo processo di consultazione pubblica per capire come trasformare le aree dismesse in nuove opportunità per rilanciare l'economia della città.

5.3 De Horn, Leuven, Belgio

Birrificio

Usi misti: alloggi, sale eventi, postazioni di lavoro, bar e ristorante

De Hoorn è un'ex fabbrica di birra situata a Leuven, in Belgio, in particolare nel rinnovato quartiere di Vaartkom. Alla fine del 2007, dopo 25 anni di vuoto, 7 imprenditori hanno deciso di trasformare l'edificio in un luogo di lavoro innovativo per piccole e grandi aziende che operano nell'economia creativa e in un luogo di incontro. Dal 2012, De Hoorn, con la sua combinazione mista di luoghi di lavoro creativi, sale per eventi e locali di ristorazione, è diventato un catalizzatore urbano nell'area di Vaartkom. Questo complesso progetto di riuso adattivo ha ricevuto il Premio di architettura di Lovanio 2015 e il Premio Europa Nostra / UE per il patrimonio culturale 2016.

È stato progettato un complesso ampliamento (5.600 mq) accanto e sopra l'edificio attuale, attraverso il quale sono stati creati ulteriori uffici per l'economia creativa, una sede per conferenze e l'aggiunta di una residenza per gli affitti.

Capitale Manufatto

Nel XV secolo l'azienda "Brouwerij Den Hoorn" divenne una delle più grandi della città, anche perché l'acqua potabile era contaminata e bere birra era considerato più salutare che bere acqua.

L'edificio, caratterizzato da un notevole dettaglio architettonico e strutturale, è stato progettato dall'architetto L. Monnoyer e risale al 1922. È caratterizzato da un design strutturale eccezionale, con una struttura Vierendeel alta 5 metri che crea una campata libera di 20 metri di larghezza nella zona di produzione della birra. Nel 1992 l'edificio è stato abbandonato perché la fabbrica di birra Stella Artois si è trasferita dall'altra parte del canale di Leuven. Gli edifici abbandonati dell'ex birrificio Den Hoorn sono stati acquistati nel 2007 e completamente ristrutturati, mantenendo il vecchio impianto di produzione della birra. Da ottobre 2012 l'edificio è stato adibito a complesso commerciale.

Metabolismo Circolare

Per il restauro è stato scelto un approccio soft; la struttura originale del tetto è stata danneggiata durante i bombardamenti della Seconda Guerra Mondiale ed è stata sostituita da una struttura più industriale. Sono state sperimentate diverse procedure per lavare a vapore le facciate in mattoni, i pavimenti e le pareti esistenti. Per i macchinari, è stata utilizzata una nuova tecnica di sabbiatura a ghiaccio per rimuovere tutto l'olio e lo sporco, senza nemmeno rimuovere la vernice originale sui motori e sui macchinari in ghisa. I materiali sono stati riutilizzati e sono state adottate soluzioni ecologiche in tutto l'edificio.
La cucina del ristorante è in linea con i principi del recupero dei rifiuti. È una cucina stagionale e nella preparazione dei piatti viene utilizzata carne biologica.

Capitale Sociale

De Hoorn è uno spazio di lavoro e uno spazio comunitario attivo che conta 8.000 visitatori all'anno. Questo sito incoraggia il senso di comunità e le interazioni tra gli utenti. Gli spazi di co-working portano un maggior numero di persone a contatto con le imprese presenti sul posto e a conoscere meglio il pensiero della sostenibilità. L'obiettivo è quello di fornire un luogo d'incontro innovativo e aperto, dove l'economia sociale è la chiave.
Il mantenimento del carattere industriale legato alla produzione di birra permette di raccontare implicitamente la storia del luogo, il suo valore culturale e il significato che ha rappresentato in passato per gli abitanti, garantendo la continuità storica.
Oltre agli spazi per gli uffici, l'edificio dispone di aree per eventi che si trovano principalmente nelle sale storiche di produzione della birra e di un Grand Café aperto al pubblico. Oltre all'eccellente lavoro di conservazione svolto dai proprietari e dagli architetti, l'accessibilità dell'edificio al pubblico attraverso il sentiero del patrimonio e il ristorante, basato sui principi dell'economia sociale, è esemplare.

Modello Finanziario

Il modello di business di De Hoorn consiste nell'affittare le sedi mantenendo così la propria autosufficienza finanziaria. Le sedi sono le seguenti:

- Spazio di lavoro: De Hoorn offre la possibilità di affittare uno spazio ufficio, con scrivania in una sala di co-working, uffici privati piccoli e flessibili, adatti all'organizzazione di *workshop*, alla prenotazione di sale riunioni, all'avvio di sessioni di brainstorming.
- Alloggi: De Hoorn dispone di 9 loft arredati che possono essere affittati a settimana o al mese, o per un periodo ancora più lungo. Sono disponibili anche loft con due camere da letto per gruppi fino a 4 persone.
- Sale riunioni: sale riunioni piccole e grandi per sessioni di *brainstorming*, riunioni, workshop e seminari. C'è anche una sala riunioni con terrazza e possibilità di *catering*. Le sale riunioni possono ospitare da 5 a 150 persone.
- Feste ed eventi: De Hoorn è una location storica per eventi personalizzati da appositi team di lavoro.
- Bar e ristorante: il bar è il cuore della vita sociale di De Hoorn, un luogo ideale per incontrare persone.

De Hoorn è diventato un sito imprenditoriale dinamico con una forte attenzione ai posti di lavoro sostenibili e alla creazione di ricchezza. Nel processo di riutilizzo sono stati creati circa 300 posti di lavoro.

Governance

Nel 2006 sette giovani imprenditori creativi e culturali locali decidono di acquistare e sviluppare De Hoorn come un luogo d'incontro innovativo e aperto con un programma misto di uffici (esclusivamente per l'economia creativa), spazi per eventi (principalmente nelle storiche sale di produzione della birra) e un Grand Cafè (bar/ristorante).

L'ente gestore è un ente privato a scopo di lucro e la gestione è affidata al proprietario. Miss Miyagi è responsabile della gestione del progetto (sviluppo del concetto, fattibilità finanziaria, preparazione del modello operativo, coordinamento della progettazione, delle gare d'appalto e del cantiere). Gli utenti finali sono stati coinvolti nel progetto di riqualificazione.

5.4 De Ceuvel, Amsterdam, Olanda

Cantiere navale

Living Lab: postazioni di lavoro

De Ceuvel è un ex cantiere navale sul canale Van Hasselt ad Amsterdam-Noord in cui 17 case galleggianti sono state riutilizzate per funzioni residenziali, culturali, produttive e ricreative, dando vita a un “laboratorio vivente” per lo sviluppo urbano circolare e a una vivace comunità di artisti e imprenditori. Il sito fa parte della più ampia area di Buiksloterham, un'ex zona industriale a cinque minuti dal centro storico di Amsterdam, trasformata in un'area a uso misto, che combina funzioni industriali, commerciali e residenziali.

A differenza di molti altri quartieri centrali, Buiksloterham è un'area relativamente vuota che, per questo motivo, offre l'opportunità di sviluppare nuovi spazi flessibili e, soprattutto, più accessibili. Per questo motivo, in quest'area sono in corso esperimenti che stanno attirando molti investitori e persone in cerca di alloggi in vista di un'armoniosa integrazione tra vita, lavoro e svago, promuovendo così la transizione di Amsterdam verso una città sempre più circolare, intelligente e resiliente/adattiva. L'area di Buiksloterham è stata designata per essere sottoposta a un processo di trasformazione graduale e organico, attraverso il quale pezzi dell'area vengono ri-sviluppati da attori di varie dimensioni (da società immobiliari a progetti privati di case singole). Di conseguenza, l'area rappresenta una zona di innovazione chiave per lo sviluppo urbano circolare della città.

Un'analisi del metabolismo urbano e lo sviluppo di una strategia circolare sono stati commissionati ed eseguiti da un consorzio di soggetti locali, comprendente anche aziende presenti o attive nell'area, come Metabolic. Essendo uno spazio urbano rigenerato che si concentra sulla tecnologia all'avanguardia, sulla sostenibilità e sull'interazione con la comunità, permette alla città di sperimentare nuovi modi di concepire e creare uffici circolari e fornisce un modo di pensare unico e innovativo come ispirazione per gli spazi di lavoro che vogliono passare a un modello più sostenibile. In linea con i principi

fondamentali dell'economia circolare, si concentra sulla “chiusura dei cicli” locali di energia, nutrienti e rifiuti.

Capitale Manufatto

De Ceuvel è composta dalle seguenti parti:

- De Broedplaats - 14 case galleggianti sulla terraferma sono affittate come studi. Una di queste 14 case galleggianti, la Workship, è utilizzata anche come studio multifunzionale e sviluppa un proprio programma culturale. I 14 studi sono affittati a un totale di circa 60 locatari. Molti di questi utenti hanno in gran parte completato i propri spazi. Per lo più ci lavorano liberi professionisti nell'industria creativa o nel settore della sostenibilità. Ci sono architetti, registi, designer e musicisti, ma anche fondazioni o aziende verdi e sostenibili.

- Metabolic Lab - Una delle case galleggianti a terra è stata costruita e sviluppata da Metabolic, la società di consulenza circolare che ha avuto un ruolo importante nel piano di sostenibilità dell'intero Ceuvel. Lo spazio del Metabolic Lab è utilizzato dalla comunità di Ceuvel per conferenze, proiezioni di documentari e riunioni e può essere affittato anche da esterni.

- Asile Flottant - L*'Hotel Asile Flottant* è composto da 1 casa galleggiante sulla terraferma (la reception, affittabile anche per riunioni) e da 6 navi storiche galleggianti sull'acqua che sono state convertite in camere d'albergo.

- Cafe De Ceuvel - Caffè e ristorante di De Ceuvel. Il ristorante si trova nel cuore di De Ceuvel ed è l'attrazione principale del sito. Inizialmente concepito come una piccola mensa, il Café è cresciuto fino a diventare uno dei principali luoghi di ospitalità della città ed è conosciuto in tutto il mondo come fonte di ispirazione per l'ospitalità sostenibile. Il Café si occupa di gran parte della comunicazione esterna, dell'organizzazione di eventi culturali, dell'organizzazione di visite guidate al De Ceuvel e di altri affari pubblici.

Metabolismo Circolare

Con l'obiettivo di definire un nuovo modello di sviluppo urbano, De Ceuvel si pone obiettivi di sostenibilità elevati: 100% di elettricità, riscaldamento e acqua calda rinnovabili, 100%

di autosufficienza idrica, 100% di gestione delle acque reflue, 50-70% di recupero dei nutrienti, 10-30% di produzione alimentare in loco per De Ceuvel e per Schoonschip. Grazie all'uso di tecnologie innovative, De Ceuvel è un esempio tangibile di implementazione del metabolismo urbano circolare. Vengono utilizzate tecniche su piccola scala per chiudere i cicli e consentire una *performance* sostenibile in grado di ridurre i flussi metabolici in ingresso e in uscita e di garantire il raggiungimento di obiettivi di efficienza delle risorse. In particolare, sono state adottate le seguenti soluzioni:

- Toilette a compost: le imbarcazioni sono dotate di una toilette a compost secco, in quanto non è stato possibile installare fognature a causa degli elevati livelli di consumo di suolo. Il flusso in uscita da queste toilette viene ulteriormente trattato come compost.
- Pompe di calore: le imbarcazioni degli uffici sono dotate di una pompa di calore e di un sistema di ventilazione a scambio termico alimentato dall'elettricità generata dai pannelli solari. Questa pompa estrae oltre il 60% del calore dall'esterno, facendolo circolare nuovamente all'interno della barca per riscaldare gli ambienti interni.
- Filtri a elofite: le acque reflue provenienti dai lavelli delle cucine delle barche-ufficio vengono depurate attraverso un sistema decentralizzato di filtrazione a elofite e reimmesse nel terreno.
- Fitorimedio: andando oltre le tradizionali tecniche di bonifica del suolo, l'uso di piante specifiche aiuta a pulire naturalmente il terreno e ad assorbire gli inquinanti attraverso le loro radici.
- Pannelli solari: un sistema energetico sostenibile, che stimola la produzione locale di energia e gli scambi energetici locali. L'area è dotata di oltre 150 pannelli fotovoltaici installati sulla maggior parte delle barche degli uffici, che producono circa 36.000 kWh di energia all'anno.
- Reattori di struvite: una tecnica per estrapolare nutrienti come il fosfato dall'urina. Combinando questi cristalli di fosfato con altri nutrienti locali è possibile generare fertilizzanti utilizzati per la produzione di cibo locale nella serra di ortaggi.
- Serra acquaponica: un sistema acquaponico con pesci e piante è in grado di scomporre gli escrementi a base di azoto dei pesci, trasformandoli in sostanze nutritive e l'acqua viene purificata, creando una simbiosi naturale, producendo verdure ed erbe per il Cafe.

Inoltre, il concetto di upcycling è implementato in De Ceuvel grazie all'utilizzo di materiali residui e di seconda mano. Il punto di partenza è l'utilizzo di vecchie imbarcazioni che vengono ristrutturate e rinnovate con usi nuovi e contemporanei. Inoltre, vecchi componenti industriali in metallo e legno sono stati riutilizzati per generare mobili innovativi e c'è grande attenzione anche alla raccolta differenziata per garantire una gestione sostenibile dei rifiuti.

Le imbarcazioni sono state coibentate per raggiungere gli standard di una casa quasi passiva, con una maggiore illuminazione diurna e LED per ridurre la domanda di elettricità. Ciascuna delle imbarcazioni De Ceuvel è dotata di sensori che misurano la temperatura, l'umidità, il consumo energetico, la produzione e l'utilizzo di acqua.

Capitale Sociale

De Ceuvel è tanto uno spazio di lavoro quanto un polo comunitario attivo. Le imprese creative e sociali che affittano le case galleggianti trasformate in uffici sono custodi delle tecnologie e delle iniziative sostenibili presenti in loco. La cultura dello spazio è una cultura in cui gli occupanti hanno fatto propri gli ideali collettivi e la visione di una comunità più sostenibile e circolare. A ciò si aggiungono l'energia e l'entusiasmo degli abitanti del quartiere circostante, che sono incoraggiati a utilizzare De Ceuvel come centro culturale e comunitario per riunirsi, vivere esperienze comuni e partecipare a progetti creativi.

L'esperimento De Ceuvel ha mostrato come le persone possono reinventare il loro rapporto con le risorse (energia, acqua, cibo) intorno ai loro ambienti domestici. La bonifica e la trasformazione sostenibile di un'area precedentemente invivibile a causa degli alti tassi di inquinamento ha generato valori ambientali. Inoltre, il coinvolgimento degli affittuari e della comunità in generale fin dalle prime fasi del progetto ha fatto sì che essi diventassero co-creatori di uno spazio condiviso, generando un forte senso di coesione e di appartenenza, contribuendo alla valorizzazione del capitale sociale.

Modello Finanziario

De Ceuvel è costruito e gestito in modo cooperativo da un'associazione no-profit. Il costo totale dell'adeguamento delle imbarcazioni è stato stimato in 7.800 euro per imbarcazione.

Inoltre, un sistema economico fai-da-te di pannelli solari fotovoltaici è stato stimato in 5.000 euro per barca, con costi aggiuntivi per gli elementi che aumentano l'efficienza (ad esempio i concentratori) e la capacità di accumulo elettrico.

Gli affittuari delle barche pagano 65€/mq/anno per la manutenzione dello spazio di lavoro. L'affitto di uno studio in un nuovo incubatore o spazio di lavoro può variare da un minimo di 150€ a un massimo di 310€ al mese, senza includere acqua, elettricità, riscaldamento, internet ed eventuale IVA. La media è quindi di 230 euro al mese.

Attualmente il consumo totale di calore è di 115,2 MWh/anno e il consumo totale di energia elettrica è di 113,7 MWh/anno, che coprono la domanda di elettricità dei sistemi di riscaldamento e parte del restante fabbisogno di elettricità degli uffici. Il restante fabbisogno energetico è fornito da un fornitore di energia verde. Considerando un costo medio di 0,09 €/kWh per il calore e di 0,19 €/kWh per l'energia, i costi energetici totali ammontano a circa 32.000 €/anno. Infatti, i pannelli solari fotovoltaici producono 26,5 MWh (23% del consumo totale) pari a circa 5.000 €/anno favorendo l'autoconsumo di energia anche se attualmente è pari a 7,1 MWh (6% del consumo totale e 27% della produzione di energia dei pannelli solari fotovoltaici).

Ogni barca-ufficio è dotata di una pompa di calore e di un sistema di ventilazione a scambio di calore. La pompa di calore estrae il calore dall'aria circostante per riscaldare ogni barca. Quando l'aria calda lascia la barca, oltre il 60% del calore viene catturato e fatto circolare all'interno. Queste semplici tecnologie consentono a De Ceuvel di evitare la necessità di una linea del gas e di utilizzare l'elettricità rinnovabile per alimentare un'opzione semplice e a basso costo.

Grazie all'implementazione di tecnologie collaudate per le funzioni essenziali e alla supervisione di esperti, è stato raggiunto l'ambizioso obiettivo dell'autosufficienza. A ciò si aggiungono alcune attività redditizie, in particolare l'Hotel Asile Flottant e il Café de Ceuvel.

Nel sito sono disponibili diversi spazi da affittare per eventi. La Crossboat può ospitare 12 persone per riunioni, workshop, sessioni di brainstorming, riunioni, ecc. I prezzi sono i seguenti: mezza giornata (4 ore): 375 € (IVA esclusa); giornata intera (8 ore): 550 € (IVA esclusa); giornata intera (12 ore): 750 € (IVA esclusa); ogni ora in più: 75 € (IVA esclusa). Un altro spazio è rappresentato dal Metabolic Lab, che rappresenta uno spazio vetrina per

le tecniche di sostenibilità e l'innovazione nel contesto dello sviluppo urbano. Come il Crossboat, il Lab può ospitare un massimo di 12 persone. Il Metabolic Lab può essere utilizzato anche come luogo di lavoro, affittando una scrivania a 25 euro per un'intera giornata.

Per le persone interessate a conoscere De Ceuvel sono disponibili dei tour durante i quali è possibile conoscere alcuni dettagli sulle tecniche circolari e sostenibili utilizzate in loco (prezzo del tour tra 100 e 150€), oppure tour che comprendono anche un giro del quartiere in cui è posizionato De Ceuvel, al prezzo di 250€.

Il progetto è stato sostenuto finanziariamente e politicamente dal Bureau Broedplaatsen del Comune di Amsterdam attraverso una sovvenzione di 250.000 euro per l'avvio e un ulteriore prestito bancario di 200.000 euro da parte della Triodos Bank, che investe in organizzazioni che hanno un impatto positivo sull'ambiente e sulla società (da rimborsare alla fine del periodo di prestito di dieci anni). Questi fondi sono stati investiti in materiali, impianti, infrastrutture (il molo e la passerella) e alcuni dei servizi professionali necessari per realizzare De Ceuvel.

È importante sottolineare l'aspetto volontario di De Ceuvel, che ha adottato un approccio "fai da te". Questo aspetto è stato rilevante soprattutto nella prima fase del progetto, durante la quale tutti gli inquilini hanno investito volontariamente nell'allestimento delle proprie barche dedicando 40 ore al mese alla comunità.

Governance

De Ceuvel è costruito in modo cooperativo ed è gestito congiuntamente da un'associazione di affittuari. Metabolic e un gruppo di organizzazioni hanno vinto una gara d'appalto per trasformare il sito in un'"oasi urbana rigenerativa", ottenendo dal Comune di Amsterdam un contratto di locazione del terreno della durata di 10 anni. Metabolic ha svolto il ruolo di fornire il piano di sostenibilità per il sito, e insieme il consorzio di *partner* ha aiutato la città di Amsterdam a trasformare questa zona fatiscente e inquinata in quello che ora è un polo comunitario e uno spazio di lavoro sostenibile.

5.5 Artscape Wychwood Barns, Toronto, Ontario, Canada

Fienili per la riparazione dei tram

Centro comunitario multiuso e parco pubblico

L'Artscape Wychwood Barns è un centro culturale situato nel quartiere Wychwood di Toronto e gestito da Artscape (una organizzazione no profit) dal novembre 2008. Il sito di due ettari, localizzato vicino allo storico quartiere di Wychwood Park, ospitava in precedenza una struttura di riparazione e manutenzione di tram gestita dalla Toronto Transit Commission (ex Toronto Transportation Commission). I tram venivano riparati all'interno di cinque fienili adiacenti e paralleli (ciascuno di circa 12 x 60 metri) alcuni aventi struttura in acciaio e altri in cemento armato, costruiti tra il 1913 e il 1921. La struttura è stata chiusa a metà degli anni '80 e la proprietà del sito è passata alla città di Toronto nel 1998. L'organizzazione no profit di Toronto Artscape ha guidato un piano di riuso adattivo dei fienili e nel 2008 il sito dismesso bonificato è stato riaperto come centro comunitario multiuso e parco pubblico. Il complesso ospita oggi 26 spazi di lavoro per artisti, strutture per 10 organizzazioni senza scopo di lucro, 14 studi di artisti, aree di coltivazione interne ed esterne, una galleria gestita dalla comunità e una superficie di 8.000 metri quadrati utilizzata per mercati contadini e d'arte, convegni ed eventi. Attraverso la trasformazione di una struttura abbandonata in un centro culturale e comunitario, Artscape Wychwood Barns sostiene la sostenibilità e la creazione di luoghi attraverso il riuso creativo del patrimonio industriale.

Capitale Manufatto

L'Artscape Wychwood Barns è stato mantenuto in gran parte nella sua forma originale. Costruiti in tre fasi tra il 1913 e il 1921, i cinque fienili industriali erano il capolinea occidentale del fiorente sistema di tram di Toronto. Con l'espansione della città e il cambiamento dell'uso dei tram, i fienili furono gradualmente eliminati e chiusi nel 1985. Per poco più di un decennio, i cinque capannoni industriali e il loro ampio parcheggio sono rimasti inutilizzati. Entro il 1996, il complesso doveva essere demolito per far posto alla

riqualificazione privata del terreno. La significativa opposizione della comunità alla demolizione di questi punti di riferimento del quartiere ha portato la Toronto Artscape, un'agenzia di sviluppo locale senza scopo di lucro, allo sviluppo di un piano per il riuso adattivo, il rinnovamento e il riutilizzo delle strutture esistenti per un nuovo scopo. I fienili industriali sono quindi stati trasformati in un centro culturale con particolare attenzione alla comunità, all'ambiente e alle arti.

Sebbene la conservazione fisica degli edifici sia l'elemento più visibile della conservazione del patrimonio, uno degli elementi di pregio del progetto di riuso è il modo in cui il team di progettazione è stato in grado di sviluppare una strategia funzionale coerente con l'organizzazione iniziale dei cinque fienili. Per fare ciò, a ogni fienile è stato assegnato un uso e un'identità diversi.

Il fienile 1, lo Studio Barn, supporta la programmazione artistica del centro con una galleria della comunità con 26 studi di lavoro/residenza degli artisti e 14 studi di solo lavoro per artisti professionisti. Il fienile 2, la "Coverede Street" è stato interamente aperto per consentire il passaggio attraverso il sito ed è uno spazio flessibile per grandi eventi comunitari. Il fienile 3, il Community Barn, offre spazi di programmazione, prove, uffici e riunioni a prezzi accessibili per organizzazioni senza scopo di lucro, artistiche e ambientali. Il fienile 4, il Green Barn dello Stop Community Food Centre, è una serra aperta tutto l'anno e un centro di educazione alimentare sostenibile con un giardino riparato, un forno all'aperto e una dimostrazione di compost in loco. Infine, il fienile 5 è stato parzialmente demolito e trasformato in elemento architettonico nel parco circostante.

Questa strategia organizzativa in cinque parti si riflette anche nell'orientamento e nel marchio di Artscape Wychwood Barns simboleggiato da cinque bande colorate, una per ogni fienile. Queste fasce si uniscono tutte nel punto più alto del complesso, la vecchia ciminiera in mattoni rossi, per segnalare questo nuovo capitolo nella vita dell'edificio e l'integrazione di vecchio e nuovo.

Capitale Sociale

Grazie all'intervento di riuso i vecchi fienili creano un senso di comunità in cui gli artisti possono vivere, lavorare e interagire con il loro quartiere, offrendo uno spazio a prezzi

accessibili per l'utilizzo da parte della comunità e delle organizzazioni artistiche e ambientali senza scopo di lucro, compreso l'accesso tutto l'anno per eventi comunitari, mostre, festival, ecc. Il fienile di Covered Street offre un'area per i venditori per creare un centro di attività economica nel quartiere.

In qualità di leader nell'educazione ai sistemi alimentari sostenibili, The Stop Community Food Centre offre una programmazione con la quale i bambini e i membri della comunità di tutte le età potranno imparare a conoscere le pratiche di coltivazione ecologica e a mangiare in modo sano attraverso visite in classe, laboratori, cucine comunitarie e volontariato nella serra temperata e nei giardini protetti. Si crea quindi un luogo in cui persone di ogni età e provenienza possono coltivare, mangiare, festeggiare e imparare a conoscere un'alimentazione sana e sostenibile.

Artscape crede che artisti fiorenti aiutino a costruire comunità fiorenti. I progetti organizzati raggruppano le persone creative in strutture progettate per aiutarle a prosperare creando ulteriori risultati positivi a livello culturale, sociale, economico e ambientale per le comunità in cui si trovano. Il loro sviluppo è radicato in una pratica chiamata creazione di luoghi creativi, che sfrutta l'arte e la cultura per costruire comunità vivaci, sostenibili, prospere e inclusive.

Metabolismo Circolare

Il progetto Artscape Wychwood Barns abbraccia una progettazione sostenibile dal punto di vista ambientale, rispondendo ai temi della riqualificazione delle aree industriali dismesse, della conservazione dell'acqua e dell'energia e della riduzione delle emissioni di gas serra. Inoltre, è il primo sito storico designato in Canada a richiedere l'assegnazione del marchio LEED (Leadership in Energy & Environmental Design).

Alcune delle caratteristiche LEED dell'Artscape Wychwood Barns includono un sistema geotermico di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria con pompe di calore a sorgente sotterranea; un sistema di riscaldamento e condizionamento geotermici con pompe di calore da terra; un sistema di raccolta e riutilizzo delle acque piovane; illuminazione ed elettrodomestici ad alta efficienza energetica e impianti idraulici a risparmio idrico.

Grazie all'uso di energia verde e di risorse efficienti dal punto di vista energetico, Artscape Wychwood Barns è un progetto di miglioramento della qualità ambientale che fornisce un contributo significativo e positivo al miglioramento dell'ambiente della comunità.

Al centro della trasformazione di Artscape Wychwood Barns c'era l'idea fondamentale che la conservazione del patrimonio, l'interazione con la comunità e la sostenibilità ambientale fossero obiettivi complementari e profondamente intrecciati. Questo principio è stato al centro di tutto questo sforzo di trasformazione, dalle consultazioni iniziali della comunità fino alla progettazione e costruzione, e persino il modo in cui la struttura è gestita e mantenuta fino ad oggi.

Il riutilizzo di questo sito industriale cattura le emissioni di carbonio incorporate - energia che deve essere consumata per produrre, trasportare e assemblare tutte le parti di un edificio - che sono inerenti alla realizzazione di nuovi edifici. Conservando ciò che è già lì, oltre il 71% dei rifiuti di costruzione che sarebbero risultati dalla demolizione dei Wychwood Car Barns è stato deviato dalle discariche e non è stato necessario consumare energia aggiuntiva per costruire strutture completamente nuove. Allo stesso tempo, tutti i nuovi materiali introdotti nella ristrutturazione sono stati attentamente considerati per il loro impatto sulla sostenibilità, molti dei quali caratterizzati da un alto contenuto di materiale riciclato. Inoltre, il 30% dei materiali da costruzione utilizzati sono stati estratti e prodotti localmente. Sul fronte della sostenibilità, i granai sono dotati di una serra temperata per tutto l'anno, di un giardino protetto, di un forno all'aperto e di un impianto di compostaggio.

Perseguendo l'eccellenza ambientale, Artscape Wychwood Barns è stato il primo sito del patrimonio designato in Canada a cercare e ottenere la certificazione LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), un programma di certificazione di sostenibilità riconosciuto a livello mondiale. Il complesso funziona su un sistema di energia geotermica e utilizza l'acqua piovana raccolta da 1 acro di superficie del tetto per sciacquare i servizi igienici e irrigare il parco, i giardini e la serra. Anche le pareti esterne in muratura non isolate esistenti sono state isolate strategicamente per migliorare l'efficienza energetica e la longevità.

Caratteristiche LEED dei fienili Wychwood di Artscape:

- Raccolta dell'acqua piovana. Sotto il pavimento del fienile 2 si trova una cisterna da 90 metri cubi. Questa cisterna raccoglie l'acqua piovana che viene dal tetto dell'edificio. L'acqua raccolta viene utilizzata per gli sciacquoni dei 40 water closet del sito e per l'irrigazione del parco. Riutilizzando l'acqua piovana immagazzinata, in combinazione con impianti a basso flusso e orinatoi senz'acqua, il sito riduce del 67% il consumo di acqua potabile comunale rispetto a un tipico edificio delle stesse dimensioni. Si stima che l'edificio può risparmiare un totale di 7.745,90 litri al giorno o un volume annuo di 2,8 milioni di litri. Queste riduzioni dell'uso dell'acqua contribuiscono a proteggere il ciclo naturale dell'acqua e a risparmiare risorse idriche per le generazioni future.
- Riduzione dell'uso di acqua potabile. Implementando i rubinetti a bassissimo consumo che funzionano a 3 litri per risciacquo invece dei tradizionali 6 litri per risciacquo e implementando i sistemi di scarico a basso consumo, l'Artscape Wychwood Barns riduce in modo sostanziale il consumo idrico complessivo del sito. I servizi igienici a basso consumo riducono inoltre la quantità di acque reflue che entrano nell'impianto di trattamento delle acque reflue della città, diminuendo così l'impatto sull'ambiente.
- Tetto bianco. Il sistema di copertura dell'Artscape Wychwood Barns è costituito da una membrana in PVC bianca monostrato, altamente riflettente, che ricopre una superficie di circa 28.000 metri quadrati. Questo sistema di copertura aiuta a ridurre l'effetto isola di calore e il carico di raffreddamento del sito durante la stagione estiva. Le isole di calore possono influenzare le comunità aumentando il fabbisogno energetico di picco estivo, i costi di condizionamento, l'inquinamento atmosferico e le emissioni di gas serra, malattie e mortalità legate al caldo e la qualità dell'acqua. I sistemi di copertura bianchi possono ridurre l'effetto isola di calore riflettendo il calore solare anziché assorbirlo e trasferirlo all'edificio. Si stima che il sistema di copertura bianca installato sui fienili di Artscape Wychwood dovrebbe ridurre la temperatura interna durante i mesi estivi fino a 3°C.

- Qualità dell'aria interna. Negli ambienti chiusi i livelli di inquinanti possono essere da due a cinque volte superiori a quelli esterni. Molti di questi inquinanti provengono dai composti presenti nelle vernici, negli adesivi, nei sigillanti e nei prodotti per la pulizia utilizzati in loco. Questi composti (composti organici volatili o COV) contribuiscono alla generazione di smog e all'inquinamento atmosferico sia all'interno che all'esterno. Questi COV possono avere un effetto negativo sulla salute degli occupanti dell'edificio, causando irritazione respiratoria, asma e/o problemi di salute cronici alle persone che sono esposti ad essi per un lungo periodo di tempo. I prodotti e i metodi di installazione utilizzati per i fienili Artscape Wychwood Barns sono tutti conformi ai livelli di basso contenuto di COV specificati dal Canadian Green Building Council (CaGBC).
- Riscaldamento/raffreddamento da fonte terrestre. Gli edifici commerciali e istituzionali sono responsabili di circa il 37% del consumo di energia primaria del Canada. Il sistema di energia da fonte di terra, situato sotto il terreno del parco sul lato ovest del sito, è costituito da 48 fori di trivellazione, ciascuno dei quali si estende per 120 metri (400 piedi) di profondità. Questo sistema consente di ridurre in modo sostanziale la quantità di energia che sarebbe stata consumata se il sito avesse utilizzato metodi di riscaldamento/raffreddamento convenzionali.
- Rivestimento. I pannelli di rivestimento che corrono lungo Benson Ave sono realizzati al 100% in plastica riciclata. L'approvvigionamento di plastica proviene dalle acque reflue industriali di Kingston (ON) e viene prodotta in pannelli di polietilene a Toronto (ON). Questo pannello è impermeabile, resistente ai raggi UV e non contiene amianto, fibra di vetro o resine tossiche.

Modello Finanziario

L'Artscape Wychwood Barns fa parte di una nuova generazione di centri *multi-tenant* funzionalmente diversificati, progettato per promuovere la sinergia e la collaborazione. A differenza di un centro comunitario tradizionale, i fienili funzionano come un modello autosufficiente, che non richiede sovvenzioni operative continue dopo l'investimento iniziale di capitale. Per la sua realizzazione sono stati coinvolti diversi enti sostenitori,

donatori e finanziatori. Ci sono voluti cinque anni per sviluppare la visione e ottenere l'approvazione della città di Toronto, e altri tre per raccogliere i 23 milioni di dollari necessari a sostegno del capitale e riqualificare la proprietà. In particolare, i costi di riqualificazione dei fienili sono stati di 21,2 milioni di dollari.

L'Artscape lavora con circa 60 partners che contribuiscono con dei fondi. I partner sono sia enti pubblici che privati. Tra questi: organi governativi, la città di Toronto, il Ministero della Cultura, fondazioni culturali e imprenditori privati. Ognuno di questi contribuisce in misura diversa.

I ricavi derivano dagli affitti delle sale, degli studi/alloggi per artisti, eventi culturali e sociali, servizi fotografici. Artscape gestisce gli affitti della galleria, che è disponibile per mostre d'arte, piccoli meeting, eventi aziendali e sociali. Lo spazio è ideale per ospitare fino a 20 persone per una riunione a tavolino, 30-40 per un evento in stile presentazione e 50 per un evento in piedi. Per i servizi fotografici in Covered Street Barn, il costo è di 50$/ora con un minimo di quattro ore per gli individui e di 100$/ora con un minimo di quattro ore per le organizzazioni. I proventi degli affitti vengono reinvestiti in un modello di business circolare, per supportare la programmazione culturale e i servizi offerti dall'edificio.

Governance

Oggi i Granai sono di proprietà della Città di Toronto e gestiti da Artscape con un contratto di locazione di 50 anni. In qualità di gestore della proprietà, Artscape gestisce le operazioni e l'affitto dell'edificio. Artscape Non-Profit Homes Inc. amministra la componente residenziale dei Granai come parte del suo accordo con il programma Canada-Ontario Affordable Housing e l'Ufficio Affordable Housing della città di Toronto. La Città di Toronto Parks, Forestry & Recreation gestisce il parco e lo spazio che circonda i tre lati dei fienili.

Capitolo 6

La proposta metodologica di valutazione integrata per il riuso adattivo del patrimonio culturale industriale nella prospettiva dell'economia circolare

Il framework teorico articolato nella prima sezione, contenente lo stato dell'arte dell'oggetto della ricerca, consente di elaborare un avanzamento scientifico nel campo di indagine del riuso del patrimonio culturale. Il substrato di riferimento ha permesso di comprendere e internalizzare gli approcci e gli strumenti esistenti al momento dello studio al fine di elaborare una proposta metodologica di valutazione che consenta di misurare gli impatti positivi e negativi in molteplici dimensioni interconnesse dei progetti di riuso adattivo del patrimonio industriale dismesso nella prospettiva dell'economia circolare.

La transizione verso un'economia circolare è sempre più riconosciuta come un percorso promettente per affrontare le pressanti sfide della sostenibilità a livello di città (Papageorgiou et al., 2021). I sistemi integrati di valutazione basati su indicatori sono considerati strumenti utili per monitorare questa transizione. Tuttavia, gli studi che mappano e valutano tali quadri sono scarsi. Lo scopo della ricerca è di individuare un cruscotto di indicatori da cui i decision makers (pubblici, privati o in partenariato) possano attingere per valutare il grado di circolarità e di efficienza dei progetti di riuso del patrimonio industriale dismesso che vengono presentati o elaborati dalle amministrazioni pubbliche in collaborazione con diversi stakeholder o da imprenditori privati.

Tenendo conto degli studi condotti, la tesi avanza la proposta di una metodologia integrata di valutazione che utilizza due strumenti (TOPSIS + AHP) che seguono la teoria dell'utilità multiattributo attraverso l'elaborazione di un cruscotto di indicatori fondamentali che misurano il livello di circolarità delle performance delle alternative progettuali con l'integrazione di dati quali-quantitativi.

Dal framework teorico, frutto della combinazione di studi scientifici e analisi empiriche, è possibile individuare una tassonomia di criteri e indicatori di circolarità per la valutazione ex-ante dei progetti di riuso adattivo del patrimonio culturale industriale. Tali indicatori di circolarità vengono inseriti nel modello valutativo indicato che segue una precisa gerarchia:

1) individuazione dell'obbiettivo globale, ovvero la ricerca delle migliori performance di circolarità per le alternative di riuso del sito industriale;

2) individuazione di macro-criteri ovvero delle categorie principali dei criteri di circolarità;

3) individuazione dei criteri;

4) attribuzione del grado di importanza ai criteri di valutazione;

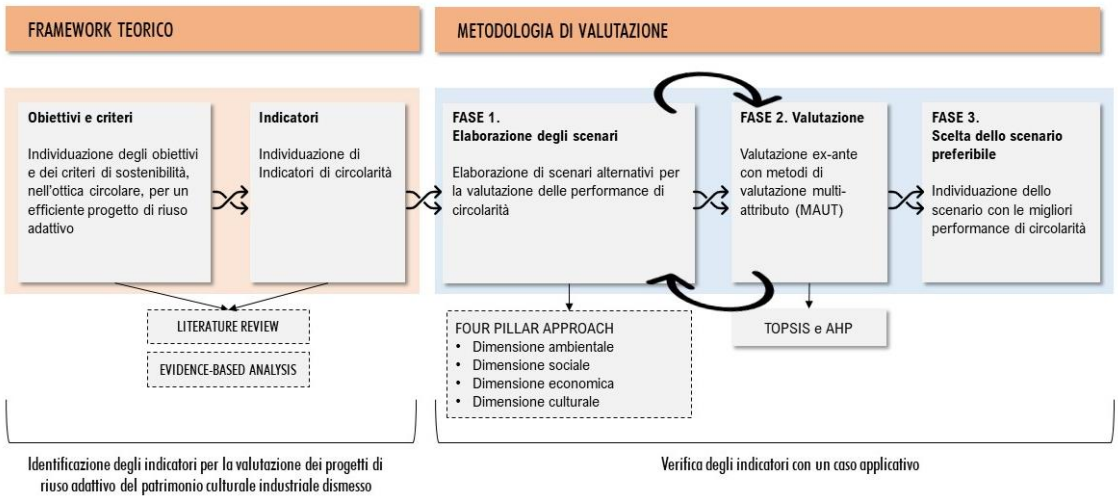
5) identificazione degli indicatori quali-quantitativi per la misurazione delle performance di circolarità;

6) elaborazione delle alternative di progetto;

7) valutazione delle alternative e identificazione del ranking di preferibilità per l'individuazione dello scenario preferibile.

Lo schema metodologico (figura 6.1) mostra le tre fasi principali della metodologia di valutazione (elaborazione degli scenari, valutazione delle alternative e scelta dello scenario preferibile) attraverso l'approccio delle quattro dimensioni della sostenibilità emerso nello studio dello stato dell'arte (ambientale, sociale, culturale ed economica).

Figura 6.1 Schema metodologico del processo di valutazione



La disciplina della valutazione aiuta non solo a confrontare le alternative già date, ma anche a produrre nuove soluzioni puntando a un gioco a somma positiva in cui tutti i soggetti ottengono benefici (Fusco Girard et al., 1989). Istituendo un quadro di valutazione "dinamico", se i risultati non sono quelli attesi, gli interventi possono essere rivisti e adattati per affrontare meglio le sfide. L'elaborazione delle alternative potrebbe infatti condurre a diversi cicli valutativi, secondo un processo evolutivo di valutazione, per cui una volta elaborati gli scenari di progetto e condotta la valutazione, semmai tali alternative non risultassero soddisfacenti dal punto di vista della circolarità, sarebbe possibile tornare al punto di partenza ed elaborare in modo più dettagliato ed approfondito le alternative progettuali. Una prima valutazione potrebbe essere strutturata su dati soft e qualitativi e poi approfondire con valutazioni successive le alternative progettuali strutturandole su dati hard e quantitativi. Questo permetterebbe di rielaborare nel tempo le alternative e condurre la valutazione in diversi momenti della pianificazione e per scopi differenti. Il decisore pubblico può usare tale strumento in due modi:

1. Elaborare degli scenari di progetto ex novo, eventualmente attraverso un processo di co-progettazione partecipata con il coinvolgimento della comunità, confrontarli per valutare il livello di circolarità e successivamente approfondirli o integrarli tra loro e rivalutarli per migliorare le performance del riuso adattivo in chiave circolare. Molto spesso, infatti, un aspetto più performante o circolare di un progetto può risultare manchevole in un altro e così via. Confrontando le varie alternative può emergere la necessità di integrare o ricalibrare o mescolare alcuni punti o questioni dei vari progetti alternativi di riuso, facendo emergere ulteriori nuove alternative, più soddisfacenti.
2. Confrontare e valutare scenari di progetto già elaborati e giunti all'amministrazione tramite la partecipazione ad un bando o un concorso pubblico. In questo caso la valutazione integrata permette di comprendere attraverso un processo scientifico fondato su dati quali-quantitativi, quale progetto risulta preferibile.

Nei successivi paragrafi la tesi dimostra le modalità con cui vengono individuati i criteri, gli indicatori e i metodi multicriterio TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) e AHP (*Analytic Hierarchy Process*) combinati per la proposta metodologica.

6.1 I criteri di circolarità per la valutazione dei progetti di riuso del patrimonio culturale industriale

I criteri vengono individuati grazie allo studio bibliografico (Capitolo 4) e alle analisi empiriche (Capitolo 5) condotte sui casi di studio di progetti di riuso adattivo del patrimonio industriale nella prospettiva dell'economia circolare. Le macro-categorie di criteri e i criteri di circolarità proposti nel presente lavoro sono il frutto di una elaborazione e approfondimento del progetto CLIC, coi criteri emersi dalla letteratura sul tema, di cui si riportano le fonti bibliografiche di riferimento nel testo.

La ricerca individua cinque categorie (capitale manufatto, capitale sociale, capitale culturale, capitale ecologico, capitale finanziario) che rispecchiano le dimensioni allargate della sostenibilità (Consorzio, 2015) inglobando la categoria del capitale manufatto come suggerito da Vizzarri et al., 2021 (tabella 6.1). A ciascuna categoria corrispondono una serie di criteri di circolarità che innescano processi circolari virtuosi di risorse e valori in accordo alle tre dimensioni della circolarità proposte dal progetto CLIC: capacità generativa, rigenerativa e simbiotica.

Tabella 6.1 Le categorie del capitale per la valutazione di circolarità delle pratiche di riutilizzo adattivo del patrimonio culturale industriale.

CE	CM	CS	CC	CF
Capitale Ecologico	Capitale Manufatto	Capitale Sociale	Capitale Culturale	Capitale Finanziario

Capitale Ecologico (CE)

Il riuso adattivo degli edifici industriali ha un effetto positivo diretto sulla sostenibilità ambientale, in quanto riduce la quantità di nuovi materiali da costruzione necessari e contribuisce al risparmio di energia incorporata (Stanojević et al., 2021). Inoltre, durante il processo di riuso vengono condotte molte attività che rendono gli edifici industriali efficienti dal punto di vista energetico, con misure di mitigazione ai cambiamenti climatici (Dichiarazione di Leeuwarden, 2018). La sostenibilità ambientale è tra i temi più

approfonditi in letteratura e nei documenti ufficiali nel campo del riuso adattivo degli edifici storici. Sono state condotte ricerche per colmare il divario esistente tra la valorizzazione del patrimonio culturale e la protezione dell'ambiente. Le misure incoraggiate riguardano la promozione dell'uso sostenibile degli ambienti costruiti esistenti, misure tecniche nel campo dei materiali, dell'aria, dell'acqua e dell'energia. I criteri individuati per la valutazione delle pratiche di riuso adattivo del patrimonio industriale sono i seguenti:

(CE.1) Riduzione dell'impronta di carbonio

Contribuisce a ridurre le emissioni di gas serra, inclusa la valorizzazione dell'energia incorporata di edifici e siti industriali. L'impronta di carbonio è una misura dell'entità delle emissioni di gas a effetto serra (principalmente di anidride carbonica, CO_2) prodotte direttamente o indirettamente da un'attività, un'organizzazione, un prodotto, un manufatto o un individuo. Rappresenta la quantità di CO_2 equivalente emessa nell'atmosfera a causa di un'attività specifica. Le emissioni di gas a effetto serra, tra cui la CO_2, sono un fattore chiave nel cambiamento climatico. L'aumento delle concentrazioni di questi gas nell'atmosfera contribuisce al riscaldamento globale e ai suoi effetti negativi sull'ambiente. L'impronta di carbonio può essere valutata a diversi livelli, tra cui quello di un prodotto edilizio o un manufatto industriale. Queste emissioni possono derivare dall'uso di energia, dalla produzione di beni e servizi, dalla gestione dei rifiuti e da altre attività connesse. Calcolare l'impronta di carbonio può essere un processo complesso e coinvolge l'analisi delle emissioni dirette e indirette associate a un'attività specifica. Esistono strumenti e metodologie che aiutano a stimare l'impronta di carbonio, prendendo in considerazione diversi fattori come il consumo di energia, l'utilizzo di combustibili fossili, le attività agricole e la gestione dei rifiuti. Le misure per ridurre le emissioni di gas a effetto serra includono l'adozione di fonti di energia rinnovabile, l'efficienza energetica, il trasporto sostenibile, l'uso responsabile delle risorse, la gestione dei rifiuti e lo sviluppo di tecnologie a basse emissioni di carbonio. L'obiettivo finale è quello di raggiungere la neutralità carbonica, che significa bilanciare le emissioni di CO_2 con azioni di rimozione o compensazione delle stesse. Questo può essere realizzato attraverso l'investimento in progetti di riforestazione, l'uso di tecnologie di cattura e stoccaggio del carbonio e l'adozione di pratiche sostenibili a basse emissioni di carbonio (European Investment Bank, 2022).

(CE.2) Auto-sufficienza energetica

Si riferisce alla capacità di un manufatto edilizio di soddisfare il proprio fabbisogno energetico senza dipendere completamente dalle fonti esterne di energia. In altre parole, implica la produzione di energia necessaria per il proprio consumo interno, riducendo al minimo l'importazione di energia da fonti esterne. L'auto-sufficienza energetica può essere raggiunta attraverso diverse strategie e tecnologie:

- Energia rinnovabile: l'installazione di sistemi di produzione di energia rinnovabile, come pannelli solari fotovoltaici per l'energia solare, turbine eoliche per l'energia eolica o sistemi di cogenerazione per l'energia da biomassa, può consentire la generazione di energia pulita e sostenibile direttamente sul posto.
- Efficienza energetica: migliorare l'efficienza energetica riduce il consumo di energia e, di conseguenza, la quantità di energia necessaria per soddisfare le esigenze. L'adozione di apparecchiature ad alta efficienza energetica, l'isolamento termico degli edifici, l'ottimizzazione dei processi industriali e l'utilizzo di sistemi di gestione energetica consentono di ridurre la richiesta energetica e avvicinarsi all'auto-sufficienza.
- Conservazione dell'energia: la conservazione dell'energia riguarda l'ottimizzazione dell'uso dell'energia e la riduzione degli sprechi. Attraverso pratiche di riduzione dei consumi, come spegnere le luci non necessarie, utilizzare elettrodomestici a basso consumo energetico e promuovere comportamenti consapevoli, è possibile diminuire la quantità di energia richiesta per soddisfare le esigenze.
- Sistemi di stoccaggio dell'energia: l'implementazione di sistemi di stoccaggio dell'energia consente di accumulare l'energia prodotta dalle fonti rinnovabili quando è disponibile in eccesso e utilizzarla quando la produzione è inferiore alla domanda. Ciò contribuisce a garantire un approvvigionamento continuo di energia anche in assenza di produzione diretta.

L'auto-sufficienza energetica può comportare numerosi vantaggi, tra cui la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, una maggiore sicurezza energetica, l'indipendenza dai prezzi volatili dei combustibili fossili e un maggiore controllo sulle fonti di energia.

(Commissione Europea, 2017; Vardopoulos, 2019, Opher et al., 2021, Guidetti & Ferrara, 2023, analisi empiriche).

(CE.3) Circolarità delle risorse idriche

La circolarità delle risorse idriche si riferisce all'approccio sostenibile che mira a ridurre lo sfruttamento e lo spreco delle risorse idriche, promuovendo la conservazione, il riutilizzo e il riciclo dell'acqua per soddisfare le esigenze umane, industriali e agricole. La conservazione dell'acqua si concentra sull'adozione di misure per ridurre il consumo e lo spreco di acqua. Ciò include l'installazione di dispositivi ad alta efficienza idrica come rubinetti a basso flusso, docce a risparmio idrico e apparecchiature industriali efficienti. Inoltre, pratiche come la raccolta e l'uso delle acque piovane, la corretta manutenzione delle reti idriche per prevenire perdite e la promozione di comportamenti consapevoli legati all'acqua sono importanti per la conservazione delle risorse idriche. Il riutilizzo delle acque reflue permette di trattare e riciclare le acque reflue provenienti da attività domestiche, industriali o agricole per scopi non potabili. Questo può includere il loro utilizzo per l'irrigazione di parchi e giardini, il raffreddamento industriale o il lavaggio di superfici. Mediante l'adeguato trattamento delle acque reflue, è possibile ridurre la dipendenza dalle fonti di acqua dolce e sfruttare in modo più efficiente le risorse idriche disponibili.
(Commissione Europea, 2017; Bottero & Lerda, 2019; analisi empiriche).

(CE.4) Ecosistemi naturali e biodiversità

Si riferisce all'implementazione di azioni per la conservazione del patrimonio naturale e della biodiversità del sito industriale (conservazione del verde storico, facciate/tetti verdi, percorsi naturalistici, specie arboree conservate, etc.). Gli ecosistemi naturali assorbono grandi quantità di carbonio atmosferico e agiscono come serbatoi di carbonio. La conservazione degli ecosistemi naturali è essenziale per mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici. La biodiversità è cruciale per la stabilità degli ecosistemi e il funzionamento dell'intero sistema Terra. Una maggiore diversità genetica e di specie aumenta la resilienza degli ecosistemi di fronte alle perturbazioni ambientali, come malattie, cambiamenti climatici o catastrofi naturali. Inoltre, la biodiversità offre anche valore estetico, culturale e ricreativo per le persone fornendo benefici per la salute umana. Il contatto con la natura può ridurre lo stress, migliorare il benessere mentale e fisico e favorire uno stile di vita attivo. Inoltre, molti farmaci e principi attivi utilizzati in medicina

derivano da organismi presenti nella biodiversità (Foster & Krenin, 2020; Szucs, et al., 2015).

(CE.5) Opere di bonifica

Le opere di bonifica dei siti industriali si riferiscono alle attività volte a ripristinare la qualità ambientale di aree precedentemente contaminate a causa delle attività industriali. Queste opere sono necessarie per mitigare i potenziali rischi per la salute umana e l'ambiente derivanti dalla presenza di sostanze inquinanti. Le procedure di bonifica constano in diverse fasi: la prima fase comprende lo studio approfondito delle sostanze inquinanti presenti, la loro distribuzione nel terreno, nelle acque sotterranee e negli eventuali corpi idrici adiacenti. Questa fase determina l'estensione e il tipo di inquinamento presente. La valutazione dei rischi consiste nell'analisi degli effetti potenziali dell'inquinamento presente sulle persone e sull'ecosistema circostante. Questa valutazione tiene conto delle caratteristiche delle sostanze inquinanti, della loro concentrazione, delle vie di esposizione umana e delle vulnerabilità ambientali. In base ai risultati della caratterizzazione e della valutazione dei rischi, viene sviluppato un piano di bonifica. Questo piano definisce le strategie e le tecniche da utilizzare per rimuovere o ridurre l'inquinamento presente nel sito. Durante questa fase, vengono attuate le misure di bonifica identificate nel piano. Questo può comportare la rimozione fisica delle sostanze inquinanti, l'utilizzo di tecniche di trattamento chimico o biologico, la copertura del suolo contaminato o la creazione di barriere per evitare la migrazione dei contaminanti. Dopo l'implementazione delle misure di bonifica, viene effettuato un monitoraggio per verificare l'efficacia delle azioni intraprese e assicurarsi che i livelli di contaminazione siano stati ridotti ai livelli accettabili. Il monitoraggio può includere analisi del suolo, delle acque sotterranee e della qualità dell'aria per valutare la presenza residua di inquinanti. Una volta che il sito è stato bonificato con successo e i livelli di contaminazione sono stati ridotti ai limiti accettabili, può essere avviato il processo di riqualificazione. Questo può includere la conversione del sito a un nuovo uso contribuendo al ripristino e alla riutilizzazione sostenibile delle aree precedentemente inquinate (Canevaro et al., 2019).

(CE.6) Uso del suolo

Fa riferimento alla quantità di suolo recuperato e al consumo di suolo naturale evitato per la costruzione di nuovi edifici. L'obiettivo della superficie di suolo recuperata per nuovi usi è massimizzare l'utilizzo delle risorse esistenti e ridurre l'espansione delle aree urbane in nuovi territori. Le ex aree industriali o di produzione possono essere recuperate per scopi diversi, come lo sviluppo di zone residenziali, quartieri culturali, centri commerciali o parchi industriali (Foster, & Krenin 2020).

(CE.7) Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici

*V*erifica l'adozione di tutti quei sistemi, dispositivi o materiali che possono concorrere alla mitigazione di impatti negativi per il cambiamento climatico. L'adattamento e la resilienza ai cambiamenti climatici si riferiscono alle azioni intraprese per affrontare gli effetti attuali e futuri del cambiamento climatico e per ridurre la vulnerabilità delle comunità, delle infrastrutture e degli ecosistemi. Con il continuo aumento delle temperature globali e gli impatti associati come l'aumento del livello del mare, l'aumento delle temperature estreme, le piogge intense e le siccità prolungate, è diventato sempre più importante adattarsi a questi cambiamenti e costruire società resilienti. Un aspetto chiave dell'adattamento climatico è la costruzione di infrastrutture resilienti come la progettazione di edifici che siano in grado di sopportare eventi estremi come tempeste o inondazioni, la gestione delle risorse idriche in modo sostenibile e l'implementazione di misure di mitigazione delle inondazioni (De Gregorio et al., 2020, Gravagnuolo et al., 2019, 2021; CLIC Project; analisi empiriche).

(CE.8) Cicli di vita circolari dei materiali da costruzione e demolizione (C&D)

Si riferiscono alla gestione sostenibile dei materiali utilizzati nell'industria delle costruzioni, promuovendo il riutilizzo, il riciclo e il ripristino dei materiali per ridurre l'estrazione di risorse naturali, la produzione di rifiuti e l'impatto ambientale complessivo. I materiali da costruzione possono essere recuperati da edifici esistenti e riutilizzati in nuovi progetti anziché essere smaltiti come rifiuti. Ciò richiede la valutazione delle proprietà e della qualità dei materiali esistenti, nonché l'implementazione di sistemi per la raccolta, la selezione e la preparazione dei materiali riutilizzabili. Inoltre, i materiali da costruzione possono essere riciclati per creare nuovi prodotti o materiali. Ad esempio, il cemento può essere riciclato

per produrre aggregati per calcestruzzo e il legno può essere sottoposto a riciclaggio per produrre pannelli di legno riciclato. Ciò richiede infrastrutture di riciclaggio adeguate e l'adozione di processi di smaltimento selettivo dei materiali. Per promuovere i cicli di vita circolari dei materiali da costruzione, sono necessari sforzi a livello di politiche, normative, ricerca e collaborazione tra i diversi attori dell'industria delle costruzioni. Iniziative come la certificazione LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) e l'adozione di standard di sostenibilità possono incoraggiare e guidare le pratiche di gestione circolare dei materiali nelle costruzioni. La scelta di materiali a basso impatto ambientale, come materiali naturali, riciclati o provenienti da fonti rinnovabili, può ridurre l'estrazione di risorse e l'impatto ambientale complessivo. Ad esempio, l'utilizzo di materiali come il legno proveniente da foreste gestite in modo sostenibile o l'uso di materiali isolanti riciclati possono contribuire a una gestione più sostenibile dei materiali da costruzione (Foster & Krenin, 2020).

Capitale Manufatto (CM)

Mentre nella letteratura scientifica gli aspetti culturali nei progetti di riuso adattivo sono stati evidenziati in modo significativo (Gravagnuololo et al. 2021; CLIC Project), gli aspetti architettonici hanno ricevuto scarsa attenzione. Anche Bosone et al. (2021), una delle fonti più complete per la redazione dei criteri di riuso del patrimonio nella prospettiva dell'economia circolare, non hanno menzionato gli aspetti architettonici nei progetti di riuso adattivo. Anche tali aspetti possono contribuire a influenzare il grado di circolarità delle performance nel riuso dell'archeologia industriale. Così, per considerare i criteri riferiti agli aspetti architettonici, si fa riferimento ai termini utilizzati da Vizzarri et al., (2021) e Arfa et al., (2022). Sebbene questi autori abbiano proposto questi termini come "caratteristiche" da considerare nella progettazione di edifici adattabili, i criteri risultano appropriati per raggruppare gli aspetti architettonici nella prospettiva dell'economia circolare. Questi criteri e le loro definizioni sono i seguenti:

(CM.9) Design circolare

Riguarda la progettazione per l'adattabilità e la riorganizzazione funzionale futura del manufatto e l'uso temporaneo degli spazi. Fornitura di spazi che possono supportare molteplici disposizioni spaziali grazie alla loro flessibilità. Tale criterio si basa sulla progettazione per la de-costruzione, ovvero considerare fin dalla fase di progettazione la facilità con cui l'edificio potrà essere smontato e i materiali potranno essere recuperati per un eventuale riutilizzo o riciclaggio al termine della sua vita utile. Utilizzare sistemi costruttivi modulari, connessioni smontabili e metodi di assemblaggio reversibili, progettare spazi destinati ad usi temporanei, spazi dedicati al recupero e il riuso di materiali tradizionali e di scarto. (Aigwi et al., 2020; Cucco et al., 2023; Vizzarri et al., 2021; Sowinska-Swierkosz, 2017, analisi empiriche)

(CM.10) Accessibilità

Si riferisce alla capacità di un sito o di un edifico di essere fruito da tutte le persone, indipendentemente dalle loro capacità fisiche o sensoriali. L'edificio o il sito deve fornire un accesso senza barriere fisiche, come rampe o ascensori per le persone in carrozzina, corrimano per persone con difficoltà di deambulazione e porte ampie per consentire il passaggio di persone con ausili per la mobilità. All'interno dell'edificio, gli spazi devono essere progettati in modo da essere accessibili a tutte le persone. È utile anche fornire supporto per tecnologie assistive, come ad esempio sistemi di amplificazione del suono per persone con problemi uditivi o dispositivi di comunicazione alternativa per persone con difficoltà di linguaggio. Inoltre, questo criterio fa riferimento anche allo spazio pubblico che viene recuperato/rigenerato o reso più fruibile, alla presenza di aree pedonali sul totale delle superfici di intervento e alle superfici dedicate alla mobilità sostenibile come le piste ciclabili (Bottero et al., 2019; CLIC Project).

(CM.11) Reversibilità

Nell'ambito del riuso degli edifici industriali la reversibilità si riferisce alla capacità di modificare un edificio in modo da consentire future trasformazioni o utilizzi senza danneggiare irrimediabilmente la struttura o compromettere la sua integrità architettonica. Il concetto di reversibilità diventa particolarmente rilevante quando si tratta di ristrutturare

o adattare un edificio esistente per scopi diversi. Un edificio reversibile è progettato e realizzato in modo da consentire modifiche senza causare danni strutturali significativi o richiedere demolizioni sostanziali. Ciò permette un maggiore grado di flessibilità nel tempo, poiché l'edificio può essere facilmente adattato a nuovi requisiti funzionali o alle esigenze di diversi utenti. Alcuni aspetti chiave che contribuiscono alla reversibilità di un edificio durante il riuso includono:

- Struttura modulare: un'organizzazione strutturale basata su moduli o elementi prefabbricati facilita la rimozione e la sostituzione di parti dell'edificio senza compromettere la stabilità dell'intera struttura.
- Partizioni e pareti non strutturali: l'utilizzo di partizioni interne non portanti o pareti divisorie leggere consente una maggiore flessibilità nell'organizzazione degli spazi interni. Queste parti possono essere facilmente rimosse o spostate per adattare l'edificio a nuove configurazioni.
- Materiali reversibili: l'utilizzo di materiali reversibili, come rivestimenti o finiture facilmente rimovibili o sostituibili, consente di apportare modifiche estetiche o funzionali all'edificio senza danneggiare le superfici sottostanti.

(Fusco Girard & Nocca, 2019; Angrisano et al., 2021)

(CM.12) Spazi sani e confortevoli

*Q*uando si affronta il riuso adattivo di un edificio in chiave circolare, è importante considerare la creazione di spazi sani e confortevoli per gli occupanti futuri. Ciò implica la progettazione e l'implementazione di soluzioni che promuovano la qualità dell'aria, l'illuminazione adeguata, il comfort termico e acustico, nonché il benessere generale delle persone che utilizzano l'edificio, attraverso soluzioni sostenibili e innovative dal punto di vista tecnologico, tutte improntate al recupero delle risorse, all'eliminazione degli sprechi e all'uso di sistemi passivi e naturali (Commissione Europea, 2017; Fusco Girard & Nocca, 2019).

(CM.13) Stato di conservazione

*A*ttraverso questo criterio si valutano le condizioni storiche e architettoniche a seguito degli interventi di riuso adattivo: il livello dello stato complessivo di conservazione dell'edificio a seguito di interventi di restauro, il livello di conservazione delle caratteristiche

geometriche, il livello di mantenimento degli elementi tecnici e delle finiture esistenti nel riutilizzo del manufatto industriale (ICOMOS, 2011; Angrisano et al, 2019; De Medici et al., 2020).

(CM.14) Recupero degli edifici industriali

È un processo che riguarda la trasformazione e il riutilizzo di strutture edificate per scopi industriali, al fine di adattarle a nuovi usi e funzioni. Questo approccio offre diversi vantaggi, tra cui la conservazione del patrimonio architettonico e storico, la riqualificazione urbana, la riduzione degli sprechi e l'impatto ambientale. Tale criterio quantifica la superficie degli edifici industriali in buono stato rifunzionalizzati e la coerenza delle nuove funzioni con le caratteristiche morfologiche e geometriche dei manufatti industriali (Cucco et al., 2023; Ksiazek et al., 2022; De Gregorio et al., 2023).

Capitale Sociale (CS)

Il riuso adattivo degli edifici industriali può fornire nuove dinamiche sociali e facilitare la rigenerazione delle aree urbane. Nella letteratura scientifica, molti autori hanno evidenziato la creazione di valore sociale nei progetti di riuso adattivo da un'ampia gamma di prospettive diverse. Il capitale sociale è inteso come la rete di relazioni sociali, la cooperazione e la condivisione di risorse che esistono all'interno di una comunità. Nel contesto del riuso adattivo degli edifici, il capitale sociale può essere promosso e potenziato attraverso il coinvolgimento della comunità locale nel processo decisionale e di progettazione del riuso degli edifici; attraverso la progettazione di edifici adattati in modo da incorporare spazi condivisi, come aree comuni, spazi per eventi o attività culturali, che favoriscono l'interazione sociale e la costruzione del capitale sociale; attraverso la promozione di iniziative collaborative all'interno degli edifici adattati, come cooperative di abitazione o spazi di coworking, che favoriscono la condivisione di risorse e l'interazione tra diverse persone o organizzazioni, considerando gli impatti sociali nel processo di adattamento degli edifici. Ad esempio, adattare gli edifici per fornire alloggi accessibili e convenienti per gruppi vulnerabili o utilizzare materiali ecologici che migliorano la qualità della vita delle persone. L'obiettivo è creare un ambiente che favorisca la coesione sociale, la partecipazione attiva dei membri della comunità e la creazione di legami sociali più forti.

Questo può portare a una comunità più resiliente, sostenibile e inclusiva, in cui le persone si sentono parte integrante del processo di riuso degli edifici dismessi e la riabilitazione territoriale (Kaya et al., 2021; Bosone et al., 2021; CLIC Project; Martinovic & Ifko, 2018; Vizzarri et al., 2021).

(CS.15) Comunità locale

La partecipazione attiva della comunità locale è fondamentale nel contesto del riuso adattivo degli edifici industriali, come stabilire partenariati con organizzazioni locali, associazioni di quartiere, gruppi culturali o altre organizzazioni che rappresentano gli interessi della comunità locale. Collaborare con queste entità per guidare il processo di riuso adattivo, beneficiando delle loro conoscenze, risorse e legami. Coinvolgere la comunità nella progettazione e nell'implementazione delle soluzioni, facendo leva sulle competenze e le risorse locali.

(CS.16) Qualità della vita

Implica la progettazione di spazi verdi accessibili al pubblico e superfici dedicate alla socializzazione, come piazze, parchi, luoghi di comunità, bar e ristoranti e altre tipologie di attività che promuovono l'aggregazione.

Capitale Culturale (CC)

Il concetto di capitale culturale nel contesto del riuso degli edifici si riferisce al valore culturale e artistico che può essere preservato e valorizzato attraverso l'adattamento e la rifunzionalizzazione di edifici esistenti anziché demolirli o abbandonarli. Quando si riutilizza un edificio si conservano la storia, l'architettura e le caratteristiche culturali intrinseche di un patrimonio che può contribuire a creare un senso di identità, appartenenza e continuità con il passato nella comunità locale.

(CC.17) Autenticità e integrità culturale

L'autenticità e l'integrità culturale nel riutilizzo degli edifici industriali sono temi importanti quando si tratta di preservare la storia e l'identità di una comunità. Quando un edificio industriale viene trasformato per un nuovo uso, è fondamentale prendere in considerazione diversi aspetti per garantire che l'autenticità e l'integrità culturale siano

preservate. Prima di intraprendere qualsiasi intervento, è essenziale condurre una ricerca accurata sulla storia dell'edificio e del contesto circostante. Questo aiuterà a comprendere il valore culturale dell'edificio e a identificare elementi significativi da preservare. Durante il processo di riutilizzo, gli interventi architettonici dovrebbero essere realizzati in modo sensibile, evitando modifiche eccessive che possano alterare l'aspetto originale dell'edificio. Dovrebbe essere cercato un equilibrio tra le esigenze della nuova destinazione d'uso e la conservazione dell'autenticità dell'edificio. Nei casi in cui un gruppo di edifici industriali è concentrato in un'area, è importante considerare la conservazione dell'intero paesaggio industriale. Questo può includere le relazioni spaziali tra gli edifici, le strutture di supporto e gli elementi paesaggistici. L'educazione sulla storia e l'importanza culturale dell'edificio industriale, sia tra gli abitanti locali che tra i visitatori, possono aiutare a creare un senso di apprezzamento e responsabilità per la sua conservazione. L'autenticità e l'integrità culturale sono cruciali per mantenere un legame tra il passato e il presente di una comunità. Pertanto, il riutilizzo degli edifici industriali dovrebbe essere fatto con attenzione, rispetto e una visione a lungo termine per garantire la preservazione del patrimonio culturale (Li et al., 2018).

(CC.18) Valore intrinseco

Il valore intrinseco riflette lo spirito di un luogo, il suo carattere specifico, unico, irriproducibile, la sua particolare identità che è spesso in grado di determinare senso di connessione tra comunità e capitale manufatto, ovvero tra comunità e capitale culturale. Il valore intrinseco esiste allorquando gli abitanti di un'area si riconoscono in questi valori qualitativi, in certe caratteristiche che esprimono il senso di un luogo, il legame con la storia della sua gente (Dornelles et al., 2020. Questi luoghi hanno la capacità di costruire integrazione, di ridurre l'emarginazione, di superare la frammentazione. Sono in generale dei luoghi che hanno un carattere pubblico, in cui la vitalità è molto elevata, e quindi la capacità di richiamare altre attività. Questi luoghi pubblici promuovono la percezione che c'è una dimensione sociale che essi stimolano, hanno stimolato e possono ancora in futuro stimolare, collegata all'interesse generale, al bene comune, che trascende la cultura del profitto individuale: essi aiutano a costruire la percezione che la bellezza di questi spazi si incrocia con il bene comune, perché essi hanno orientato le scelte nella città (Fusco Girard

& Nijkamp, 2005; Fusco Girard, 2021). Ma il valore intrinseco, che cioè "va oltre" la dimensione individuale e si collega alla dimensione sociale, esprime anche un valore "spirituale", perché lega individuo e comunità, passato e presente, valori d'uso e valori indipendenti dall'uso, aiutando a cogliere la profonda unità tra di essi (Fusco Girard & Nocca, 2019).

(CC.19) Pratiche tradizionali

Con l'intervento di riutilizzo adattivo degli edifici, è possibile valorizzare e recuperare abilità, tecniche tradizionali e conoscenze locali che altrimenti potrebbero essere in pericolo di estinzione o dimenticate. Questo tipo di approccio mette l'accento sulla conservazione del patrimonio culturale e delle pratiche locali, integrandole in progetti contemporanei. L'adozione di tecniche tradizionali di artigianato e lavorazione locale può essere incoraggiata durante il processo di restauro e riuso adattivo degli edifici storici. Questo può includere l'uso di maestranze locali specializzate nella lavorazione di materiali tradizionali come legno, pietra, ceramica, tessuti, intonaci, ecc. La scelta di materiali locali e naturali può contribuire a mantenere l'autenticità dell'edificio e promuovere l'economia locale. Ad esempio, l'utilizzo di pietra proveniente dalla regione circostante o di legno di alberi autoctoni. L'uso di tecniche di costruzione tradizionali può essere adottato per conservare l'aspetto e l'atmosfera dell'edificio originale. Questo può includere tecniche di muratura, intonaci tradizionali, archi a volta, ecc. Coinvolgere la comunità locale nel processo di riutilizzo adattivo può aiutare a riscoprire e valorizzare le abilità e le conoscenze tradizionali presenti nella zona. La partecipazione dei residenti può portare alla condivisione di esperienze e saperi locali preziosi. Durante il processo di riutilizzo adattivo, è possibile conservare e mettere in mostra attrezzature e manufatti storici legati all'edificio industriale. Questo può servire a preservare la memoria delle pratiche e delle tecnologie tradizionali utilizzate in passato (Kaya et al., 2021; CLIC Project).

(CC.20) Vitalità culturale

Il riuso di un edificio industriale può apportare una significativa vitalità culturale alla comunità e all'area circostante. Quando un edificio industriale viene trasformato in un nuovo centro culturale o creativo, spesso accade un'esplosione di attività e iniziative che possono arricchire notevolmente il tessuto sociale, artistico e culturale della zona. Gli

edifici industriali riconvertiti possono diventare luoghi ideali per ospitare eventi culturali, mostre d'arte, spettacoli teatrali, concerti, proiezioni cinematografiche, etc. Questi spazi unici e suggestivi possono attirare artisti, creatori e visitatori, creando un centro culturale pulsante. Il riuso di edifici industriali può favorire la creazione di incubatori creativi e spazi di coworking. Questi luoghi possono riunire artisti, designer, artigiani e professionisti creativi, facilitando la collaborazione e lo scambio di idee. La disponibilità di spazi abitativi all'interno di un edificio industriale riconvertito può attirare artisti in residenza da altre regioni o paesi, promuovendo la diversità culturale e artistica. I grandi spazi presenti in molti edifici industriali possono essere utilizzati come atelier e laboratori per artisti e artigiani, fornendo un ambiente creativo e stimolante per la produzione artistica. La trasformazione di un edificio industriale in un museo o centro culturale può conservare e presentare la storia industriale della zona, contribuendo alla formazione di un patrimonio culturale comune. Gli edifici industriali possono diventare location perfette per spettacoli teatrali, performance di danza e altre esibizioni artistiche, fornendo uno sfondo suggestivo per le produzioni. La trasformazione di un edificio industriale può promuovere l'organizzazione di eventi comunitari, come mercati dell'artigianato, festival culturali e attività educative, coinvolgendo la popolazione locale nella vita culturale (CLIC Project, analisi empiriche).

Capitale Finanziario (CF)

(CF.21) Auto-sostenibilità finanziaria

L'auto-sostenibilità finanziaria nel riuso di un edificio industriale si riferisce alla capacità di coprire i costi operativi, di manutenzione e di gestione dell'edificio attraverso le risorse generate internamente, senza dover dipendere in modo significativo da finanziamenti esterni o sovvenzioni a lungo termine. Creare una varietà di fonti di reddito all'interno dell'edificio può aiutare a garantire una maggiore stabilità finanziaria. Ad esempio, potrebbero essere inclusi spazi per uffici, negozi, ristoranti, studi di artisti, laboratori creativi, alloggi per turisti o eventi culturali a pagamento. Se l'edificio riconvertito include aree pubbliche o spazi comuni, possono essere utilizzati per ospitare eventi, mostre, conferenze o attività a pagamento. Favorire l'insediamento di piccole imprese o start-up

all'interno dell'edificio può stimolare l'economia locale e contribuire alla sua sostenibilità finanziaria. Collaborare con enti locali, organizzazioni no-profit o aziende private può portare a partnership strategiche che offrono benefici finanziari e culturali per entrambe le parti coinvolte. Ottimizzare l'uso degli spazi per massimizzare la redditività. Questo potrebbe significare adattare gli spazi alle esigenze di mercato, creare sale polifunzionali o ottimizzare l'utilizzo degli spazi per eventi e attività diverse. Mantenere costi di gestione e manutenzione controllati può aiutare a migliorare la sostenibilità finanziaria. L'utilizzo di tecnologie energetiche efficienti, il controllo delle spese operative e la riduzione degli sprechi sono importanti per questo obiettivo. Coinvolgere attivamente la comunità locale e attrarre turisti attraverso eventi, mostre, tour e attività culturali può contribuire ad aumentare la visibilità e la redditività dell'edificio industriale riusato (Della Spina, 2020; Labadi, 2011).

(CF.22) Sinergie e simbiosi commerciali

Il riuso di un edificio industriale offre diverse opportunità per creare sinergie e simbiosi commerciali. Questo tipo di collaborazione può portare a vantaggi significativi per le imprese coinvolte e contribuire alla vitalità economica dell'intera area. Un edificio industriale riusato può ospitare diverse fasi della catena di approvvigionamento o di produzione all'interno dello stesso spazio. Ad esempio, una fabbrica che produce materie prime potrebbe condividere lo stesso edificio con un'azienda che realizza prodotti finiti, ottimizzando le operazioni e riducendo i costi di trasporto. Le aziende presenti nell'edificio possono condividere materiali e risorse in modo da ridurre gli sprechi e i costi. Ad esempio, gli scarti di produzione di un'azienda potrebbero essere utilizzati come materia prima da un'altra azienda. L'aggregazione di diverse attività all'interno dello stesso edificio può creare un vero e proprio ecosistema commerciale, in cui le aziende si supportano a vicenda e generano un ambiente favorevole alla crescita economica e all'innovazione. Le sinergie e le simbiosi commerciali possono portare alla creazione di una comunità di impresa, in cui le aziende collaborano e si sostengono a vicenda, favorendo un clima di collaborazione e cooperazione. In sintesi, il riuso di un edificio industriale offre opportunità uniche per creare sinergie e simbiosi commerciali tra le attività presenti, contribuendo così a migliorare la competitività e la sostenibilità economica dell'intero spazio. Questa

collaborazione può generare vantaggi significativi per le imprese coinvolte e contribuire al successo dell'edificio riusato nel suo complesso. valorizzazione delle filiere territoriali autoctone (CLIC Project; analisi empiriche).

(CF.23) Attrattività economica

Si riferisce alla capacità del sito recuperato di attrarre investimenti sul territorio. Il riuso di un edificio industriale può portare a un'attrattività economica significativa sia per l'edificio stesso che per l'intera area circostante. Questo tipo di intervento può trasformare un'area industriale in declino in un centro dinamico e vitale, con benefici sia per le imprese che vi operano che per la comunità locale. Il riuso di un edificio industriale può essere parte di un più ampio processo di rigenerazione urbana, che trasforma un'area decadente in una destinazione attraente per investimenti e sviluppo immobiliare. La trasformazione di un edificio industriale in uno spazio moderno e funzionale può contribuire a migliorare l'aspetto estetico dell'area e attirare nuovi investitori e imprese. Le attività insediate nell'edificio riusato possono generare nuovi posti di lavoro, contribuendo a ridurre la disoccupazione locale e aumentando il reddito disponibile nella comunità. La presenza di spazi adatti per l'insediamento di imprese e start-up innovative può attirare nuove realtà aziendali nell'area, creando un polo di attrazione per l'innovazione e l'imprenditorialità. L'edificio riusato e l'area circostante possono vedere un incremento del valore immobiliare, beneficiando sia i proprietari che gli investitori. L'attrattività economica del riuso di un edificio industriale può stimolare la creazione di servizi complementari come ristoranti, negozi, alloggi per turisti e altre attività commerciali (CLIC Project; analisi empiriche).

(CF.24) Occupazione

Il progetto di riuso di un sito industriale può generare diverse ricadute occupazionali dirette e indirette sul territorio circostante. Queste ricadute sono legate alle nuove attività e alle imprese che si insediano nell'edificio riusato, ma anche agli effetti positivi sull'economia locale. Tra le ricadute occupazionali dirette:

- nuovi posti di lavoro: l'insediamento di nuove attività all'interno dell'edificio industriale riusato può creare nuovi posti di lavoro diretti, ad esempio per addetti alla produzione,

impiegati, tecnici, personale amministrativo e altro personale necessario per gestire le attività presenti.

- artigiani e artisti: spazi adatti nel sito industriale riusato possono attrarre artigiani, artisti e creativi, che contribuiscono alla produzione di opere artistiche, manufatti e prodotti creativi.

- startup e imprese innovative: il riuso di un edificio industriale come incubatore per startup e imprese innovative può promuovere l'imprenditorialità locale e creare opportunità di lavoro per giovani imprenditori e professionisti.

Tra le ricadute occupazionali indirette:

- effetto moltiplicatore: l'insediamento di nuove attività nel sito industriale riusato può avere un effetto moltiplicatore sull'economia locale, stimolando la domanda di beni e servizi di supporto.

- creazione di forniture: le nuove attività insediate nel sito riusato possono richiedere beni e servizi forniti da altre imprese locali, creando nuove opportunità di lavoro per fornitori e produttori.

- impatto sul commercio locale: il riuso di un sito industriale può migliorare l'attrattività dell'area circostante, portando a un aumento del flusso di persone e di potenziali clienti per i negozi e le attività commerciali locali.

(Cucco et al., 2023; Nocca, 2017; CLIC Project)

(CF.25) Modelli circolari per il finanziamento

I modelli circolari di finanziamento per il riuso di edifici industriali si basano sull'adozione di approcci finanziari sostenibili. Gli investitori privati possono finanziare progetti di riuso adattivo di edifici industriali in cambio di una quota di proprietà o di un flusso di reddito generato dalle attività all'interno dell'edificio. Questo modello circolare consente agli investitori di ottenere un ritorno finanziario sulla loro partecipazione, mentre l'edificio viene riqualificato e riportato in attività. Le istituzioni finanziarie e gli enti pubblici possono fornire finanziamenti a tasso agevolato per progetti di riuso adattivo, incentivando così la riqualificazione di edifici industriali e promuovendo la sostenibilità economica delle imprese coinvolte. Il crowdfunding è un modello circolare di finanziamento che coinvolge diverse persone che contribuiscono con somme relativamente piccole per finanziare un

progetto. Questo approccio può essere utilizzato per raccogliere fondi per il riuso di edifici industriali, coinvolgendo la comunità locale e creando un senso di appartenenza verso il progetto. Le autorità locali e regionali possono istituire fondi specifici per finanziare progetti di riuso adattivo di edifici industriali, promuovendo lo sviluppo economico e culturale della zona. I fondi di impatto sociale investono in progetti che generano un impatto positivo sulla comunità e l'ambiente. Il riuso di edifici industriali può essere considerato un progetto di impatto sociale, poiché contribuisce alla rigenerazione urbana, alla creazione di posti di lavoro e alla conservazione del patrimonio culturale. Gli incentivi fiscali e le sovvenzioni governative possono essere forniti alle imprese e agli investitori che partecipano a progetti di riuso adattivo di edifici industriali, rendendo così l'investimento più attraente e sostenibile dal punto di vista finanziario. Il modello di co-investimento coinvolge una partnership tra investitori pubblici e privati, condividendo risorse finanziarie e competenze per finanziare e realizzare progetti di riuso adattivo. Il modello di sharing economy può essere applicato all'edificio industriale riusato, consentendo a diverse attività e imprese di condividere spazi e risorse, riducendo così i costi operativi e finanziari. I modelli circolari di finanziamento per il riuso di edifici industriali mirano a creare sinergie tra investimenti, sviluppo economico e sostenibilità, generando un ciclo virtuoso di valore e contribuendo alla vitalità economica e culturale dell'area coinvolta (Gravagnuolo et al., 2021; analisi empiriche).

(CF.26) Turismo culturale

Questo criterio fa riferimento all'incidenza dei ricavi provenienti da attività turistico/culturali nel sito industriale recuperato. Il riuso di edifici industriali per il turismo culturale è un'ottima opportunità per valorizzare il patrimonio storico e industriale di un'area, creando al contempo esperienze uniche e coinvolgenti per i visitatori. Gli edifici riconvertiti possono diventare destinazioni turistiche attraenti, offrendo un'esperienza autentica che combina la storia industriale con le attività culturali e creative. Il riuso di edifici industriali può arricchire l'offerta turistica di una regione, offrendo un'alternativa al turismo tradizionale e aprendo nuove opportunità di sviluppo (Sowinska-Swierkosz, 2017).

Tutti i criteri catalogati sono riepilogati nella Tabella 6.2 (pag. successiva).

Tabella 6.2. Le categorie e i criteri di circolarità per il riuso adattivo del patrimonio culturale industriale.

Id.	Categorie	N.Id.	Criteri di circolarità
CE	Capitale Ecologico	CE.1	Riduzione dell'impronta di carbonio
		CE.2	Auto-sufficienza energetica
		CE.3	Circolarità delle risorse idriche
		CE.4	Ecosistemi naturali e biodiversità
		CE.5	Opere di bonifica
		CE.6	Uso del suolo
		CE.7	Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
		CE.8	Ciclo di vita circolare dei materiali C&D
CM	Capitale Manufatto	CM.9	Design circolare
		CM.10	Accessibilità
		CM.11	Reversibilità
		CM.12	Spazi sani e confortevoli
		CM.13	Stato di conservazione
		CM.14	Recupero degli edifici industriali
CS	Capitale Sociale	CS. 15	Comunità locale
		CS.16	Qualità della vita
CC	Capitale Culturale	CC.17	Autenticità e integrità culturale
		CC.18	Valore intrinseco
		CC.19	Pratiche tradizionali
		CC.20	Vitalità culturale
CF	Capitale Finanziario	CF.21	Auto-sostenibilità finanziaria
		CF.22	Sinergie e simbiosi commerciali
		CF.23	Attrattività economica
		CF.24	Occupazione
		CF.25	Modelli circolari per il finanziamento
		CF.26	Turismo culturale

6.2 La tassonomia degli indicatori multidimensionali di circolarità per le pratiche di riuso del patrimonio industriale

Prima di affrontare la ricerca degli indicatori di circolarità è stato indagato il termine "indicatore" al fine di comprendere il suo significato e la sua accezione. Esso si riferisce a variabili o funzioni di variabili che forniscono informazioni a supporto del processo decisionale (Moraga et al., 2019). Possono riassumere, focalizzare e condensare informazioni complesse in modo semplificato e significativo e, pertanto, possono servire da strumenti efficaci per misurare i progressi e le prestazioni e per comunicare informazioni complesse (Papageorgiou et al., 2021). Di solito, un indicatore è correlato a un valore di riferimento, come un obiettivo, un target, uno standard o un benchmark. Questo valore di riferimento dà significato all'indicatore e lo distingue dai dati grezzi (Moldan et al., 2012). In letteratura, esistono diverse definizioni di indicatore. La definizione dell'OCSE (2002) descrive chiaramente le caratteristiche principali degli indicatori, ovvero la loro capacità di misurare i risultati e le prestazioni, dando allo stesso tempo la possibilità, attraverso la rappresentazione dei cambiamenti, di intraprendere azioni correttive:

> *"Fattore o variabile quantitativo o qualitativo che fornisce un mezzo semplice e affidabile per misurare i risultati ottenuti, per riflettere i cambiamenti legati a un intervento, o per aiutare a valutare la performance di un attore dello sviluppo". (OCSE, 2002, p. 13)*

Gli indicatori inclusi in un quadro di monitoraggio trasparente per la transizione all'economia circolare nei progetti di riuso adattivo del patrimonio culturale industriale dovrebbero seguire i criteri europei indicati con gli acronimi (Consiglio dell'Unione Europea, Brussels, 2017):

- RACER: pertinenti e strettamente legati agli obiettivi da raggiungere (Rilevant), accettati dalla direzione, gli stakeholder e altri utenti (Accepted), credibili e accessibili ai non esperti, non ambigui e facili da interpretare, trasparenti e solidi.

(Credible), facili da monitorare (Easy) e robusti, non facilmente manipolabili, tracciabili e riproducibili (Robust).

- SMART: specifici per un gruppo target e i fattori da misurare (Specific), misurabili (Measurable), raggiungibili e realistici (Achievable), pertinenti e coerenti con gli obiettivi (Relevant) e specifici in un tempo rispetto a quando il risultato può essere raggiunto (Timed).

Il processo metodologico per l'individuazione di una tassonomia di indicatori multidimensionali di circolarità è fondato sull'analisi delle fonti bibliografiche (report di ricerca di progetti europei, articoli scientifici, libri specifici sull'argomento, atti di convegno, etc.). È stata condotta una revisione specifica della letteratura sull'uso attuale degli indicatori nel campo dei beni culturali e dell'economia circolare, analizzando le fonti attraverso due canali principali:

1. Set di indicatori relativi all'applicazione dei principi di economia circolare in ambito urbano;
2. Set di indicatori relativi alla valutazione degli impatti del/sul patrimonio culturale materiale.

Per quanto riguarda la prima linea di indagine, ovvero i quadri di valutazione che operano nel campo dell'economia circolare, si è tenuto conto degli studi che hanno proposto set di indicatori per valutare il livello di applicazione dei principi di economia circolare nell'ambito di iniziative urbane, la cui scala di riferimento è il livello delle città e del patrimonio costruito. Attraverso l'analisi delle fonti di letteratura degli studi sull'economia circolare in ambito urbano, sono stati recuperati e classificati una serie di indicatori. Il campo di indagine di tale analisi ha compreso la ricognizione di indicatori dell'economia circolare da fonti internazionali istituzionali, non istituzionali, da letteratura scientifica e da report di monitoraggio per le città circolari. È stata analizzata, dunque, la letteratura sull'economia circolare, in particolare quella relativa alla circolarità nell'ambiente costruito e nel settore dell'edilizia, compreso il modello di città circolare. Il secondo set di indicatori, ovvero quello relativo alla valutazione degli impatti del/sul patrimonio culturale materiale è stato indagato a partire dagli studi relativi agli indicatori legati agli aspetti culturali e in particolare studi relativi al riuso del patrimonio culturale e dell'archeologia industriale. Le

analisi sono state condotte attraverso lo studio di articoli scientifici recuperati da Scopus/WoS, Google Scholar e riviste scientifiche italiane indicizzate dall'Agenzia Nazionale per la Valutazione della Qualità della Ricerca (ANVUR). Il processo di selezione è consistito nell'immettere sulle piattaforme di ricerca alcune parole chiave specifiche per facilitare la ricerca. Sono state utilizzate ad esempio:

- ✓ indicatori di economia circolare (13.467 risultati);
- ✓ indicatori di città circolari (10.471 risultati);
- ✓ indicatori di economia circolare per il patrimonio costruito (7.014 risultati);
- ✓ indicatori di sostenibilità del patrimonio culturale (5.315 risultati);
- ✓ indicatori del patrimonio culturale (7.828 risultati);
- ✓ indicatori di riuso adattivo del patrimonio culturale (612 risultati);
- ✓ indicatori di riuso adattivo del patrimonio culturale industriale (408 risultati).

Per restringere il campo di ricerca e attualizzare quanto più possibile i risultati iniziali riscontrati, sono state selezionate le fonti bibliografiche dando priorità alle più recenti, considerando un arco temporale degli ultimi cinque anni, dal 2019 al 2023. Per l'ambito relativo al riuso del patrimonio industriale è stato necessario allargare il campo di indagine fino al 2014, per riuscire ad ottenere più informazioni, data la ristrettezza dei risultati. Quanto emerge rafforza lo scopo della tesi di dottorato, che intende non solo approfondire un campo di indagine poco sviluppato, come quello dell'archeologia industriale, ma intende farlo nell'ottica della valutazione dei progetti di riuso nella prospettiva dell'economia circolare, un campo di ricerca oggi davvero poco, o quasi per niente, indagato. Se si provano a ricercare le parole chiave "indicatori circolari di riuso adattivo del patrimonio culturale industriale" nella piattaforma di ricerca scientifica ScienceDirect, ad esempio, risultano soltanto 141 contributi che contengono una o più di queste parole citate, ma nessun contributo riporta direttamente un framework di indicatori di circolarità da applicare alle valutazioni di progetti di riuso dell'archeologia industriale.
Dalla ricerca bibliografica sono state immediatamente escluse le fonti che non presentavano indicatori e non erano strettamente correlate alla valutazione degli impatti. È stata quindi effettuata un'analisi approfondita delle fonti bibliografiche identificate,

leggendo gli abstract e selezionando i documenti più rilevanti per un'ulteriore analisi. Successivamente, titoli, abstract e parole chiave sono stati letti con attenzione per selezionare la letteratura rilevante da analizzare in profondità. In questo modo si è giunti ad un campione di circa 70 documenti di cui sono stati analizzati ulteriormente i riferimenti per identificare altri documenti utili.

La tassonomia di indicatori di circolarità per i beni culturali industriali è stata condotta analizzando una prima mappatura di tutti gli indicatori disponibili da fonti scientifiche (nei campi sopra citati). Oltre a ciò, sono stati individuati anche potenziali nuovi indicatori tratti dalle *Evidence-Based Analysis* condotte sulle best practices (vedi capitolo 5) e indicatori individuati attraverso fonti istituzionali e non istituzionali. In particolare, nel Capitolo 4 è riportato lo stato dell'arte degli indicatori esistenti indagati al fine di specificare nel dettaglio come viene costruita la tassonomia degli indicatori multidimensionali di circolarità, da quali studi emerge e con quali criteri.

Gli indicatori analizzati nel campo dei beni culturali e dell'economia circolare, in accordo alle classificazioni proposte nel progetto H2020 CLIC (Deliverable 2.4 Database of indicators and data), sono stati classificati secondo le seguenti categorie:

a) Scala geografica (livello di rilevamento dei dati): in base a tale classificazione gli indicatori vengono analizzati in tre scale differenti. La scala "macro" è associata agli indicatori a scala nazionale o regionale, la scala "meso" agli indicatori a livello di città e la scala "micro" per gli indicatori a scala di edificio o sito del patrimonio.
b) Fase di valutazione (utilizzo): la valutazione dei progetti avviene in momenti distinti a seconda delle finalità della stessa. A tale proposito gli indicatori si suddividono tra "indicatori ex-ante", quando la valutazione viene effettuata prima della realizzazione di un progetto specifico o di un disegno di riuso, al fine di prendere scelte informate tra diverse alternative, "indicatori di monitoraggio" quando la valutazione viene effettuata durante l'attuazione di un progetto specifico e "indicatori ex-post" utilizzati per esaminare i risultati di azioni o attività e per confrontare le misure programmate con i risultati effettivi.
c) Tipologia: qualitativa, se basata su percezioni o aspetti soggettivi e non quantificabili (dati soft); e quantitativa, se basata su aspetti misurabili con precisione (dati hard).

d) Dimensioni della sostenibilità affrontate: economica, sociale, culturale e ambientale, secondo l'approccio dei “quattro pilastri” proposto dalla ricerca "*Cultural Heritage Counts for Europe*" (Consorzio CHCfE, 2015), di cui la tesi ne assume la posizione.

Quanto emerge dai risultati della ricerca è che per quanto concerne la scala di applicazione dell’indicatore, la maggior parte degli indicatori sono applicati alla macro scala della regione o dello Stato, mentre una quota minore di studi li applica alla micro scala. Per quanto riguarda la fase di valutazione, la maggior parte degli indicatori sono applicati nella fase ex-post, lasciando una carenza di informazioni relative alle valutazioni ex-ante.
Le analisi relative alla tipologia degli indicatori fanno emergere una sovrabbondanza di indicatori quantitativi mentre il set di indicatori qualitativo è risultato leggermente inferiore. Osservando le dimensioni della sostenibilità affrontate, è possibile notare che gli indicatori relativi alla dimensione sociale rappresentano la maggioranza nel caso dei beni culturali, gli indicatori economici sono anch'essi ben rappresentati e gli indicatori relativi alla dimensione culturale rappresentano il terzo gruppo. Gli indicatori relativi alla dimensione ambientale della conservazione del patrimonio sono limitati, mentre risultano la maggioranza quasi assoluta per i dati relativi all’economia circolare, il che evidenzia come l'impatto ambientale della conservazione del patrimonio sia stato piuttosto trascurato nel settore del patrimonio, mentre gli altri aspetti (sociali e culturali) siano completamente trascurati quando si valutano gli effetti dell’applicazione dei principi dell’economia circolare sulle città o il patrimonio costruito.
Lo scopo della tesi è di costruire un cruscotto di indicatori che incrocino i principi dell’economia circolare a scala urbana con il riuso del patrimonio culturale industriale. Questa mappatura consentirà a tutti i soggetti pubblici e privati interessati di valutare i progetti di riuso del patrimonio industriale dismesso nella prospettiva della circolarità delle risorse, ed in modo particolare servirà per cominciare a ragionare sulla circolarità a livello di sistema paese (scala macro) e a scala regionale, locale, di filiera, etc. (scala meso).

Principali criticità dei quadri di misurazione esistenti

Sebbene lo sviluppo di quadri di misurazione per l'economia circolare sia ancora agli inizi, si possono osservare alcuni ostacoli e sfide comuni, quali:

- Mancanza di una definizione concordata di economia circolare alla scala urbana. È difficile costruire un quadro di indicatori se non è chiaro cosa intende misurare. È importante capire e definire cosa misurare, le ragioni per farlo e il target prima di stabilire un quadro di indicatori.
- Mancanza di armonizzazione degli indicatori. Non esiste un quadro di misurazione armonizzato che contribuisca a una comprensione più profonda dell'economia circolare e della sua valutazione nel tempo (Blomsma & Brennan, 2017). L'esistenza di un'ampia varietà di indicatori rende difficile valutare la solidità e l'affidabilità delle informazioni fornite (OCSE, 2020). Sebbene possano esserci alcuni indicatori in comune tra i quadri di monitoraggio analizzati, manca una metodologia sufficientemente elaborata e consensuale per il monitoraggio e la valutazione dei processi dell'economia circolare. Ad esempio, diversi indicatori (ad esempio sul riciclaggio e sulla gestione dei rifiuti) possono essere alla base di messaggi identici o simili, ma essere contabilizzati attraverso metodologie o unità diverse.
- Informazioni incomplete. Esistono lacune nei dati e incoerenze nelle segnalazioni statistiche, dovute principalmente al fatto che alcune delle dimensioni dell'economia circolare non si sono storicamente riflesse nelle banche dati statistiche (Ekins et al., 2019).
- Mancanza di integrazione a livello macro-micro-meso. La mancanza di integrazione tra i livelli macro-micro-meso comporta il rischio di portare a strategie contrastanti (Ekins et al., 2019). È necessario collegare indicatori di diversi livelli, poiché al momento non è chiaro come collegarli.
- C'è una forte attenzione agli sprechi ma poco alla chiusura dei circuiti. La maggior parte dei sistemi di indicatori si concentra sui tassi di riciclaggio e raccolta, nonché sui 3R o 9R (Saidani et al., 2019). Alcuni degli indicatori utilizzati per misurare la circolarità (ad esempio la raccolta dei rifiuti e il tasso di riciclaggio) possono fornire

un'indicazione fuorviante dei progressi, in quanto non mostrano necessariamente come il consumo primario di materiali sia ridotto e ottimizzato (Haupt, Vadenbo e Hellweg, 2017). L'AEA (Agenzia Europea dell'Ambiente) sottolinea che l'attuale lavoro sugli indicatori circolari si è concentrato principalmente sulla gestione dei rifiuti e sull'efficienza delle risorse materiali. In relazione a ciò, le statistiche identificate sui flussi di rifiuti e materiali non sono sufficienti per valutare molti degli aspetti legati all'economia circolare come le perdite materiali e gli aspetti qualitativi del riciclaggio.

- Gli indicatori disponibili sono per lo più basati sui dati piuttosto che sugli obiettivi. Diversi quadri di monitoraggio sono contrassegnati dalla disponibilità di dati, che in alcuni casi risulta in una sovrarappresentazione di settori con maggiore disponibilità di informazioni (ad es. indicatori relativi ai rifiuti).
- Gli indicatori esistenti si concentrano principalmente su caratteristiche fisiche come la progettazione, la produzione e la gestione dei rifiuti, mancando l'analisi dell'uso dei prodotti. In generale, gli indicatori non si concentrano sull'uso intelligente dei beni (affrontando fattori rilevanti come l'obsolescenza programmata e la facilità di riparazione); invece, riferiscono sulla produzione e sulle risorse sprecate.
- Mancanza di un approccio sistemico degli indicatori dell'economia circolare. Per ottenere un cambiamento di sistema, è necessario che gli indicatori misurino e controllino diversi fattori (es. dalla pianificazione urbana al consumo di materiali, agli aspetti sociali e culturali) e non si limitino a settori molto specifici come la gestione dei rifiuti (OECD, 2020).

La tesi propone un quadro di indicatori di circolarità per valutazioni ex-ante che prova ad affrontare le questioni sopra citate. Il cruscotto di indicatori proposto si articola nelle plurime dimensioni della sostenibilità seguendo un approccio olistico e sistemico, attraverso l'integrazione di quadri settoriali e specifici in quadri multicriteriali. Gli indicatori individuati sono qualitativi e quantitativi, alcuni sono esprimibili numericamente, altri con scale di valore e giudizi. I valori numerici sono espressi da diverse unità di misura, gli indicatori qualitativi sono espressi mediante la scala di Likert (1-5). In Tabella 6.3 (pagg.

247-254) è riportata la matrice degli indicatori multidimensionali di circolarità per le valutazioni ex ante dei progetti di riuso adattivo del patrimonio culturale industriale. Di questi si riportano le categorie di appartenenza (Capitale Ecologico, Capitale Manufatto, Capitale Sociale, Capitale Culturale, Capitale Finanziario), i relativi criteri, l'unità di misura, la tipologia (qualitativo/quantitativo) e la fonte di riferimento.

Tabella 6.3 La matrice degli indicatori multidimensionali di circolarità per le valutazioni ex ante dei progetti di riuso adattivo del patrimonio culturale industriale.

Categorie	Criteri di circolarità	Indicatori	Unità di misura	Tipologia	Fonte
Capitale Ecologico	Riduzione dell'impronta di carbonio	Potenziale di riscaldamento globale (GWP) del ciclo di vita del manufatto edilizio	$KgCO_2eq/mq/anno$	Quantitativo	European Investment Bank, 2022
	Auto-sufficienza energetica	Prestazioni energetiche in fase di utilizzo	kWh/mq/anno	Quantitativo	Level(s), Commissione europea, 2017
		Percentuale di energia rinnovabile sulla produzione di energia lorda annua	%	Quantitativo	Vardopoulos, 2019
		Produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili	kWh/anno	Quantitativo	Vardopoulos, 2019
		Percentuale di energia risparmiata con interventi di retrofit	%	Quantitativo	Opher et al., 2021
		Percentuale di energia ricavata da fonti rinnovabili e ceduta all'esterno del sito come surplus	%	Quantitativo	Analisi empiriche
		Potenza installata per impianto termico geosolare di riscaldamento/raffrescamento	MW	Quantitativo	Opher et al., 2021
	Circolarità delle risorse idriche	Quantità di acqua consumata nella fase d'uso	mc/occupante/anno	Quantitativo	Level(s), Commissione europea, 2017
		Presenza di sistemi per la riduzione dell'uso di acqua	Si/no	Qualitativo	Analisi empiriche
		Capacità di raccolta dell'acqua piovana da riutilizzare in loco	Mc/tonnellate/anno	Quantitativo	Bottero & Lerda, 2019

		Capacità di raccolta dell'acqua piovana da riutilizzare fuori dal sito	Mc/tonnellate/anno	Quantitativo	Bottero & Lerda, 2019
		Percentuale di acqua che si può risparmiare con l'uso di impianti idraulici a risparmio idrico	%	Quantitativo	Bottero & Lerda, 2019
		Percentuale di acqua che si può depurare con la fitodepurazione naturale	%	Quantitativo	Analisi empiriche
	Ecosistemi naturali e biodiversità	Percentuale di superficie verde sul totale edificato	%	Quantitativo	Foster & Kreinin, 2020
		Superficie di verde storico conservato	mq	Quantitativo	Foster & Kreinin, 2020
		Percentuale di specie arboree autoctone conservate e recuperate	%	Quantitativo	Szùcs et al.,2015
	Opere di bonifica	Superficie di suolo contaminato bonificata	mq	Quantitativo	Canevaro et al., 2019
		Superficie dell'edificio industriale bonificata	mq	Quantitativo	Canevaro et al., 2019
	Uso del suolo	Superficie di suolo recuperata per nuovi usi	mq	Quantitativo	Foster & Saleh, 2021
		Percentuale di nuovo suolo edificato	%	Quantitativo	Foster & Saleh, 2021
	Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici	Superficie di tetti e pareti verdi	mq	Quantitativo	Analisi empiriche
		Superficie di giardini condivisi, orti, frutteti urbani o oasi urbane di biodiversità	mq	Quantitativo	Analisi empiriche
		Superficie di suolo attrezzata con sistemi di drenaggio sostenibile	mq	Quantitativo	Analisi empiriche

		Emissioni di gas serra evitate grazie all'uso di sistemi di riscaldamento/raffrescamento geotermici o solari	Tonnellate di CO_2 equiv.	Quantitativo	Analisi empiriche
		Numero di sistemi edilizi passivi utilizzati	n.	Quantitativo	De Gregorio et al., 2020
		Numero di nuove serre	n.	Quantitativo	Gravagnuolo et al., 2019
		Numero di interventi nature-based	n.	Quantitativo	Gravagnuolo et al., 2021
		% di retrofitting degli edifici industriali	%	Quantitativo	Gravagnuolo et al., 2019
		Percentuale di superfici esterne permeabili	%	Quantitativo	CLIC Project
		Percentuale di superfici interessate da interventi di abbattimento dell'isola di calore	%	Quantitativo	CLIC Project
	Ciclo di vita circolare dei materiali	Quantità di rifiuti e materiali da costruzione e demolizione riutilizzati in sito	Tonnellate o mc	Quantitativo	Foster & Krenin, 2020
		Quantità di rifiuti e materiali da costruzione e demolizione riutilizzati fuori dal sito	Tonnellate o mc	Quantitativo	Foster & Krenin, 2020
		Quantità di calcestruzzo/legno/acciaio recuperato dagli edifici industriali	mc	Quantitativo	De Gregorio et al., 2020
Capitale Manufatto	Design circolare	Livello della progettualità di componenti che possono supportare modifiche funzionali per un futuro riutilizzo	Scala 1-5	Qualitativo	Aigwi et al., 2020
		Livello della flessibilità spaziale nell'uso dell'edificio industriale recuperato	Scala 1-5	Qualitativo	Cucco et al., 2023
		Numero di nuovi edifici/componenti progettati per essere smontati e riciclati	n.	Quantitativo	Gravagnuolo et al., 2019

		Quantità di spazi destinati ad usi temporanei	mq	Quantitativo	Vizzarri et al., 2021
		Quantità di spazi dedicati al recupero e il riuso di materiali tradizionali e di scarto	mq	Quantitativo	Analisi empiriche
		Quantità di materiali locali utilizzata nel recupero/progettazione di nuovi edifici	mc	Quantitativo	Sowińska-Świerkosz, 2017
	Accessibilità	Percentuale di spazio pubblico recuperato/rigenerato o reso più fruibile	%	Quantitativo	Bottero et al., 2019
		Percentuale di aree pedonali sul totale delle superfici di intervento	%	Quantitativo	CLIC Project
		Superfici dedicate alla mobilità sostenibile come le piste ciclabili	ml	Quantitativo	CLIC Project
		Uso di sistemi per l'eliminazione delle barriere architettoniche	Si/no	Qualitativo	Analisi empiriche
	Reversibilità	Livello di reversibilità dell'azione conservativa	Scala 1-5	Qualitativo	Girard & Nocca, 2019
		Livello di riconoscibilità e accettabilità delle trasformazioni	Scala 1-5	Qualitativo	Angrisano et al., 2021
	Spazi sani e confortevoli	Tasso di illuminazione	Useful Daylight Illuminance (UDI)	Quantitativo	Level(s), Commissione europea, 2017
		Esistenza di sistemi per la protezione contro il rumore	Si/no	Qualitativo	Level(s), Commissione europea, 2017
		Livello di comfort termico	Scala 1-5	Qualitativo	Fusco Girard & Nocca, 2019

	Stato di conservazione	Livello dello stato complessivo di conservazione dell'edificio a seguito di interventi di restauro	Scala 1-5	Qualitativo	ICOMOS, 2011
		Scala e impatto del cambiamento in termini artistico-estetici del manufatto industriale	Scala 1-5	Qualitativo	ICOMOS, 2011
		Livello di conservazione delle caratteristiche geometriche	Scala 1-5	Qualitativo	Angrisano et al., 2021
		Livello di mantenimento degli elementi tecnici e delle finiture esistenti nel riutilizzo del manufatto industriale	Scala (1-5)	Qualitativo	De Medici et al., 2020
	Recupero degli edifici industriali	Livello dell'utilità pubblica delle nuove funzioni	Scala 1-5	Qualitativo	Cucco et al., 2023
		Livello di raggiungimento degli obiettivi SDG nel recupero dei manufatti industriali	Scala 1-5	Qualitativo	Cucco et al., 2023
		Livello della diversità delle funzioni	Scala 1-5	Qualitativo	Ksiazek et al., 2022
		Qualità del recupero dell'edificio industriale	Scala 1-5	Qualitativo	De Gregorio et al., 2020
		Percentuale di elementi edilizi industriali tradizionali recuperati	%	Quantitativo	Martinat et al., 2016
		Livello di coerenza delle nuove funzioni con le caratteristiche della struttura industriale originaria	Scala 1-5	Qualitativo	Aigwi et al., 2020
		Percentuale di edifici industriali in buono stato rifunzionalizzati	%	Quantitativo	Vizzarri et al., 2021

Capitale Sociale	Comunità locale	Numero di artigiani e/o operai specializzati tradizionali da impiegare nelle opere di riuso adattivo	n.	Quantitativo	CLIC Project
		Numero di stakeholder coinvolti nel processo decisionale di riuso	n.	Quantitativo	Bosone et al., 2021
		Numero di persone appartenenti a fasce sociali deboli ed emarginate inclusi come target per attività e servizi inseriti nel patrimonio riutilizzato	n.	Quantitativo	Kaya et al., 2021
	Qualità della vita	Percentuale di spazi verdi accessibili al pubblico	%	Quantitativo	Martinović & Ifko, 2018
		Numero di beneficiari finali o target dell'intervento di riutilizzo adattivo	n.	Quantitativo	Vizzarri et al., 2021
		Percentuale di superfici dedicate alla socializzazione, come piazze, parchi, luoghi di comunità, bar e ristoranti e altre tipologie di attività che promuovono l'aggregazione e la socializzazione	%	Quantitativo	CLIC Project
Capitale Culturale	Autenticità e integrità culturale	Livello di conservazione dell'autenticità e dell'integrità culturale del sito industriale	Scala 1-5	Qualitativo	Liu et al., 2018
		Qualità della testimonianza della storia industriale	Scala 1-5	Qualitativo	Liu et al., 2018
	Valore intrinseco	Livello del valore del patrimonio costruito o del paesaggio storico urbano	Scala 1-5	Qualitativo	Fusco Girard & Nocca, 2019
	Pratiche tradizionali	Numero di abilità/tecniche/conoscenze locali recuperate	n.	Quantitativo	Kaya et al., 2021

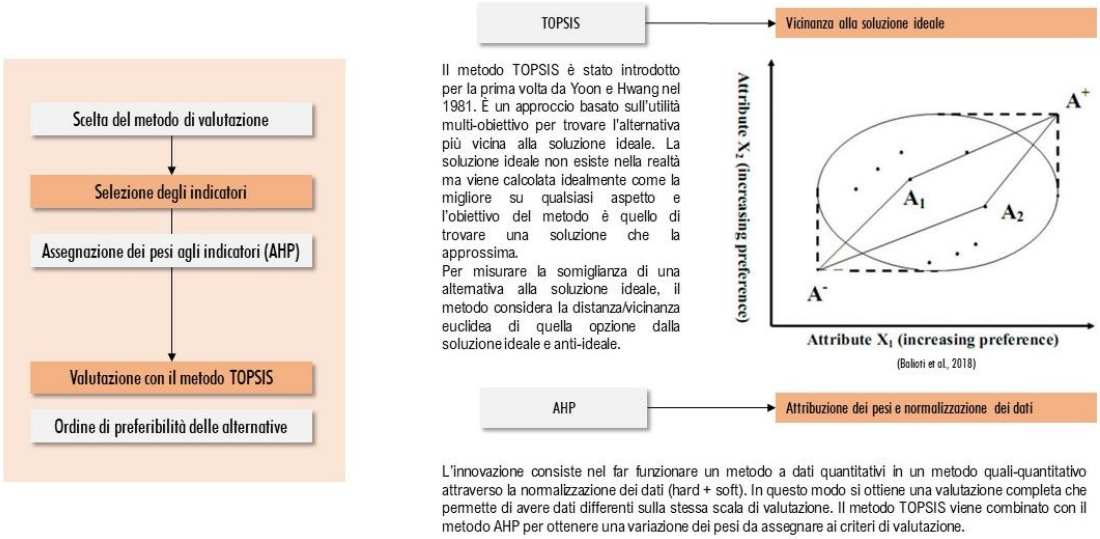
		Numero di arti, artigianato tradizionale, attività di fabbricazione e attività di riparazione localizzate nel sito	n.	Quantitativo	CLIC Project
	Vitalità culturale	Quantità di spazi fruibili dalla comunità per attività o eventi culturali	mq	Quantitativo	Analisi empiriche
		Numero di servizi culturali offerti nel sito	n./anno	Quantitativo	CLIC Project
		Superficie dedicata ad arte, artigianato, innovazione, cultura	mq	Quantitativo	Analisi empiriche
		Superficie destinata ad ospitare attività didattiche/formative	mq	Quantitativo	Analisi empiriche
Capitale Finanziario	Auto-sostenibilità finanziaria	Periodo di ritorno dell'investimento	n. di anni	Quantitativo	Della Spina, 2020
		VAN (Valore Attuale Netto)	€	Quantitativo	Labadi, 2011
		TIR (Tasso Interno di Rendimento)	%	Quantitativo	Labadi, 2011
		Costi di investimento del riuso degli edifici industriali	€/mq	Quantitativo	Della Spina, 2020
	Sinergie e simbiosi commerciali	Numero di nuove attività commerciali nell'area del patrimonio	n.	Quantitativo	Analisi empiriche
		Numero di contratti di collaborazione e simbiosi, ad esempio attraverso modelli di filiere circolari e localizzazione di imprese complementari sul territorio	n.	Quantitativo	CLIC Project
	Attrattività economica	Quantità di spazi destinati alla promozione di industrie culturali e creative	mq	Quantitativo	CLIC Project
		Quantità di spazi destinati alle start-up	mq	Quantitativo	Analisi empiriche
		Numero di postazioni di co-working	n.	Quantitativo	Analisi empiriche
		Numero di stanze per conferenze e meeting	n.	Quantitativo	Analisi empiriche

		Percentuale di funzioni turistico-ricettive sul totale delle nuove funzioni	%	Quantitativo	Analisi empiriche
	Occupazione	Numero di posti di lavoro generati per 100.000 euro di investimento	n.	Quantitativo	Cucco et al., 2023
		Numero di associazioni, numero di volontari, numero di imprese o cooperative legate al riuso funzionale	n.	Quantitativo	Nocca, 2017
		Numero di imprese localizzate nel sito del patrimonio riutilizzato	n.	Quantitativo	CLIC Project
		Numero di imprenditori e autoimprenditori localizzati nel sito del patrimonio riutilizzato	n.	Quantitativo	CLIC Project
	Modelli circolari di finanziamento	Percentuale di reinvestimento dei profitti/totale dei profitti	%	Quantitativo	Analisi empiriche
		Percentuale di fondi pubblici	%	Quantitativo	Gravagnuolo et al., 2021
		Percentuale di fondi privati, fondazioni, terzo settore	%	Quantitativo	Gravagnuolo et al., 2021
	Turismo culturale	Incidenza percentuale di ricavi da attività turistico/culturali nel sito recuperato	%	Quantitativo	Sowińska-Świerkosz, 2017

6.3 Il metodo AHP per l'attribuzione del grado di importanza ai criteri di circolarità

Il metodo di valutazione individuato per la misurazione degli impatti dei progetti di riuso adattivo del patrimonio industriale prevede la combinazione di due strumenti valutativi: il metodo AHP (*Analytic Hierarchy Process*) per l'attribuzione del grado di importanza ai criteri di circolarità e il metodo TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) per la valutazione delle alternative progettuali e la scelta dello scenario preferibile (figura 6.2).

Figura 6.2 Il metodo di valutazione integrato TOPSIS + AHP.



Il metodo AHP viene utilizzato per permettere una collaborazione con diversi stakeholder, a cui viene chiesto di valutare il grado di importanza dei criteri con cui misurare la circolarità dei progetti di riuso del patrimonio culturale industriale dismesso. Il metodo AHP permette di attribuire una prioritizzazione dei criteri per stabilire quali abbiano un peso maggiore nella riqualificazione di un sito industriale dismesso nella prospettiva partecipata che coglie il punto di vista di diversi attori coinvolti, talvolta anche conflittuali.

Il metodo AHP sviluppato da Thomas L. Saaty (Saaty, 1980, 1988, 1992; Saaty e Alexander, 1989) consente di strutturare un problema decisionale in forma gerarchica. Proceduralmente questo approccio si articola nelle seguenti fasi:

1) costruire opportune gerarchie;
2) stabilire le priorità tra gli elementi delle gerarchie per mezzo di confronti a coppie;
3) verificare la coerenza logica dei confronti a coppie;
4) analisi di sensibilità.

Le fasi 3 e 4 sono facoltative ma consigliate per confermare la solidità dei risultati. La prima fase riguarda la strutturazione del problema secondo il criterio della scomposizione di problemi complessi in sottoproblemi semplici, attraverso un processo logico volto a costruire gerarchie appropriate. Questo processo di scomposizione è suddiviso a sua volta in due fasi:

1) la strutturazione del problema;
2) l'esplicitazione delle priorità attraverso confronti a coppie.

La strutturazione del problema avviene attraverso l'elaborazione di gerarchie. Il modello più semplice di gerarchia consiste in un minimo di tre livelli, in cui il primo livello è l'obiettivo principale (chiamato "*goal*") del problema decisionale; il secondo livello è costituito dai criteri e il terzo dalle alternative. Per strutturare gerarchie più complesse, si possono considerare più livelli, includendoli come sottocriteri. L'organizzazione delle gerarchie implica che i fattori che influenzano la decisione siano organizzati in modo tale da passare gradualmente dal generale (livello superiore della gerarchia) al particolare (livelli inferiori). Per lo stesso problema decisionale si possono costruire più gerarchie (ad esempio, una per i benefici, una per i costi, una per i rischi, ecc.). Gli elementi di una gerarchia (cioè criteri, sottocriteri, alternative) non sono collegati a tutti gli altri, ma sono raggruppati in insiemi disgiunti; se si riconosce un'interdipendenza tra alcuni elementi, questi vengono collocati nello stesso livello gerarchico e collegati allo stesso elemento del livello superiore. Nell'approccio dell'AHP i confronti a coppie (cioè confrontare gli elementi a coppie rispetto ad un dato criterio) sono utilizzati per stabilire le priorità (o i pesi) tra gli elementi dello stesso livello gerarchico (fase 2). Essi sono confrontati a coppie rispetto agli elementi corrispondenti del livello superiore, ottenendo una matrice dei confronti a coppie: i criteri con riferimento al loro impatto sull'obiettivo principale, i sottocriteri con riferimento al criterio sovraordinato e le alternative con riferimento ai sottocriteri. Per rappresentare l'importanza relativa di un elemento rispetto ad un altro, Saaty introduce

un'opportuna scala di valutazione, chiamata anche "scala di Saaty". Essa definisce ed esplicita i valori da 1 a 9 assegnati ai giudizi nel confrontare a coppie gli elementi di ciascun livello rispetto al criterio del livello superiore. Ogni numero rappresenta la conversione numerica del giudizio verbale. In questo modo è possibile esaminare elementi diversi con un metro di giudizio omogeneo. In particolare, i seguenti valori esprimono l'intensità di importanza tra gli elementi:

1: se due elementi hanno un'importanza "uguale";
3: se si riconosce un'importanza "moderata" di un elemento rispetto a un altro;
5: se si riconosce una "forte" importanza di un elemento rispetto all'altro;
7: se si riconosce un'importanza "molto forte" di un elemento rispetto a un altro;
9: se si riconosce un'importanza "estrema" di un elemento rispetto a un altro.

I numeri 2, 4, 6, 8 possono essere utilizzati per esprimere valori intermedi tra due giudizi adiacenti (ad esempio tra "uguale" e "moderato", "moderato" e "forte", ecc.). I confronti a coppie sono organizzati in opportune matrici, per ciascuna delle quali vengono calcolati i rispettivi "vettori delle priorità" (espressi su scala 0-1) che, aggregati, forniscono un ordine completo di preferibilità tra le alternative. È possibile utilizzare sia dati quantitativi che qualitativi. Nella matrice finale ottenuta più alto è il peso del vettore, migliore è l'alternativa. La terza fase è utile perché nel comparare gli elementi si può verificare una certa incoerenza dato che la mente umana non ha la capacità di prendere in considerazione tutte le relazioni contemporaneamente. Si procede quindi a verificare la coerenza delle valutazioni per ogni livello. Si introduce, a tal fine, "l'indice di coerenza" di ciascuna matrice dei confronti a coppie, che viene calcolato per controllare il grado di incoerenza. È considerato accettabile un indice di coerenza pari a 0,10 o inferiore ad esso; se l'indice è superiore a 0,10, è necessario riformulare i giudizi mediante nuovi confronti a coppie. L'AHP consente anche la partecipazione degli stakeholder. Infatti, differenti attori sociali sono invitati ad assegnare i pesi ai criteri di valutazione; in questo modo i pesi riflettono i differenti punti di vista sociali. Nel confrontare gli elementi a coppie, i diversi giudizi espressi da ciascun attore possono essere anche integrati (per mezzo di una media aritmetica) ottenendo soltanto un peso per ciascun criterio che esprime in modo sintetico il punto di vista di tutti gli stakeholder coinvolti.

La quarta fase (facoltativa) permette di esaminare come cambiano le priorità tra le alternative in base alla variazione dei pesi assegnati agli elementi superiori (analisi di sensibilità). Questa opzione è molto utile per comprendere la sensibilità e quindi l'importanza relativa degli elementi in una valutazione complessa. L'analisi di sensibilità identifica graficamente in che misura la preferibilità di un'alternativa è valida al variare dei pesi dei criteri e degli obiettivi (D'Angiolo, 2013).

6.4 Il metodo TOPSIS per l'individuazione dello scenario preferibile

La valutazione multicriteriale delle alternative di progetto definite viene eseguita attraverso il metodo TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) per identificare una graduatoria di preferenze in base ai criteri di circolarità. Il TOPSIS è uno strumento di valutazione utilizzato in diversi campi della ricerca scientifica per supportare i decisori tra diverse alternative di progetti specifici. Fa parte della metodologia dell'analisi decisionale a criteri multipli (MCDA), una sottodisciplina e una branca della ricerca operativa che si occupa di progettare strumenti matematici e computazionali per supportare la valutazione soggettiva di un numero finito di alternative decisionali in base a un numero finito di criteri di performance da parte di un singolo decisore o di un gruppo (Lootsma, 1999). Il metodo TOPSIS si basa sul concetto che l'alternativa scelta deve avere la distanza geometrica più breve dalla soluzione ideale positiva e la distanza geometrica più lunga dalla soluzione ideale negativa (Assari, 2012).
In uno studio di Zeleny (Carlsson & Zeleny, 1983) emerge che il TOPSIS viene utilizzato per quattro motivi principali:

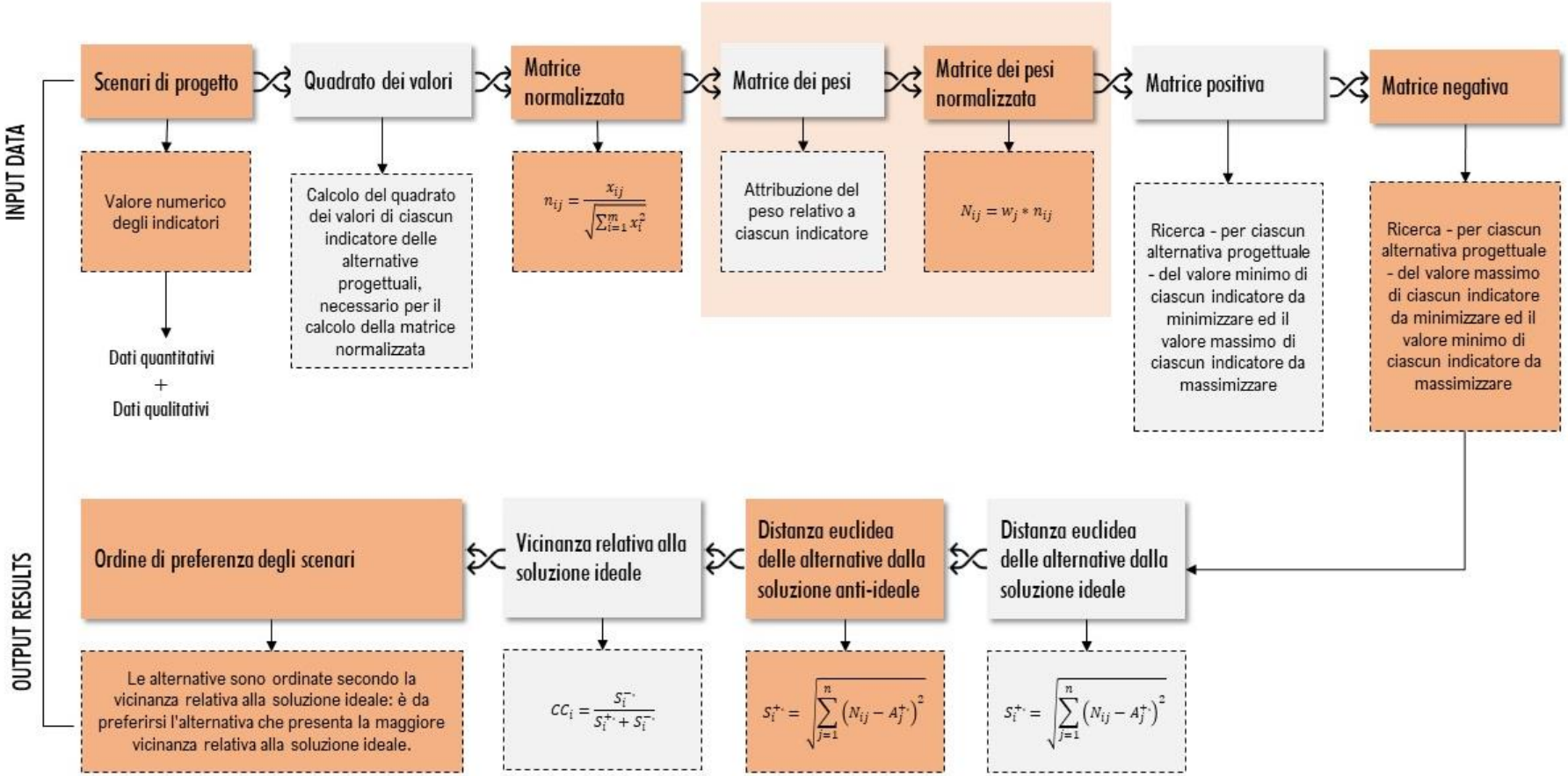
a) la logica TOPSIS è razionale e comprensibile;
b) i processi di calcolo sono semplici;
c) il concetto permette di trovare le migliori alternative per ogni criterio, rappresentate in una semplice forma matematica;
d) i pesi di importanza sono incorporati nelle procedure di confronto.

Il TOPSIS calcola sia la distanza dalla soluzione ideale positiva che la distanza dalla soluzione ideale negativa, considerando la vicinanza rispetto alla soluzione ideale positiva. La soluzione ideale positiva è definita come la somma di tutti i valori migliori che possono essere raggiunti per ogni attributo, mentre la soluzione ideale negativa consiste in tutti i valori peggiori raggiunti per qualsiasi attributo (Rahim et al., 2017). Sulla base del confronto della distanza relativa, è possibile definire una priorità alternativa.
Questo metodo viene utilizzato nel processo decisionale perché il suo concetto è semplice, facile da capire, efficiente e può misurare le prestazioni relative delle alternative attraverso criteri e indicatori (Ding & Schmidt, 2005; Kabir & Hasin, 2012; Łatuszyńska, 2014; Zanakis

et al., 1998). Roszkowska sostiene che un'estensione della tecnica TOPSIS può essere utilizzata per risolvere molti problemi teorici del mondo reale perché non si basa su un algoritmo complesso (Roszkowska, 2011).

Il metodo TOPSIS è stato scelto tra gli strumenti MCDA in quanto consente la valutazione simultanea di dati quantitativi e qualitativi, esprimendo la preferibilità di un progetto in termini di "distanza" dalla soluzione ideale. Per eseguire lo strumento TOPSIS sono stati utilizzati indicatori quantitativi e qualitativi. Il TOPSIS fornisce una classificazione cardinale delle alternative. Per applicare questa tecnica, i valori degli indicatori devono essere numerici, monotonicamente crescenti o decrescenti, e avere unità commensurabili. La procedura di attuazione del TOPSIS si basa su alcuni passaggi computazionali (figura 6.3, pag. successiva). Il primo passo è la raccolta delle prestazioni delle alternative sui diversi criteri. Dopo aver formato la matrice decisionale iniziale (criteri/alternative), la procedura inizia con la normalizzazione della matrice decisionale nella seconda fase. Segue la costruzione della matrice decisionale normalizzata ponderata, la determinazione delle soluzioni ideali positive e negative e il calcolo del punto ideale e anti-ideale. La procedura si conclude con il calcolo del rapporto tra queste distanze. L'innovatività nella scelta del TOPSIS consiste nel far funzionare un metodo a dati quantitativi come un metodo quali-quantitativo attraverso la normalizzazione dei dati (hard e soft). In questo modo si ottiene una valutazione completa che permette di avere dati differenti sulla stessa scala di valutazione. Questa scelta è stata effettuata a seguito di una ricerca bibliografica che ha condotto ad alcuni studi che hanno utilizzato tale metodo facendo girare il software sia su dati qualitativi che quantitativi.

Figura 6.3 I passaggi computazionali del metodo TOPSIS.



Parte III. IL CASO APPLICATIVO

Capitolo 7

La valutazione di circolarità degli scenari di progetto per il riuso del Parco del Real Polverificio Borbonico a Scafati

Il metodo di valutazione integrato (AHP-TOPSIS) con i relativi criteri e indicatori di circolarità individuati per le valutazioni ex-ante dei progetti di riuso adattivo del patrimonio culturale industriale, trova applicazione in un caso studio. Per la verifica operativa della metodologia valutativa proposta viene individuato come caso studio il progetto di riqualificazione del Parco del Real Polverificio Borbonico di Scafati, in Campania. Tale scelta deriva da una ricerca effettuata sul territorio regionale con l'intento di trovare un ex sito industriale su cui fosse in atto un progetto di riqualificazione e di riuso dei manufatti industriali. Il Parco del Real Polverificio Borbonico si presta esattamente a tale scopo in quanto, grazie ai fondi stanziati dal PNRR e all'intesa tra le istituzioni - il comune di Scafati e il Parco Archeologico di Pompei (che ha competenza sull'area) - è cominciata nel 2019 la progettazione di un intervento da oltre 2,6 milioni di euro per restituire il sito ai cittadini, al fine di valorizzare uno tra i più bei complessi monumentali con annesso parco storico e naturale dell'area e contrastare atti di vandalismo che nel tempo hanno colpito il luogo. Il complesso del Real Polverificio fu trasformato già dopo il 1870 in Istituto Sperimentale dei Tabacchi e, chiuso definitivamente dopo il terremoto del 1980, ha subito un progressivo abbandono con vandalizzazione degli edifici e lo sversamento illegale di rifiuti. Già nel 2019 il Parco ha avviato la bonifica di oltre 300 tonnellate di rifiuti con una serie di interventi collaterali per la messa in sicurezza e bonifica dell'area a Parco, estesa per quasi 12 ettari. Nel 2021-2022 è stata avviata la bonifica e manutenzione della vasta area verde con la cura di una prima parte del viale di platani a doppio filare. Ad oggi è aperto il cantiere di

riqualificazione dell'area sudoccidentale del Parco che, con l'investimento di circa 1,5 milioni di euro, permetterà di restituire alla fruizione pubblica oltre 5 ettari del complesso. La tesi di dottorato si concentra dunque sulla valutazione degli scenari alternativi di progetto per la riqualificazione dell'area del Parco del Polverificio Borbonico con il metodo valutativo integrato proposto. Le alternative progettuali sono state elaborate attraverso una collaborazione con la Sovrintendenza del Parco Archeologico di Pompei che ha competenza nella suddetta area. Le alternative progettuali sono state sviluppate a partire da indicazioni e proposte dell'ente gestore che ha elaborato nel tempo alcuni usi, attività e possibili destinazioni d'uso per l'area del Parco. Da queste indicazioni sono state progettate tre alternative di riuso. In particolare, date le indicazioni di massima della Sovrintendenza, la tesi di dottorato ha sviluppato in dettaglio gli scenari, soffermandosi sulla distribuzione spaziale e l'approfondimento delle funzioni individuate all'interno dell'area del parco. Le varie alternative sono state sottoposte all'attenzione della Sovrintendenza con una serie di incontri intercorsi durante l'ultimo anno di dottorato. Da questi incontri sono emerse criticità, suggerimenti, modifiche e integrazioni che hanno condotto a successive rielaborazioni degli scenari di riuso adattivo del Parco del Polverificio Borbonico.

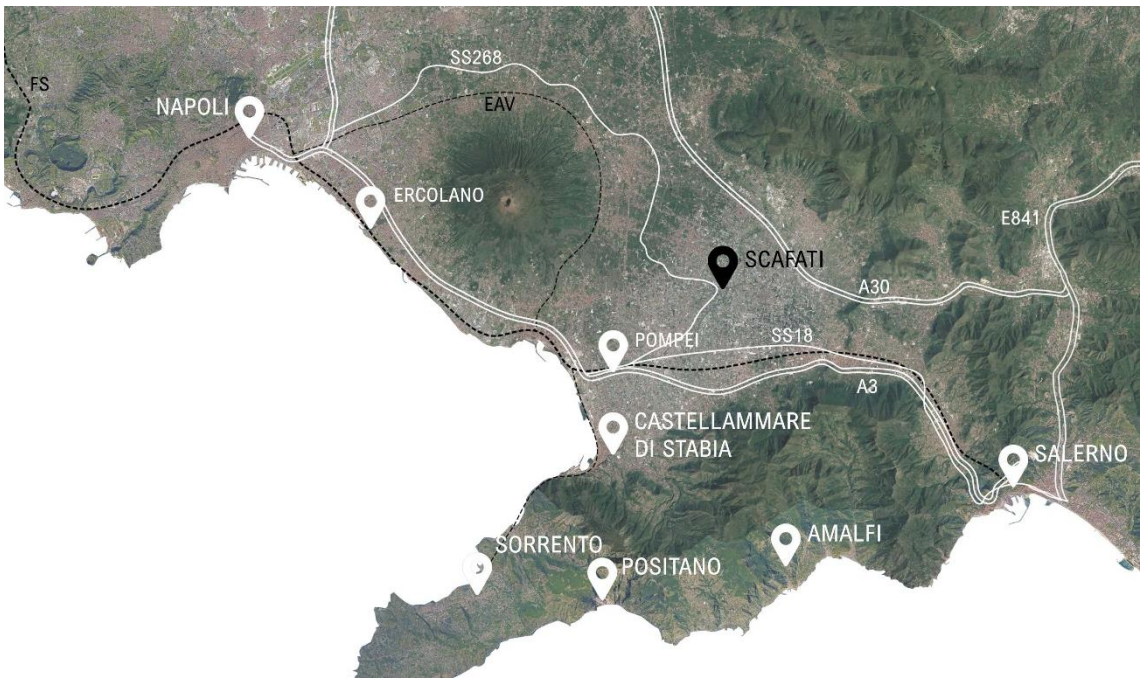
Se il processo di progettazione è avvenuto tramite una stretta collaborazione con la Sovrintendenza di Pompei, il processo di valutazione è stato aperto anche alla collaborazione con la comunità locale, attraverso il coinvolgimento di enti e associazioni sociali e culturali del territorio, a cui è stato chiesto di valutare il grado di importanza dei criteri con cui valutare la circolarità dei progetti di riuso del Parco. Questo ha condotto all'elaborazione, tramite il metodo AHP, di una prioritizzazione dei criteri per stabilire quali avessero un peso maggiore per la comunità locale nella riqualificazione del sito industriale dismesso. Una volta ottenuto il grado di importanza dei criteri, è stato applicato il metodo TOPSIS alle alternative di progetto per verificare quale alternativa rispondesse meglio alle performance di circolarità desiderate. Il metodo di valutazione ha condotto, infatti, a una classifica delle alternative, stabilendo quale fosse quella più vicina alla soluzione "ideale" dal punto di vista della circolarità in molteplici dimensioni.

7.1 L'inquadramento urbanistico-territoriale del sito industriale

Il Parco del Real Polverificio Borbonico è situato nel comune di Scafati, in Campania (IT). Scafati sorge nelle immediate vicinanze di Pompei (13' a piedi; 7' in bicicletta e 4' in auto), uno dei siti archeologici più importanti al mondo per notorietà e per numero di visitatori. In età romana faceva parte dell'Ager Pompeianus come si evidenzia nei numerosi ritrovamenti di ville e monumenti funerari.

Edificata da Ferdinando II di Borbone a partire dal 1851, la Real Polveriera sostituì la Real Fabbrica di Polveri e Nitri di Torre Annunziata nella produzione di polvere da sparo. Grazie anche alla sua posizione favorevole, «buona e sicura, separata dall'abitato e ricca d'acqua», vicina al Canale Conte di Sarno e ad un suo derivato, il Canale Bottaro, la struttura era abbastanza lontana dal centro di Scafati da evitare pericoli per la popolazione in caso di incidenti esplosivi. Posto al confine dei comuni di Pompei e Scafati, il Polverificio è in posizione quasi centrale tra Napoli e Salerno e di fatto è parte integrante dell'area metropolitana di Napoli. Dal punto di vista logistico risulta in posizione strategica perché tangente all'autostrada A3 e all'asse ferroviario nazionale Roma-Reggio Calabria, vicino alla ferrovia regionale Circumvesuviana. Si tratta di un'area pressoché rettangolare su cui insistono numerosi edifici di diverse epoche inseriti all'interno di un'area verde, che ne costituisce il parco, caratterizzata da due viali di rigogliosi platani e verdeggianti tratti secondari. All'interno del complesso è possibile distinguere diversi edifici di rilievo storico e monumentale, databili tra il 1852 e il 1880 e circondati dall'antico muro di cinta; tra essi un corpo principale nel lato occidentale, a carattere amministrativo residenziale, attuale sede museale del Comune di Scafati, l'adiacente Cappella di Santa Barbara, l'ingresso monumentale all'area esplosiva, di cui si conserva il cancello originario in ghisa, e i padiglioni del laboratorio chimico e delle officine del Polverificio. La posizione è strategica anche per quanto riguarda i collegamenti autostradali, ferroviari, aeroportuali e portuali. L'area è infatti facilmente raggiungibile con qualsiasi mezzo ed è connessa con tutte le principali destinazioni e attrazioni turistiche delle province di Napoli e Salerno (culturali, naturalistiche, balneari, d'affari). Amministrativamente compreso all'interno del territorio comunale di Scafati, il sito risulta di fatto inglobato nell'area metropolitana di Napoli (figura 7.1, pag. successiva).

Figura 7.1 Inquadramento territoriale dell'area metropolitana di Napoli e del comune di Scafati.



Il Real Polverificio si trova in posizione baricentrica rispetto ai siti interessati dal Grande Progetto Pompei (GPP), nato su iniziativa del Governo italiano per favorire la tutela e la valorizzazione dell'area archeologica con un programma di interventi conservativi, di prevenzione, manutenzione e restauro. Gli interventi contemplati dal Piano strategico del (GPP), in linea con le previsioni del Piano di gestione del sito UNESCO, sono inquadrati in una logica di sistema turistico culturale integrato, articolato in reti, ambiti, complessi e azioni immateriali, a cui i singoli interventi risultano funzionali. Tra le aree di intervento del progetto:

- Reti di connessione per l'accessibilità ai luoghi di interesse turistico culturale, privilegiando la valorizzazione di percorsi storici e la mobilità ecosostenibile.
- Complesso delle regge e delle emergenze culturali per valorizzare in un'ottica unitaria l'ampio patrimonio storico e architettonico del territorio.
- Ambito di ricomposizione naturalistica e paesaggistica per valorizzare in modo organico l'intera fascia costiera e le aree verdi anche periurbane.
- Ambito di rigenerazione e recupero delle aree degradate come complessi industriali in disuso o tratte ferroviarie dismesse, adeguandone la dotazione infrastrutturale al fine di promuoverne il riuso in chiave turistico culturale.

- Azioni immateriali per l'attivazione di servizi digitali ad ampio spettro e per realizzare prodotti di informazione omogenei e diffusi nel territorio.

Il Parco del Real Polverificio non è incluso all'interno del GPP ma la sua riqualificazione potrebbe rappresentare un'ottima iniziativa di rigenerazione del tessuto urbano in connessione alle realtà storico-culturali del territorio. Infatti, il paesaggio urbano dell'area metropolitana a sud di Napoli, (comprendente i comuni di Ercolano, Oplonti, Boscoreale, Pompei, Torre Annunziata, Portici, Boscoreale e Castellammare, per citare i comuni più ricchi di storia e testimonianze archeologiche), è caratterizzato da un vasto patrimonio storico e artistico materiale e immateriale (tabella 7.1).

Tabella 7.1 Patrimonio materiale e immateriale dell'*Ager Pompeianus.*

Luoghi culturali	**Patrimonio culturale immateriale**
Aree Archeologiche	*Tradizioni*
– Lista UNESCO Patrimonio Culturale: Sito seriale di Pompei, Ercolano, Oplontis – Parco archeologico di Pompei – Ville dell'antica Oplontis - Torre Annunziata – Ville dell'antica Stabiae - Castellammare di Stabia – Villa Regina - Boscoreale – Villa Sora - Torre del Greco – Parco archeologico di Ercolano – Ville rustiche di Cava Ranieri - Terzigno	– Santuario della Beata Vergine del Rosario di Pompei – Il culto delle Madonne nere: Santuario della Madonna della Neve - Torre Annunziata
Edifici Storici	*Eccellenze e presidi agro-alimentari*
– Reggia di Portici – Ville Vesuviane del Miglio d'Oro (Portici, Ercolano, Torre del Greco) – Real Fabbrica d'Armi di Torre Annunziata – Reggia di Quisisana - Castellammare di Stabia	– Arte bianca, la pasta artigianale – Pomodorino Del Piennolo – Vino Lacryma Christi – Lista UNESCO Patrimonio Culturale Immateriale: La dieta mediterranea
Musei	*Arti*
– Museo Nazionale Ferroviario di Pietrarsa – Musei del Sito Reale di Portici	– Arte del corallo e Museo del Corallo - Torre del Greco

– Antiquarium del Parco archeologico di Ercolano – Museo Archeologico Virtuale (MAV) - Ercolano – Museo storico delle armi e dello Spolettificio dell'Esercito - Torre Annunziata – Museo dell'Identità a Palazzo Criscuolo - Torre Annunziata – Antiquarium del Parco archeologico di Pompei – Antiquarium Nazionale "Uomo e ambiente nel territorio vesuviano" - Boscoreale – Museo del Parco Nazionale del Vesuvio - Boscoreale – Museo Archeologico di Stabia "Libero D'Orsi" - Castellammare di Stabia – Museo Archeologico Territoriale Terzignese - Terzigno	
Aree naturali, Parchi e Riserve	*Mestieri*
– Parco Nazionale del Vesuvio – Riserva UNESCO "Man and Biosphere": Somma-Vesuvio e Miglio d'Oro – Parco Regionale Bacino idrografico del fiume Sarno	– Arte bianca nella Valle dei Mulini – Museo della Marineria Torrese, Torre del Greco – Lista UNESCO Patrimonio Culturale Immateriale: Arte dei pizzaioli napoletani

Il Piano Strategico per lo sviluppo delle aree comprese nel Piano di Gestione del Sito UNESCO “Aree archeologiche di Pompei, Ercolano e Torre Annunziata” istituisce la *buffer zone*, una zona che comprende diversi attrattori turistici e culturali con relativa ricaduta sull’economia del territorio. La *buffer zone* include i Comuni di Portici, Ercolano, Torre del Greco, Torre Annunziata, Pompei, Castellammare di Stabia, Trecase, Boscoreale e Boscotrecase. Essa racchiude al suo interno un sistema territoriale complesso “ricco di contraddizioni che vede coesistere in questa area geomorfologicamente “inespansibile”: aree urbane e insediamenti residenziali, piccole aziende ed intere filiere di produzione delle eccellenze locali, aree produttive dismesse, porzioni di territorio da bonificare, fitta rete di infrastrutture ed aree di altissimo valore storico, archeologico, culturale ed ambientale,

stratificatesi, nei secoli in un sistema molto complesso e spesso poco governato"[22]. Sono cinque i siti archeologici che ricadono nella *buffer zone*:

1. gli Scavi di Pompei;
2. gli Scavi di Ercolano;
3. la Villa Imperiale di Oplonti a Torre Annunziata;
4. l'Antiquarium e l'area archeologica di Boscoreale;
5. gli Scavi di Stabia a Castellammare di Stabia.

É interessante capire il flusso turistico della zona in cui è inserito il Parco del Real Polverificio Borbonico. Il MIBACT riporta il numero di visitatori presenti nei musei, presso i monumenti e nelle aree archeologiche statali nel 2021. Da questi dati è possibile ricostruire le presenze dei visitatori nei musei della *buffer zone* nell'anno 2021 in base agli ultimi dati disponibili (tabella 7.2 e figura 7.2, pag. successiva).

Tabella 7.2 La buffer zone del Progetto Grande Pompei e le relazioni con il Real Polverificio.

Siti archeologici	Presenze anno 2021	Quota su totale Campania
Totale buffer zone	1.183.012	28,00%
Scavi di Pompei	1.006.475	23,83%
Scavi di Ercolano	155.154	3,67%
Scavi di Stabia	15.325	0,36%
Scavi di Oplonti	5.674	0,13%
Antiquarium Nazionale di Boscoreale	384	0,01%
Totale Campania	4.222.376	

[22] Piano Strategico per lo sviluppo delle aree comprese nel piano di gestione del sito UNESCO "Aree archeologiche di Pompei, Ercolano e Torre Annunziata", Progetto Grande Pompei.

Figura 7.2 La buffer zone del Progetto Grande Pompei e le relazioni con il Real Polverificio.

Relativamente alla zonizzazione del vigente Piano regolatore Generale approvato nel 1998, l'area del polverificio ricade nelle zone omogenee:

-F1: attrezzature pubbliche di livello urbano (zona di ingresso su Via Vitello)

-F2: parchi urbani e territoriali (area retrostante)

-D1: attività produttive compatibili (parte di area sul fiume Sarno).

Secondo quanto dettato dalla legge regionale 16/2004 "Norme per il governo del territorio", è stato adottato il Piano Urbanistico Comunale che, per l'area in esame, ha previsto le seguenti zone omogenee:

• Edifici storici isolati;

• Attrezzature territoriali;

• Ambiti di attività industriali incompatibili da trasferire.

L'area ricade all'interno del perimetro del Parco Regionale del fiume Sarno istituito il 27 giugno 2003 con D.G.R. 2211. Per tale Parco è stato approvato un Programma Integrato

(decreto n. 1791 del 30/09/2004) che prevede il recupero e la trasformazione dell'area in attrezzature di tipo culturale con tutela dell'edificato storico.

Secondo la LR 33/93, art. 22 - Articolazione zonale, in ciascun Parco regionale deve essere prevista la seguente articolazione:

a) zona di riserva integrale (zona A) [...]

b) zona di riserva generale (zona B). Ogni attività deve essere rivolta al mantenimento della integrità ambientale dei luoghi. Sono consentite ed incentivate le attività agricole e silvo – pastorali tradizionali e la manutenzione del patrimonio edilizio esistente, laddove non contrastino con le finalità del Parco;

c) zona di riserva controllata (zona C). Vanno incentivate le attività agricole, zootecniche e silvocolturali tradizionali ed il mantenimento dell'integrità terriera nelle aziende contadine. Sono agevolate, inoltre, le attività socio - economiche e le realizzazioni abitative ed infrastrutturali compatibili con i principi ispiratori del Parco, nonché lo sviluppo delle strutture turistico - ricettive delle attrezzature pubbliche e dei servizi complementari al Parco.

Il polverificio borbonico risulta vincolato dalla Soprintendenza per i Beni Ambientali Architettonici e Storici di Salerno e Avellino ai sensi del D.M. 06/12/1997 (art.4 L1089/39), con Decreto del 6 dicembre 1997 firma del Soprintendente arch. Ruggero Martines.

Nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Regionale del fiume Sarno, relativamente alla pericolosità idraulica l'area ricade interamente nella fascia B valliva; per quanto attiene al rischio idraulico l'area è mappata come rischio elevato (R3) e elevato potenziale (R3*). Le norme di attuazione del PSAI dell'Autorità di Bacino del fiume Sarno, al CAPO III, dettano la disciplina specifica delle fasce fluviali. Le norme di attuazione del PSAI dell'Autorità di Bacino del fiume Sarno, al CAPO III, dettano la disciplina specifica delle fasce fluviali (figure 7.3 e 7.4, pag. successiva).

Figura 7.3 Rischio idraulico

Figura 7.4 Pericolosità idraulica

Attualmente il sito industriale è composto da due zone distinte per confini amministrativi:

- Il Real Polverificio Borbonico (di proprietà del comune di Scafati), restaurato nel 2010;

- Il Parco (di proprietà della Sovrintendenza del Parco Archeologico di Pompei) oggetto di un piano di riqualificazione urbana e oggetto di studio del presente lavoro.

La tesi presenta delle alternative di riuso adattivo del Parco del Real Polverificio (prima Polverificio e poi Tabacchificio) comprendente una serie di manufatti industriali dismessi per una superficie totale di oltre 150.000mq (figura 7.5, pag. successiva).

Il sito di progetto si trova in una posizione strategica, considerata la vicinanza con gli scavi archeologici di Pompei, con il Santuario della Beata Vergine del Rosario e con il centro storico di Scafati. Il complesso del Polverificio è oggi accessibile da via Pasquale Vitiello, una zona della città non di particolare pregio, e risulta il punto più distante dagli importanti siti attrattori. L'ingresso attuale si trova in posizione opposta rispetto all'accesso storico che avveniva da via Astolelle e risulta, come detto, il punto più distante dagli importanti siti attrattori.

Figura 7.5 Planimetria del Parco del Real Polverificio Borbonico di Scafati allo stato attuale.

7.2 Evoluzione storica del sito del Real Polverificio Borbonico

Lungo la sponda a est del fiume Sarno e a pochi passi da Pompei nel 1851 Ferdinando II di Borbone decise di far costruire un nuovo polverificio in sostituzione e di maggiore dimensione rispetto a quello esistente a Torre Annunziata risalente al '600. La realizzazione di tale impianto militare fu affidata al colonnello Alessandro Nunziante che, per assolvere al suo incarico, scelse come collaboratori due tecnici napoletani: l'architetto Luigi Manzella ed il chimico pirotecnico Filippo del Grandis. Documentazioni storiche del tempo riportano che, prima di redigere il progetto si cercava di realizzarlo in un luogo sicuro e lontano dall'abitato. Prima di realizzare tale stabilimento i tecnici incaricati effettuarono viaggi in Europa presso i migliori stabilimenti di polvere da guerra per meglio comprendere ed approfondire le conoscenze sulle tecniche costruttive ed i sistemi produttivi. Grande impegno umano ed economico fu profuso per la realizzazione del nuovo opificio di Scafati che fu approvato con un Real Rescritto del 31 dicembre 1851, che ordinava al contempo la soppressione del polverificio di Torre Annunziata. Molte furono le vicissitudini che accompagnarono la costruzione di tale importante complesso architettonico militare, che secondo le intenzioni del Re Borbone, doveva essere caratterizzato da elementi e tecniche nuove rispetto al polverificio di Torre Annunziata, ma soprattutto si doveva estendere su una vasta area in cui i vari laboratori sarebbero stati stanziati e spaziati per i vari gradi di lavorazione per evitare soprattutto che, in caso di esplosione di un laboratorio, il danno fosse propagato anche ad altri. In conseguenza della costruzione della Real Polveriera di Scafati fu rettificato e canalizzato per la navigazione il tratto terminale del Sarno. La fabbrica, a causa dei numerosi incidenti e per l'esasperazione della popolazione fu chiusa nel 1984 e successivamente destinata a sede dell'Istituto Tabacchi (figura 7.6, pag. successiva).

Figura 7.6 Immagine storica del Parco del Real Polverificio Borbonico, fonte: Sovrintendenza del Parco Archeologico di Pompei, 2021.

Ricostruendo l'evoluzione storica di tale impianto industriale è possibile distinguere 5 fasi (tabella 7.3):

Tabella 7.3 Timeline delle trasformazioni del sito industriale di Scafati.

1851-1861	**1855-1857**	**1870- 1876**	**1894**	**1960**
Costruzione	Bonifica del Sarno	Ampliamento	Conversione in Istituto Tabacchi	Ampliamento

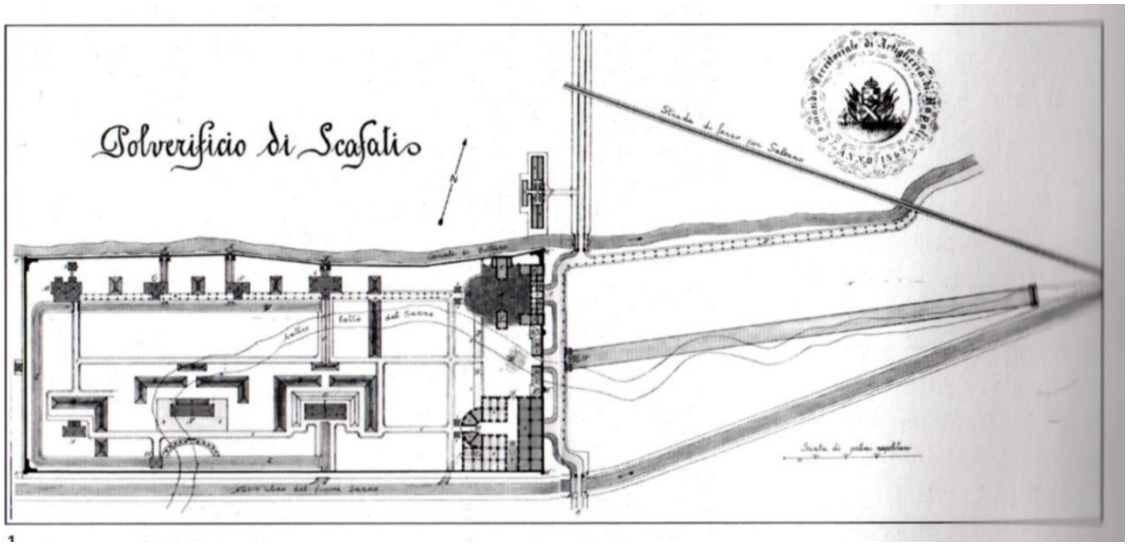
Fase I – costruzione (1851-1861). L'area sulla quale venne edificato il complesso industriale militare comprendeva un'ampia superficie confinante verso Pompei con il Canale del Bottaro. Documentazioni storiche del tempo riportano che al momento di redigere il progetto si cercava di realizzarlo in luogo sicuro e lontano dall'abitato:

"il nuovo opificio doveva essere capace di grande produzione, avendosi allora in mira, di far sì che il sorgituro stabilimento rendesse vistoso cespite alle finanze dello Stato, con la vendita delle polveri ai privati nell'interno del regno, e commerciandone anche con le minori potenze. Nulla

perciò fu risparmiato affinché il nuovo polverificio, che si stabili costruire fra il fiume Sarno e il canale Bottaro, rispondesse a tutte le esigenze del tempo"[23].

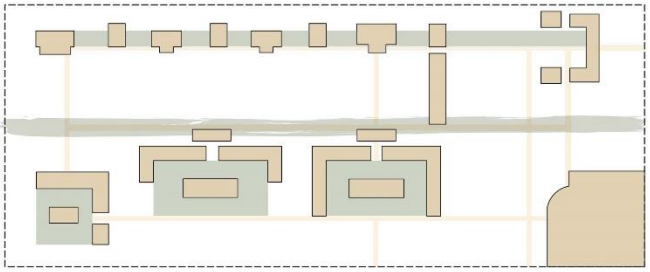
Secondo le intenzioni del re Borbone, il sito doveva essere caratterizzato da elementi e tecniche nuove rispetto al polverificio di Torre Annunziata, ma soprattutto si doveva estendere su una vasta area in cui i vari laboratori sarebbero stati stanziati e spaziati per i vari gradi di lavorazione per evitare soprattutto che in caso di esplosione di un laboratorio il danno fosse propagato anche ad altri. In conseguenza della costruzione della Real Polveriera di Scafati fu rettificato e canalizzato per la navigazione il tratto terminale del Sarno. Il complesso era organizzato come un unico fortino murato organizzato intorno a un grande asse centrale (figure 7.7 e 7.8, pag. successiva). Sul lato Est vi erano alcuni manufatti e due edifici di testata, mentre sul lato Nord gli edifici di dosamento e miscela, di granimento e di lustramento avevano prese d'acqua dirette dal canale Bottaro e scaricavano l'acqua in un canale interno. Un ramo del Sarno, invece, entrava sotto l'edificio principale della raffineria delle polveri e delle fornaci per riammettersi nel Sarno. Gli spazi esterni erano quindi caratterizzati dalla presenza del canale interno di cui si sono completamente perse le tracce[24].

Figura 7.7 Tavola di progetto del 1851 dell'architetto Luigi Manzella: prima fase e seconda fase dell'ex Polverificio Borbonico.



[23] Il Polverificio di Scafati - Di Aniello Langella - Vesuvioweb 2013
[24] Ibidem

Figura 7.8 Ricostruzione planimetrica delle fasi I-II.



Fase II – bonifica del fiume Sarno (1855-1857). La decisione di incanalare le acque del fiume fu presa già nel 1854 quando l'architetto Luigi Manzella, direttore dei lavori per la costruzione del Polverificio, aveva richiesto una maggiore forza idraulica per mettere in moto le macchine. La rettifica del fiume diede quindi l'opportunità di rendere nuovamente navigabile il canale.

Fase III – Ampliamento (1870). Nel progetto di ampliamento elaborato dal Servizio del Genio Militare nel 1870 (figure 7.9 e 7.10, pagg. successive) si osserva una netta divisione che viene formalizzata collegando, anche verso l'interno, con un edificio basso, i corpi su fronte strada. In questo disegno il grande recinto ampliato verso ovest è organizzato come un grande spazio aperto ed una testata composta da un unico grande edificio a corte allungata. In seguito all'ampliamento, il muro di cinta che prima configurava il termine dell'area su cui insisteva il Polverificio, diventa di fatto interno allo stabilimento. Nello specifico, il muro demolito per la parte inferiore (verso il fiume Sarno) fu lasciato praticamente intatto per la parte a Nord, dove, per consentire l'accesso all'area dell'ampliamento post-1870, fu aperto un varco, ancora esistente.

Figura 7.9 Tavola di progetto del 1870 ad opera del Servizio del Genio Militare.

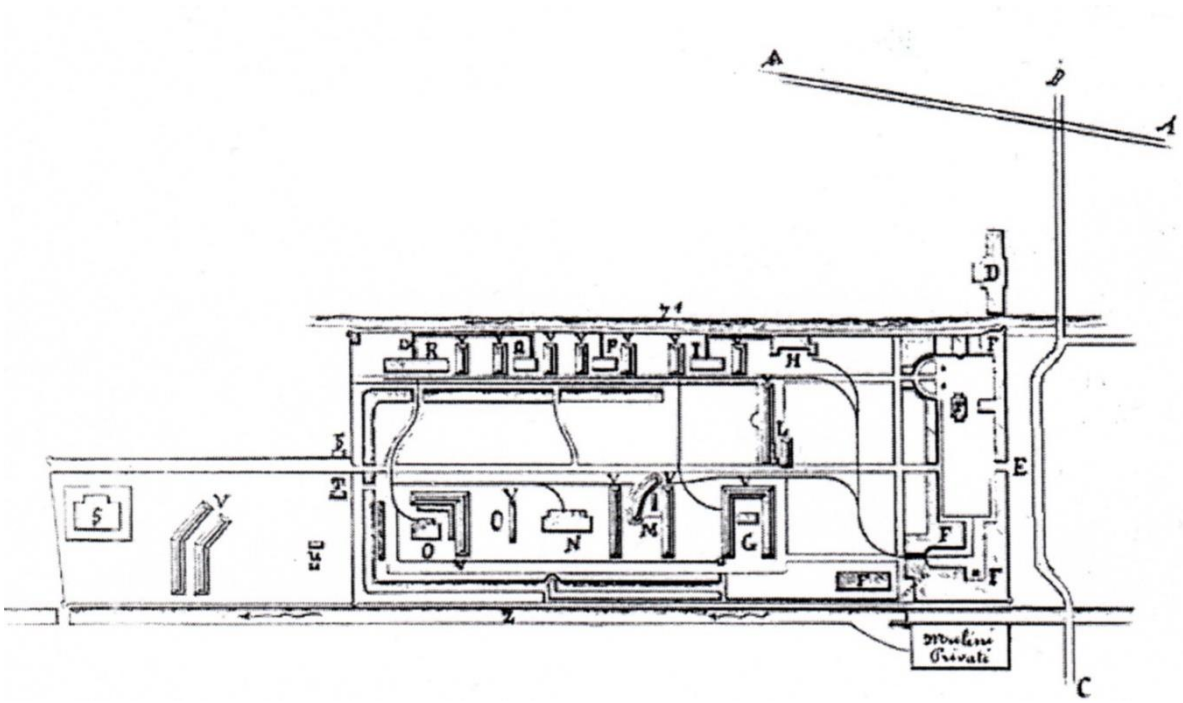
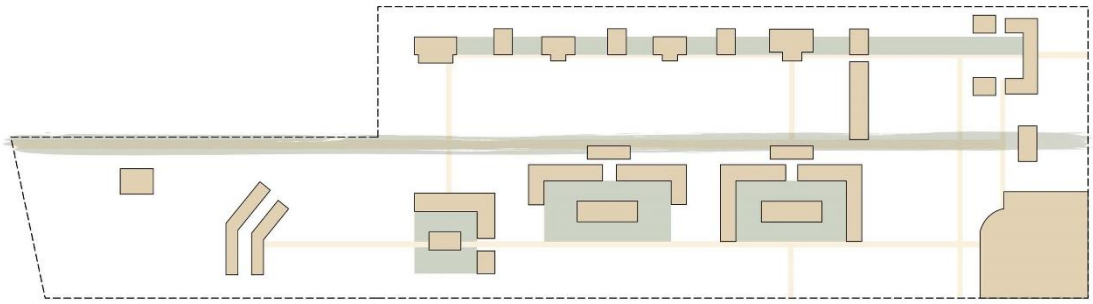


Figura 7.10 Ricostruzione planimetrica della fase III.



Fase IV – Ampliamento (1876). L'ultima acquisizione di terreno avvenuta nel 1876 determinò l'assetto territoriale definitivo del polverificio chiudendone il quadrilatero verso l'angolo tra il canale Bottaro e via Astolelle (figura 7.11, pag. successiva)

Figura 7.11 Ricostruzione planimetrica della fase IV.

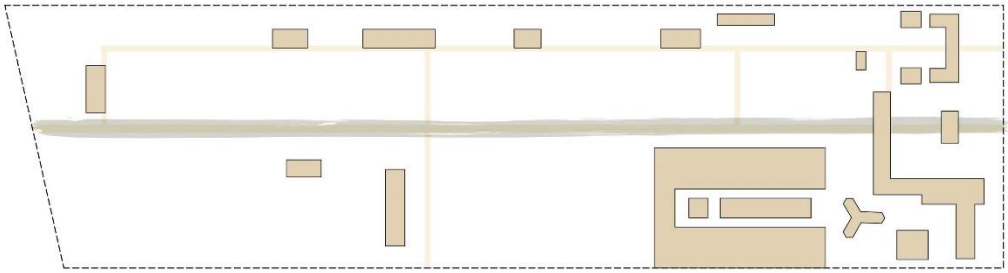
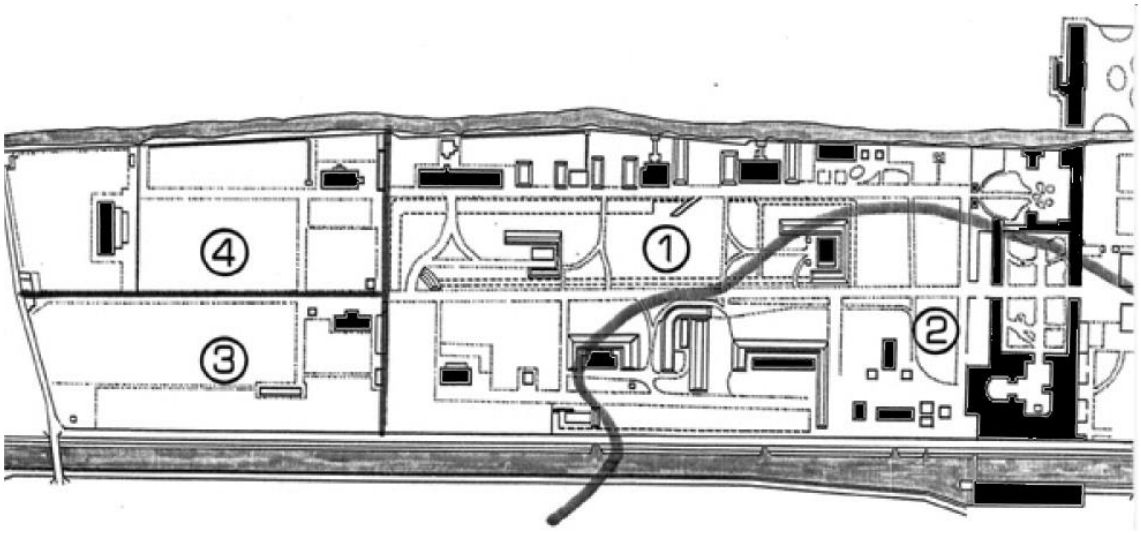


Figura 7.12 Fasi della costruzione del complesso del Polverificio Borbonico: 1) 1851/55, 2) 1855/61, 3) 1861/70, 4) dopo il 1870.



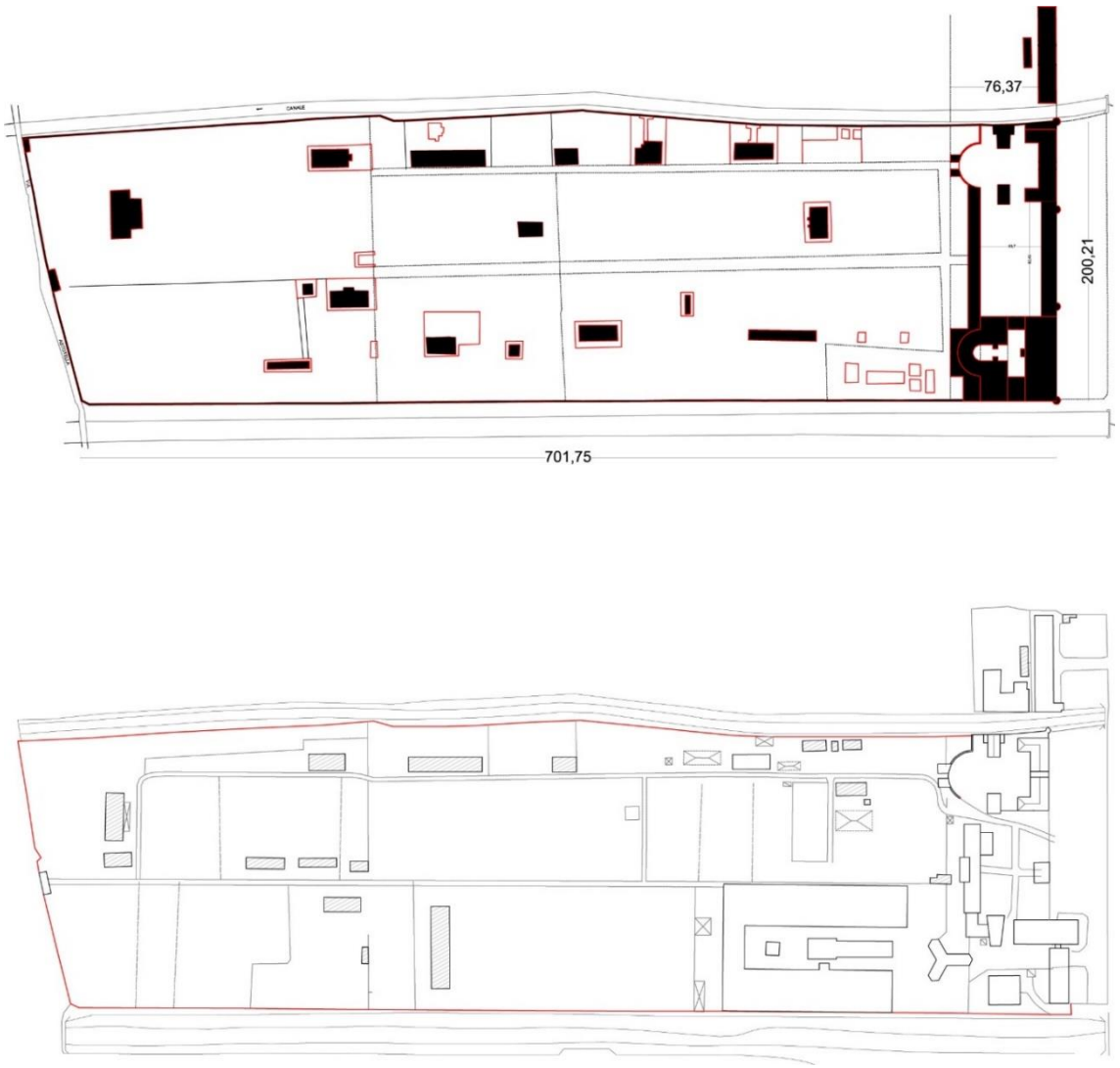
Fase V - Conversione in Istituto Tabacchi (1894). Il polverificio fu teatro di alcuni gravi incendi (1863, 1885 e 1888). In seguito a tali episodi, cominciò a circolare la notizia di una imminente soppressione del polverificio stesso. Fu deciso, pertanto, di convertire tale patrimonio statale ad uso di ricezione, sperimentazione e manifattura di tabacchi. Il Regio Istituto Sperimentale per la coltivazione dei Tabacchi di Scafati ed il Monopolio italiano dei tabacchi (subentrato nel 1862 alle analoghe istituzioni operanti negli Stati della penisola prima dell'unità) si convinsero dell'opportunità di attivare un Istituto di sperimentazione dei tabacchi, per contribuire al miglioramento della produzione nazionale e ridurre il pesante disavanzo commerciale del settore. Nella carta IGM del 1909 (figura 7.13), infatti, viene indicato come Real Istituto dei Tabacchi ma conserva quasi inalterato l'impianto

storico: il nucleo edificato su bordo strada della grande corte allungata nord – sud ed il recinto murato tra il canale Bottaro ed il Sarno.

Figura 7.13 Cartografia IGM del 1909.

1960. Dopo l'espansione post-unitaria, il complesso dell'ex Polveriera Reale presenta una estensione territoriale di 150 000 metri quadrati su cui insistono vari edifici, tra cui si distinguono le raffinerie di carbone, salnitro e zolfo, le officine di lavorazione della polvere e gli edifici adibiti a magazzini dell'Istituto Sperimentale del Tabacco (figura 7.14, pag. successiva).

Figura 7.14 Trasformazione del sito da Polverificio (1876) a Istituto Tabacchi (1960), fonte: Sovrintendenza del Parco Archeologico di Pompei, 2021.



7.3 L'abaco degli edifici esistenti

Il Parco del Real Polverificio Borbonico di Scafati conta circa 154.000 mq di superficie totale tra la superficie verde e quella coperta dei capannoni dismessi (figura 7.15, pag. successiva). I capannoni industriali dislocati all'interno del sito risalgono a datazioni differenti a seconda dell'uso che ne è stato fatto nel corso del tempo. La funzione originaria fu stabilita con un Real Rescritto del 31 dicembre 1851, che ordinava al contempo la soppressione del polverificio di Torre Annunziata. Tale complesso architettonico militare, secondo le intenzioni del Re Borbone, doveva essere caratterizzato da elementi e tecniche nuove rispetto al polverificio di Torre Annunziata, ma soprattutto si doveva estendere su una vasta area in cui i vari laboratori sarebbero stati stanziati e spaziati per i vari gradi di lavorazione per evitare soprattutto che, in caso di esplosione di un laboratorio, il danno fosse propagato anche ad altri. Nonostante questo, la fabbrica, a causa dei numerosi incidenti e per l'esasperazione della popolazione fu chiusa e a partire dal 1894 fu destinato alla produzione di tabacchi fino al 1980, quando la struttura fu abbandonata a seguito dei danni del terremoto. All'interno del complesso è possibile distinguere diversi edifici di rilievo storico e monumentale, databili tra il 1852 e il 1880 e circondati dall'antico muro di cinta; tra essi un corpo principale nel lato occidentale, a carattere amministrativo residenziale, attualmente di proprietà del Comune di Scafati e l'adiacente Cappella di Santa Barbara con l'ingresso monumentale all'area esplosiva, di cui si conserva il cancello originario in ghisa.

Nella Tabella 7.4 (pag. 284) vengono sintetizzati i principali dati dimensionali del sito industriale del Polverificio Borbonico di Scafati, contenenti informazioni riguardanti la datazione degli edifici industriali, la superficie coperta calcolata in mq, il volume e la funzione originaria dei corpi di fabbrica.

Figura 7.15 Planimetria dello stato di fatto.

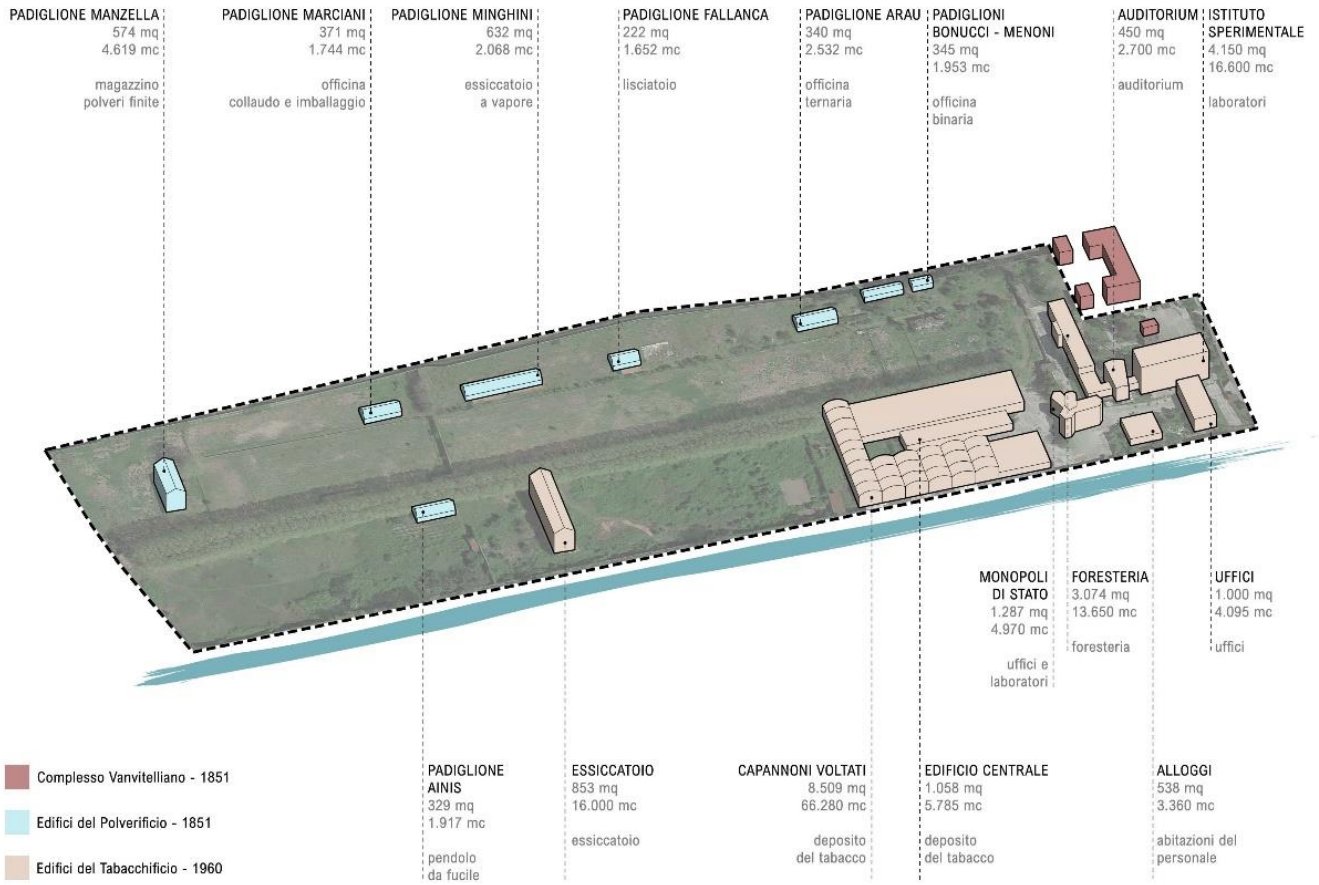


Tabella 7.4 Gli edifici industriali esistenti nel Parco del Real Polverificio Borbonico di Scafati.

N.	Edifici industriali	Datazione	Superficie coperta (mq)	Volume (mc)	Funzione originaria
1	Padiglione Manzella	Polverificio 1851	574	4.619	Magazzino polveri finite
2	Padiglione Marciani	Polverificio 1851	371	1.744	Officina collaudo e imballaggio
3	Padiglione Minghini	Polverificio 1851	632	2.068	Essiccatoio a vapore
4	Padiglione Fallanca	Polverificio 1851	222	1.652	Lisciatoio
5	Padiglione Arau	Polverificio 1851	340	2.532	Officina ternaria
6	Padiglione Bonucci-Menoni	Polverificio 1851	345	1.953	Officina binaria
7	Padiglione Ainis	Polverificio 1851	329	1.917	Pendolo da fucile
8	Essiccatoio	Tabacchificio Anni'60	853	16.000	Essiccatoio
9	Capannoni voltati	Tabacchificio Anni'60	8.509	66.280	Depositi del tabacco
10	Edificio centrale	Tabacchificio Anni'60	1.058	5.785	Depositi del tabacco
11	Alloggi	Tabacchificio Anni'60	538	3.360	Abitazioni del personale
12	Foresteria	Tabacchificio Anni'60	3.074	13.650	Foresteria
13	Istituto sperimentale	Tabacchificio Anni'60	4.150	16.600	Laboratori
14	Uffici	Tabacchificio Anni'60	1.000	4.095	Uffici
15	Monopoli di stato	Tabacchificio Anni'60	1.287	4.970	Uffici e laboratori
16	Auditorium	Tabacchificio Anni'60	450	2.700	Auditorium
TOT.			**23.735 mq**	**149.925 mc**	

Di seguito vengono mostrate alcune fotografie scattate durante un sopralluogo con la Sovrintendenza all'area di progetto, in data 19 gennaio 2022 (figure 7.16 - 7.25).

Figura 7.16 Vista del viale storico dei platani.

Figura 7.17 Vista del Vesuvio dal parco del Real Polverificio Borbonico.

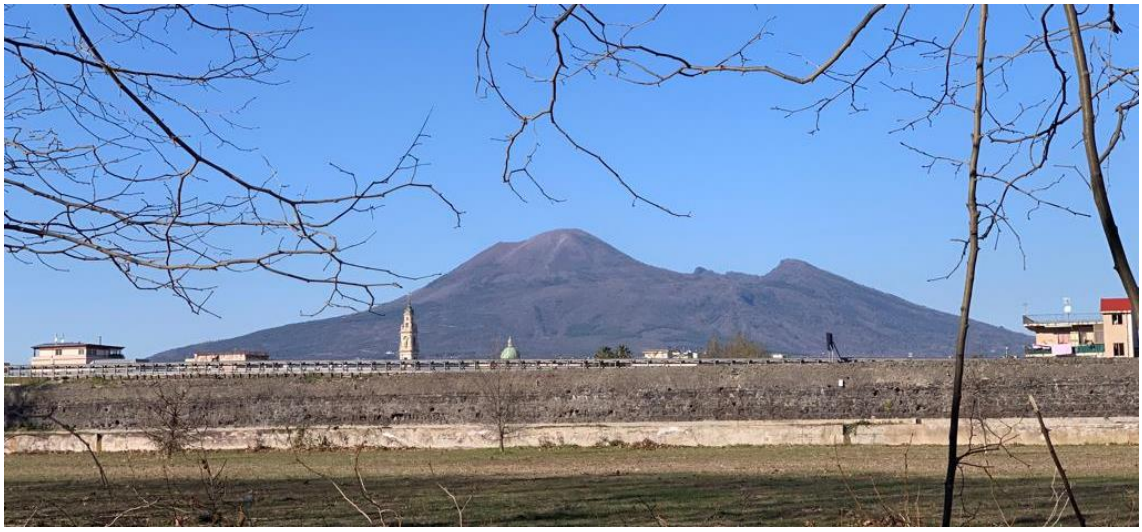


Figura 7.18 Antichi canali di irrigazione dal fiume Bottaro.

Figura 7.19 Vista del Padiglione Manzella.

Figura 7.20 Vista del Padiglione Marciani.

Figura 7.21 Vista del Padiglione Ainis.

Figura 7.22 Vista del Padiglione Minghini.

Figura 7.23 Vista dell'Essiccatoio lato ovest.

Figura 7.24 Vista interna dell'Essiccatoio.

Figura 7.25 Vista essiccatoi di tabacco.

7.4 Gli scenari alternativi per il riuso del Parco del Real Polverificio Borbonico

Le tesi individua per l'applicazione del metodo di valutazione integrato tre scenari alternativi di progetto improntati su un uso sostenibile del suolo e basati sui principi dell'economia circolare, per il riuso del parco del Polverificio Borbonico di Scafati, in Campania. I tre scenari sono il risultato di una collaborazione con la Sovrintendenza di Pompei che ha competenza sull'area oggetto di studio e da un'analisi effettuata nel corso della ricerca dei progetti di riuso degli edifici industriali dismessi e il riuso del patrimonio archeologico industriale. Dall'analisi di alcune buone pratiche (Capitolo 5), emergono una serie di soluzioni e progetti che, attivando processi di metabolismo urbano circolare e chiusura dei cicli di produzione e consumo delle risorse e dei materiali, sono stati oggetto di ispirazione per le pratiche di riuso degli edifici del Polverificio.

Le tre alternative di progetto individuate sono di seguito brevemente esposte e poi approfondite singolarmente:

1) Alternativa di progetto A – Hubx4

Il progetto di riuso del sito prevede la realizzazione di un hub turistico-culturale che, rafforzando l'infrastruttura ricettiva locale, crei valore per il territorio da un punto di vista sociale, culturale ed economico. L'integrazione di varie funzioni nel nuovo complesso può favorire la nascita di nuove sinergie nel territorio e la comunicazione tra le diverse attività attraverso la creazione di spazi ibridi condivisi. Tra le nuove funzioni inserite vi sono spazi che ospitano merchandising di qualità, esposizioni museali, incubatori di start-up e uffici, laboratori per attività didattiche.

2) Alternativa di progetto B – Digital Innovation Park

L'obiettivo principale di questa alternativa di progetto è quello di realizzare un modello integrato caratterizzato da un insieme di funzioni, di cui la principale, il Green Data Center, propone la tecnologia come un fattore trainante dell'inclusione sociale nel quadro di un ecosistema della transizione digitale dell'Italia. Il recupero e la valorizzazione del sito può

consentire l'innesco di attività per la ricerca tecnologica e il turismo con spazi dedicati ad attività turistico-ricettive volte ad uno sviluppo altamente specializzato di queste aree decentrate rispetto al centro abitato di Scafati ma allo stesso tempo ubicate in un luogo strategico dal punto di vista della raggiungibilità e dei collegamenti. L'alternativa trasforma l'intero sito industriale in un parco urbano, pervaso da funzioni museali, ristorazione, attività commerciali e strutture alberghiere.

3) Alternativa di progetto C – Parco agrisolare

Con questa alternativa di progetto viene istituita l'opportunità di valorizzare la biodiversità in questo territorio, integrando questa logica con funzioni didattico-culturali. Il parco ospita una fattoria didattica e sociale, orti in affitto, eventi sociali, laboratori didattici legati al mondo dell'agricoltura, campi dedicati al pascolo, apiarie, serre, giardini sensoriali. Nel parco vengono istituite inoltre aree per la valorizzazione, la produzione e la vendita di prodotti agricoli, attraverso un percorso di stand temporanei con differenti proposte di street food, legate alle produzioni locali. La struttura può essere gestita attraverso partenariati dalla sovrintendenza in forma comunitaria con imprenditori agricoli, in forma individuale o societaria, imprese agroindustriali e cooperative agricole.

Di seguito ogni alternativa viene descritta in modo approfondito: vengono identificate le funzioni, i riferimenti progettuali, viene presentato il masterplan e i dati dimensionali relativi a ciascuna funzione o attività inserita all'interno del sito e dei manufatti industriali dismessi.

Alternativa di progetto A – Hubx4

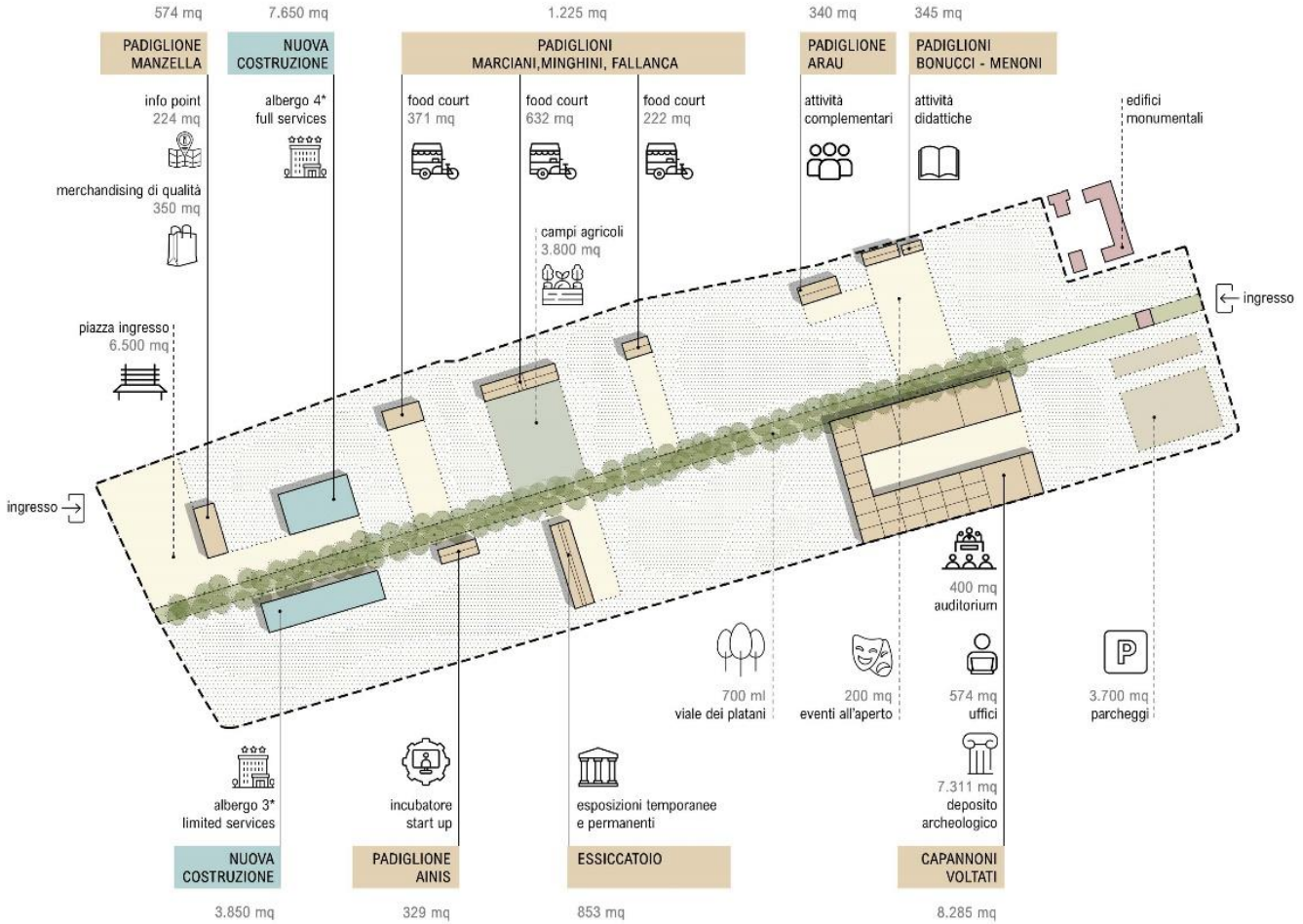
Nella prima proposta di riuso il processo di valorizzazione prevede la realizzazione di un hub turistico-culturale che, rafforzando l'infrastruttura ricettiva locale, crei valore per il territorio da un punto di vista sociale, culturale ed economico. L'integrazione di varie funzioni nel nuovo complesso può favorire la nascita di nuove sinergie tra le parti interessate e la comunicazione tra le diverse attività attraverso la creazione di spazi ibridi condivisi (figura 7.26, pag. successiva).

1. Hub Culturale

Un nuovo hub culturale complementare al sito di Pompei e in grado di arricchire l'offerta del complesso archeologico. Il nuovo centro di ricerca sul restauro, capace di attrarre eccellenze a livello internazionale, si integra con un polo museale che può ospitare eventi ed esposizioni.

a) *Esposizioni temporanee e permanenti*. L'hub è dotato di spazi espositivi, flessibili e dinamici, capaci di ospitare sia mostre temporanee sia il nuovo museo permanente del patrimonio archeologico. Questo ospita i reperti più preziosi degli scavi di Pompei, attualmente non esposti per mancanza di fondi e spazi, restituendo così alla comunità testimonianze storiche straordinarie ma oggi non fruibili.
b) *Eventi privati e pubblici.* Luogo di cultura e scambio, il Real Polverificio apre le porte anche alle imprese desiderose di organizzare eventi aziendali al suo interno. Gli spazi potranno infatti accogliere convegni e conferenze, riunioni o presentazioni aziendali, screening di film, cene private.
c) *Centro del restauro*. Grazie all'inserimento di laboratori e aule didattiche si insedia una Scuola di alta formazione per il Restauro. Il centro può diventare punto di riferimento non solo per il territorio ed il Mezzogiorno ma per gli studiosi e ricercatori di tutto il mondo capace di attrarre una domanda formativa di respiro internazionale.

Figura 7.26 Masterplan Alternativa A – Hubx4



2. Hub Ricettivo

Un nuovo modello ricettivo dalla forte componente esperienziale in continuità con il contesto del Parco Archeologico. Ristoranti a tema, merchandising di alto livello, albergo diffuso saranno capaci di attrarre i flussi turistici che toccano Pompei senza fermarvisi.

a) *Ristorazione*. L'esperienza ricettiva nell'hub viene arricchita dalla possibilità di provare i famosi banchetti luculliani, cene sontuose ed eleganti, tipiche dell'ultima età repubblicana Romana.
b) *Merchandising di qualità*. Tra gli antichi platani ottocenteschi è possibile acquistare souvenir di qualità nati dal connubio tra tradizione, design e storia, attraverso un tipo di merchandising colto ed ispirato all'antica arte della lavorazione artigianale locale, ai suoi elementi stilistici e alle sue tecniche. Si rafforza, così, il legame tra viaggiatore e territorio.
c) *Albergo diffuso*. All'interno dell'hub si prevedono aree per l'ospitalità turistica seguendo il trend dell'albergo diffuso, una soluzione rispettosa dell'identità storica del sito. Il recupero delle antiche officine insieme alla costruzione di nuovi plessi potrebbe così colmare la grave carenza qualitativa di offerta ricettiva del territorio di Pompei.

3. Hub Ambientale

Un grande parco pubblico, con specie arboree rare e pregiate, in un territorio denso e altamente urbanizzato. Il viale storico, gli antichi canali e il disegno di nuovi percorsi e aree di svago formeranno un grande spazio verde capace di dare un effetto benefico sulla comunità locale.

a) *Parco pubblico.* Le ampie zone a verde tra i due viali saranno destinate a verde pubblico attrezzato all'interno di un percorso che prevede la valorizzazione dei piccoli edifici già presenti, restituendo alla cittadinanza l'utilizzo di un polmone verde.

b) *Verde storico*. La grande superficie del parco è conformata principalmente dal lungo viale di platani, risalente all'epoca della costruzione del Polverificio. La valorizzazione di tale asse è rilevante sia per l'importanza che assume dal punto di vista formale-architettonica sia per la valenza botanica che possiedono le alberature e le altre antiche specie arboree.
c) *Vie d'acqua.* Si recuperano i diversi canali trasversali che anticamente dal Bottaro andavano a scaricare nel Sarno rettificato cedendo forza motrice alle macchine nell'attraversamento del complesso. Potrebbe risultare interessante recuperare la memoria della fitta rete interna di decauville che durante l'attività trasportava i semilavorati da un'officina all'altra nei vari stadi della lavorazione.

4. Hub Logistico

Un sistema innovativo di consultazione degli archivi connesso con le principali realtà del territorio italiano. Il deposito unico della Soprintendenza ed il nuovo centro dedicato alla conservazione e consultazione dei reperti archeologici formeranno l'aspetto logistico del complesso.

a) *Deposito Unico Sovrintendenza.* Lo spazio dei vecchi capannoni dei Monopoli, strutture coperte da interessanti volte a vela e caratterizzate da una diffusa luce zenitale, viene occupato dal nuovo deposito della Soprintendenza Pompei, attrezzato con i più aggiornati sistemi di stoccaggio, movimentazione, controllo delle condizioni termoigrometriche e di sicurezza, uffici, sale studio e laboratori, foresteria e sala conferenze.
b) *Raccolta di reperti archeologici*. L'hub ospita un grande centro di raccolta, stoccaggio e consultazione di reperti archeologici e relativa documentazione, così fruibile anche da studiosi e ricercatori. Il nuovo magazzino può risolvere alcuni problemi specifici della gestione dei reperti, quali: la necessità di trasferire i numerosi reperti archeologici attualmente dislocati nell'area degli scavi (dove sono in corso i lavori di messa in sicurezza e restauro previsti dal Grande Progetto Pompei); il previsto incremento dei materiali dovuto ai lavori in corso e di prossima esecuzione; la necessità di meglio tutelare beni archeologici attualmente depositati

in magazzini ormai saturi nei diversi siti di competenza (Oplonti, Stabia); la conseguente necessità di disporre di nuovi spazi per le operazioni di inventariazione, catalogazione, restauro, consultazione e studio degli stessi, funzionali alla tutela e valorizzazione del patrimonio.

Aspetti di circolarità nel Progetto di riuso Hubx4:

- *Edifici Green:* i nuovi padiglioni, recuperati dalla cubatura di edifici industriali abbattuti, assieme ai padiglioni da riutilizzare, diventano esperimenti di circolarità, attraverso il recupero e il riutilizzo di materiali di scarto provenienti da processi di dismissione o riciclaggio, sia nella realizzazione di nuove coperture laddove crollate o da bonificare per via dell'esistenza di materiali contaminati o poco sostenibili come l'eternit, sia nella realizzazione di nuove murature o divisioni interne. I materiali da costruzione, infatti, possono risultare da processi di riciclo e recupero come le bottiglie di plastica, corde da barca, legno delle imbarcazioni per la realizzazione dei tetti (si veda l'esempio del Padiglione Italia realizzato per l'EXPO di Dubai del 2020 su progetto architettonico di Carlo Ratti, Italo Rota, Matteo Gatto e F&M Ingegneria). Sempre da progetto del Padiglione EXPO è possibile ricavare una strategia green per la verniciatura delle pareti: le vernici di Gruppo Boero e Mapei sono a base di microalghe, un'alternativa green ai pigmenti sintetici, all'insegna di un'architettura più sostenibile e a basso impatto ambientale. È una neomateria, pitture con pigmenti a base di spirulina, una microalga che genera effetti cromatici inediti e costituisce un'alternativa più ecologica rispetto alle vernici tradizionali di origine sintetica. Vernici green, quindi, non solo per le loro componenti naturali ma anche per la resa cromatica che, a fronte di diversi quantitativi di microalghe, è stata declinata in diverse sfumature di verde. La microalga spirulina è prodotta sia per assorbire l'anidride carbonica emessa dai visitatori (purificando l'aria), sia per produrre fertilizzanti naturali destinati agli spazi verdi interni ed esterni. Vengono utilizzati nuovi materiali che un domani potranno essere riutilizzati ovunque in forme e con finalità differenti.

- *Facciata ventilata ricoperta da materiali naturali*: un espediente naturale per mitigare il clima e annullare la necessità di aria condizionata, oltre a fornire ombreggiamento e garantire un continuo ricambio d'aria.

- *Percorsi pedonali e ciclabili* realizzati con rivestimenti composti da materiali a base di bucce d'arancia, funghi e fondi di caffè.

- *Pompe di calore*. Gli edifici vengono alimentati da una pompa di calore. Grazie ad un compressore la pompa riesce ad assorbire l'energia termica presente in natura rendendola disponibile per il riscaldamento e l'acqua calda risparmiando sul combustibile e riducendo le emissioni di CO2 in atmosfera. Con una caldaia a gas metano, per una superficie di 100 mq la spesa del riscaldamento si attesta su 1138 euro all'anno. Con una pompa di calore, la spesa è di 514,5 euro all'anno, quindi si riduce del 45%. La pompa riesce ad estrarre il 60% del calore dall'esterno, facendolo circolare nuovamente all'interno dell'edifico per riscaldare gli ambienti interni.

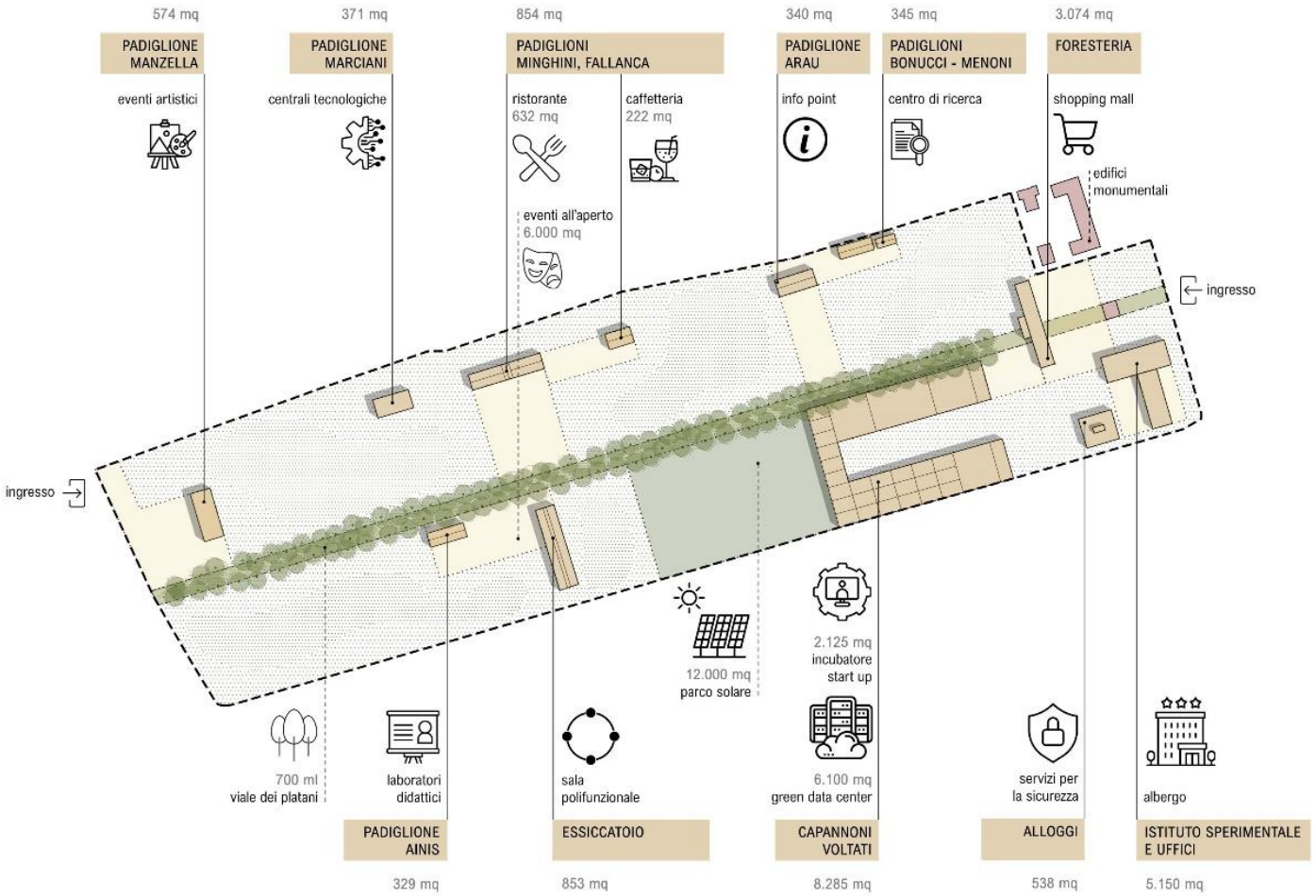
Alternativa di progetto B – Digital Innovation Park

L'obiettivo principale della strategia è quello di realizzare un modello integrato caratterizzato da un insieme di funzioni, di cui la principale, il Green Data Center, risulta una funzione innovativa di innesco della trasformazione, compatibile con la valorizzazione del complesso monumentale e dunque con la sua storia. Nella riqualificazione del complesso, cerniera e ponte tra la provincia di Napoli e quella di Salerno, la tecnologia diventa un fattore trainante dell'inclusione sociale nel quadro di un ecosistema della transizione digitale dell'Italia, sostenuta dalle risorse del Next Generation UE e dal PNRR.

Il progetto di rifunzionalizzazione del Real Polverificio Borbonico ha l'ambizione di istituire un hub sociale e di innovazione tecnologica nel campo culturale, capace di esaltare il sistema di valori culturali, ambientali e architettonici che caratterizzano l'intero contesto territoriale. Il recupero e la valorizzazione di questi importanti spazi consente di avere a disposizione dei luoghi in cui disporre una serie di attività per la ricerca e il turismo volte ad uno sviluppo altamente specializzato di queste aree decentrate rispetto al centro abitato di Scafati ma allo stesso tempo ubicate in un luogo strategico dal punto di vista della raggiungibilità e dei collegamenti.

L'obiettivo della rigenerazione del Parco del Polverificio è quello di ispirare gli interessati alla cultura, gli studenti, i bambini, i visitatori, i turisti e gli abitanti del luogo, con nuove intuizioni ed esperienze, nonché di rinvigorire l'ambiente urbano per preservare il patrimonio culturale, renderlo il più possibile accessibile a un vasto pubblico. La riqualificazione di questo sito industriale dismesso va a beneficio di un'intera comunità. I cittadini e i visitatori godono dei vantaggi di un centro artistico culturale che si autofinanzia con varie iniziative commerciali sul sito. Il complesso del Polverificio/Tabacchificio di Scafati viene convertito in un centro culturale e ricreativo con una serie di installazioni incentrate sulla ricerca e sull'industria creativa (figura 7.27, pag. successiva).

Figura 7.27 Masterplan Alternativa B – Digital Innovation Park



- Green Data Center e incubatore sociale

La struttura di maggior rilievo del progetto di riuso e che occupa una quota consistente della superficie coperta dei padiglioni del Parco del Polverificio, è il Green Data Center, ovvero una struttura che raggruppa tutte le apparecchiature e le tecnologie che sono necessarie al funzionamento del sistema informativo di un'azienda. Il Data Center progettato per questo sito ospiterà i dati relativi a quelle aziende operanti nel settore della cultura, quindi imprese culturali e creative. A tale scopo sono necessari spazi fisici per le apparecchiature tecnologiche che sono inserite all'interno dell'Edificio Centrale (1058 mq) e dei Capannoni voltati (8500 mq). All'interno dell'Edifico Centrale ci sono stanze dedicate al contenimento di computer aziendali, rete, storage, i servizi di alimentazione elettrica, i sistemi di raffreddamento, i servizi di sicurezza e altre apparecchiature che supportano le operazioni aziendali. Il Data Center mette le macchine a disposizione delle aziende clienti (secondo un procedimento chiamato hosting) concedendole in affitto e ricavandone dunque un certo profitto economico rilevante per la sua gestione e manutenzione. Al Data Center sono connessi una serie di servizi che vengono collocati nell'ex Monopoli di Stato, le centrali elettriche inserite nel

Il Data Center da realizzare nei padiglioni dell'ex Polverificio rappresenta una sintesi di buone pratiche che puntano a ridurre l'impronta ecologica, rendendola quanto più possibile ecosostenibile. Il Data Center del Polverificio è progettato per raggiungere la classificazione di Tier IV, cioé realizzato in modo tale da essere completamente fault-tolerant. Esiste, infatti, una valutazione riconosciuta a livello internazionale (standard TIA 942) realizzata dalla Telecommunications Industry Association. Il sistema di classificazione dei Data Center si basa su 4 livelli detti TIER e fornisce all'industria dei Data Center un metodo coerente e universalmente riconosciuto per poter confrontare le strutture in base a dei criteri unici come le prestazioni dell'infrastruttura del sito (intesa come ambiente generale del Data Center, non solo come sistema IT) ed il tempo di attività (traducibile anche più facilmente come concetto di "livello di servizio garantito"). Il quarto livello è il livello massimo della classificazione dei Data Center e sta ad indicare una continuità operativa garantita al 99,995% che, sempre tenendo come riferimento un arco temporale all'interno del quale possono esserci downtime o disservizi, significa ridurre il fermo del

Data Center a 0,4 ore all'anno, con 96 ore di protezione in caso di interruzione e massimo 26,3 minuti di interruzione annuale.

Per il data center si prevede una struttura ecosostenibile, in grado di automantenersi e ridurre l'impronta ecologica sul sistema urbano e sul territorio. La strategia di decarbonizzazione sostenibile per ridurre le emissioni e aumentare la propria efficienza energetica incorpora strumenti digitali per gestire le emissioni come sistemi di stoccaggio dell'energia a batterie (BESS), programmi di Demand Response (DR), accordi di acquisto di energia verde (PPA) e l'utilizzo di pannelli solari. Il Data Center viene riconosciuto come edifico Green perché viene ipotizzata una sua realizzazione in linea con la certificazione LEED e i principi di economia circolare. Molti dei principali attori nel settore dei data center hanno identificato nell'economia circolare – riutilizzo, riparazione e riciclo di server e apparecchiature elettriche – un modo per diventare sostenibili. L'economia circolare è considerata una delle sei leve che porteranno a data center a impatto zero entro il 2030, secondo il Climate Neutral Data Center Pact. La Commissione Europea ha emanato regolamenti di ecodesign per i data center che tengono conto degli aspetti di economia circolare, come misure per prolungare la vita utile dei server rendendoli più facili da ricondizionare e riutilizzare (Regolamento UE 2019/424 della Commissione del 15 marzo 2019 che stabilisce specifiche per la progettazione ecocompatibile di server e prodotti di archiviazione dati a norma della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio). Lo scopo è quello di raggiungere una struttura climaticamente neutra. Le misure adottate per la sua progettazione riguardano l'acquisto di energia al 100% carbon-free, fare del risparmio dell'acqua una priorità, riutilizzare e riparare i server e riciclare il calore generato dagli impianti. Gli impianti di raffreddamento saranno capaci di azzerare quasi del tutto le emissioni e generare surplus energetico, per l'autosufficienza e per il territorio circostante. Si prevede, inoltre, di utilizzare l'acqua del fiume Sarno che scorre accanto al lato sud del Polverificio e che, con la riattivazione del Canale Bottaro, lungo il lato opposto, potrà essere depurata e reimpiegata per il raffreddamento degli apparati e per la fitodepurazione. Il calore generato dal Data Center sarà invece reimpiegato per il riscaldamento del complesso e, se in surplus, per i quartieri limitrofi.

Il centro dati sarà economicamente autosufficiente grazie al sistema di affitto degli spazi di archiviazione alle aziende e agli spazi di lavoro in condivisione (postazioni di co-working)

che possono essere acquistati temporalmente. Gli spazi dei Capannoni Voltati fungono da incubatore di start-up, con postazioni di lavoro condivise, dedicato a migliorare l'inclusione sociale, fornendo uno spazio di lavoro comunitario attivo. Il sito, in questo modo, promuove un senso di comunità e incoraggia interazioni tra gli utenti che lo gestiscono come un hub produttivo comunitario per riunirsi, godere di esperienze condivise e farsi coinvolgere in progetti creativi, generando un sistema di relazioni e scambi di valori sinergici. L'obiettivo è quello di fornire un luogo d'incontro innovativo e aperto, dove l'economia sociale è la chiave.

I consumi elettrici del data center sono generalmente elevati, infatti vengono considerati edifici energivori. Per evitare il dispendio di energia per tale edificio, vengono pianificati sistemi di energia pulita e rinnovabile che riescano a gestire gli impatti sull'ambiente. Il modo per recuperare questo dispendio di energia elettrica è quello di installare un parco solare che può essere anche visitato da scolaresche e gruppi in modo da implementare la conoscenza degli usi delle energie rinnovabili e la loro utilità nel raggiungimento di obiettivi di sostenibilità ambientale, oltre che gli introiti finanziari del sito. Nel parco fotovoltaico sono raggruppati filari di pannelli solari che generano energia pulita per la transizione energetica green. I pannelli fotovoltaici monocristallini e policristallini sono disposti a terra, all'interno del parco verde, secondo una configurazione a file multiple che sfrutta al meglio la geometria del terreno e gli spazi.

Con l'applicazione dei sistemi CCHP (Combined Cooling, Heat and Power), che costituiscono ad oggi il modo più efficiente di utilizzare le fonti fossili, specialmente per la generazione distribuita di energia, il data center riduce significativamente le emissioni di CO2, dal 30% fino a un massimo del 100%, se si utilizzano combustibili da fonti rinnovabili. Il sistema CCHP assicura un risparmio più di 30% rispetto a una produzione separata di energia, oltre a un notevole beneficio in termini ambientali, traducibile in una sensibile diminuzione dell'immissione in atmosfera di gas nocivi come la CO2.

I Capannoni Voltati ospitano le strutture per la realizzazione dell'hub sociale che opera nel settore creativo e culturale, con particolare attenzione all'innovazione nel campo archeologico-museale:

- 180 postazioni co-working

- 60 postazioni di lavoro individuali
- 10 sale riunioni
- 10 sale formazione
- 1 open space lounge e coffee hour
- 30 incubatori di start-up (le aziende possono affittare laboratori per esercitare la propria attività)

- *Incubatore culturale*

La zona ovest del Parco del Polverificio Borbonico è organizzata per ospitare eventi legati all'innovazione digitale e tecnologica, della ricerca scientifica nel settore della cultura e del turismo con attività di divulgazione, conferenze, seminari nel campo dell'archeologia, con riferimenti al Parco degli scavi di Pompei. I padiglioni interessati sono Manzella, Bonucci-Menoni, Ainis, l'Essiccatoio che vengono riutilizzati con lo scopo di vivacizzare il dibattito culturale e sensibilizzare la comunità sui temi del riuso del patrimonio culturale e dello sviluppo urbano sostenibile. A tale scopo vengono organizzati laboratori per attività educative, mostre temporanee e permanenti, tour guidati alla scoperta dell'antica fabbrica.

- *Strutture turistico-ricettive*

All'interno del parco è possibile soggiornare nell'ex Istituto Sperimentale che nel progetto di riuso adattivo del Parco del Polverificio viene trasformato in struttura alberghiera. Il soggiorno nella struttura permette di vivacizzare il flusso turistico del territorio di Scafati, consentendo un prolungamento delle visite turistiche che vada oltre il parco Archeologico di Pompei. La struttura alberghiera è composta da un totale di 80 camere di dimensioni variabili (da 25 a 80 mq). Il Padiglione che originariamente ospitava gli Uffici viene riconvertito in una nuova ala per l'albergo, con l'inserimento di sale comuni, cucina, ristorazione, sala colazione, sala hobby, spa, palestra e lavanderia.

Aspetti di circolarità nel Progetto di riuso Digital Innovation Park:

Nel progetto di riuso adattivo del Parco del Polverificio Borbonico vengono utilizzate alcune soluzioni green:

- *Parco solare eco-friendly come propulsore di biodiversità*

Il piccolo parco solare non si presenta come un sistema mangia suolo ma diventa un hotspot di ripristino per gli impollinatori e la biodiversità. Occupa una metratura nel parco del Polverificio di 12.000 mq nella zona antistante i Capannoni Voltati comprendendo 20 impianti da 100kW. Ogni impianto occupa 600 mq. In 12.000 mq vengono installate 20 unità che producono 2000 kW. L'obiettivo del parco solare ecologico è quello di produrre energia pulita senza rubare terreno all'habitat naturale, catturare i fotoni gratuiti del sole per generare elettricità senza che ciò danneggi l'equilibrio dell'ecosistema. Una ricerca della Lancaster University, coordinata da Alona Armstrong, docente di Scienze ambientali al Lancaster Environment Center, sostiene che l'espansione del solare fotovoltaico su larga scala potrà salvaguardare l'ambiente ripopolando gli insetti impollinatori. È questa la tesi di un team di ingegneri ed ecologi che ha redatto delle linee guida universali per una gestione dei parchi solari sostenibile ed ecologica. Collocare i fiori e le api sotto i pannelli potrebbe far funzionare la superficie coperta dai pannelli come motore ecologico per recuperare gli ecosistemi in declino. La chiave è seminare grandi quantità di piante da fiore all'interno dei filari del parco, ricreare piccoli habitat naturali e ridurre i prodotti agrochimici impiegati. L'ombreggiamento offerto dai pannelli crea un microclima che favorisce l'abbondanza dei fiori e di conseguenza la salute dei loro impollinatori. Temperature più miti, irraggiamento solare meno aggressivo e minor quantità di pioggia estenderebbero infatti i tempi di fioritura, finendo per foraggiare gli insetti in misura maggiore.

- *Fitorisanamento dei suoli inquinanti da processi industriali*. L'industrializzazione ha determinato una continua ed elevata immissione di sostanze inquinanti (residui metabolici e non metabolici, materiale particellato, metalli pesanti, tensioattivi, fitofarmaci, pesticidi, antibiotici, oli etc.) nell' ambiente, andando ad impattare negativamente sulla qualità degli ecosistemi terrestri. Andando oltre le tradizionali tecniche di bonifica del suolo, l'uso di piante specifiche aiuta a pulire naturalmente il terreno e ad assorbire gli inquinanti attraverso le loro radici. Numerosi sono i vantaggi che si possono trarre dall'utilizzo di questa biotecnologia: costi di realizzazione e di gestione limitati; consumi energetici ridotti o nulli; ottimo inserimento paesaggistico; incremento della biodiversità locale; riutilizzo

delle biomasse di scarto per approvvigionamento di energia rinnovabile; semplicità gestionale; utilizzo per scopi didattici/ricreativi. Il fitorimedio è una tecnica che comporta costi molto più contenuti rispetto alle tecniche di bonifica convenzionali, presentando inoltre un elevato valore ecologico-estetico e un alto livello di accettabilità sociale. I suoi limiti principali sono rappresentati dal campo di applicazione ristretto agli ambienti in cui le piante possono effettivamente vivere e dai tempi di bonifica generalmente più lunghi rispetto a quelli richiesti dalle tecniche classiche. È quindi una tecnologia promettente perché caratterizzata da elevata sostenibilità ecologica ed economica.

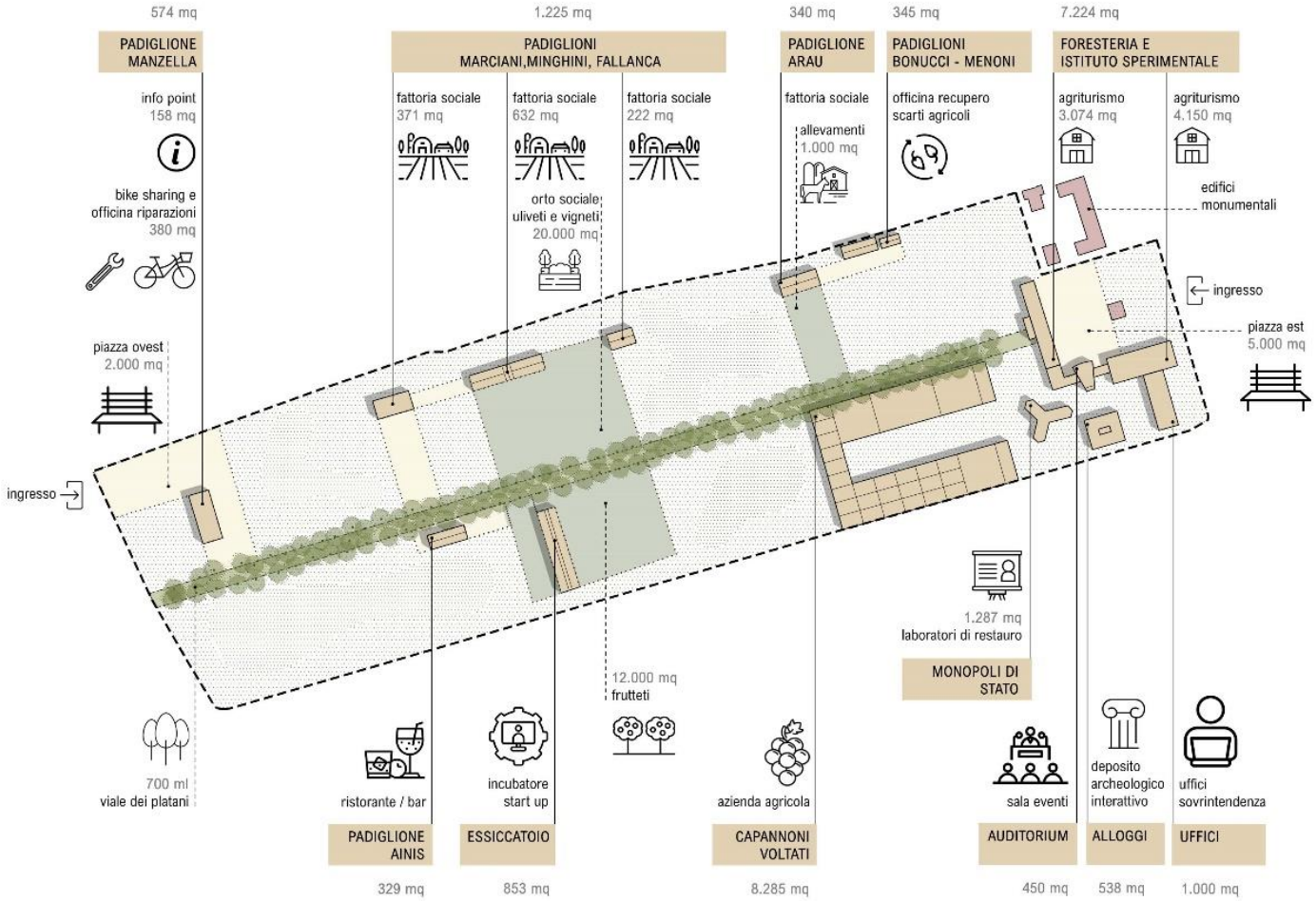
- *Edifici Green con Certificazione LEED*

- *Sistemi CCHP (Combined Cooling, Heat and Power)*

Alternativa di progetto C – Parco Archeo-Agricolo

Nella proposta di progetto del Parco archeo-agricolo, il sito industriale dismesso diventa promotore di attività agricole innovative del territorio circostante, fornitore e produttore di nuove tecnologie, di energia elettrica sostenibile, propulsore ecoturistico, sostenitore economico con commercializzazione di prodotti agricoli certificati. Il Parco viene gestito attraverso un partenariato pubblico-privato-sociale in cui la Sovrintendenza (proprietaria del suolo del Parco e delle strutture) co-gestisce il sito con associazioni del terzo settore, aziende o imprenditori privati, con lo scopo di promuovere e valorizzare le eccellenze del territorio instaurando un turismo archeo-agricolo sostenibile. Il recupero dei padiglioni del Polverificio e Tabacchificio mantiene delle funzioni in linea con l'originario uso delle strutture. L'ingresso al parco avviene da nord-ovest, dove all'interno del Padiglione Manzella (574 mq) è dislocato un info point esperienziale che raccoglie informazioni riguardanti il sito originario e la sua trasformazione in parco archeo-agricolo, mediante totem interattivi, proiezioni e pannelli informativi. Nell'info point vengono fornite le planimetrie del sito e delle diverse attività che è possibile effettuare. All'interno del padiglione vi è inoltre una sezione dedicata al noleggio delle biciclette che possono essere utilizzate nel parco o portate all'esterno, con annessa una officina di riparazione delle stesse che permette offerte lavorative sociali per disabili. Questo piccolo laboratorio non solo crea un'economia per il parco ma consente una abilitazione nel mondo lavorativo anche a gruppi sociali più vulnerabili, implementando i valori relazionali (figura 7.28, pag. successiva).

Figura 7.28 Masterplan Alternativa C – Parco Archeo-Agricolo



– *Azienda agricola e florovivaismo per la ricerca*

Il principale fulcro del sito è caratterizzato dall'azienda agricola, collocata all'interno dei Capannoni voltati e dell'Edificio centrale dell'ex Polverificio. L'azienda diventa un centro di produzione di prodotti di eccellenza recuperati dalle antiche produzioni pompeiane. In questo modo la comunità locale e i flussi turistici hanno modo di riscoprire le tradizioni antiche e i prodotti tipici del territorio sede archeologica di grande importanza. I prodotti che vengono messi a coltivazione sono: olivo pompeiano, frutteto con albicocche e vigneto. Le colture sono dislocate negli ettari del parco tra l'edifico dell'Essiccatoio e i Capannoni voltati e sono caratterizzate da agricoltura innovativa basata sul biologico o tecniche di coltura antica.

Benefici ambientali provengono dalla agricoltura circolare, ovvero dalla possibilità di recuperare le risorse sottratte al terreno ma ancora in circolo (i rifiuti, gli scarti) anziché importarle dall'esterno. Le risorse residue a disposizione sono gli scarti derivanti delle industrie agroalimentari, dai reflui civili e dal letame delle stalle, sostanze esclusivamente organiche derivanti dalle attività di trasformazione e consumo dei prodotti agricoli. Recuperare queste sostanze crea un'agricoltura sostenibile che non ha bisogno, se non in parte, di risorse esterne (fertilizzazione chimica), preserva la fertilità del terreno grazie ad una ricostruita biodiversità, e inoltre consente di trovare un corretto impiego per scarti e rifiuti organici. Restituire al terreno il suo ciclo naturale, ovvero ripristinare la fertilità dei terreni agricoli attraverso il recupero degli elementi nutritivi asportati dai raccolti e scartati nelle successive fasi di utilizzo ci ha resi autonomi da un punto di vista degli elementi nutritivi, riducendo l'inquinamento da nitrati e fosfati con effetti positivi sull'economicità del progetto. L'agricoltura circolare è un sistema agricolo in cui, grazie anche alla ricerca scientifica e alle innovazioni tecnologiche, gli scarti si riutilizzano e si rigenerano divenendo risorse. L'obiettivo, quindi, non è solo quello di ridurre sprechi e rifiuti ma di creare valore aggiunto per l'intera filiera. Il recupero dei nutrienti viene elaborato attraverso appositi macchinari disposti nei padiglioni Bonucci (243 mq) e Menoni (102 mq) che già anticamente erano delle officine.

L'azienda agricola dispone di cantine per l'imbottigliamento e la conservazione dei vini prodotti che possono essere visitate attraverso dei tour enogastronomici che coinvolgono

i cittadini e i turisti in un percorso all'interno del parco. I percorsi comprendono la visita alla filiera produttiva esplorando le vigne e le cantine con assaggi dei prodotti locali o degustazioni nei vigneti e nelle cantine oppure pranzi e cene all'interno della struttura di ristorazione inserita nell'ex padiglione Ainis (329 mq). Queste attività sono remunerative perché vengono organizzati dei tour o dei percorsi esperienziali attraverso dei pacchetti che possono essere acquistati ed hanno costi differenti a seconda del tipo di esperienza offerta.

Negli edifici voltati sono collocati laboratori di produzione e aule per la promozione di attività socio-culturali legate al settore agricolo. Nell'Edificio centrale sono disposti uffici e sale macchinari. Nei capannoni sono realizzate anche delle serre per il florovivaismo, che creano un percorso visitabile da scolaresche e gruppi turistici. Da queste colture di fiori e piante si ricavano profumi, essenze, erbe officinali che vengono confezionate e vendute all'interno della struttura. In queste attività vengono coinvolti anche gruppi più vulnerabili (disabili e autistici). Nell'essiccatoio dell'ex Tabacchificio vengono inseriti degli spazi che ospitano diverse start-up che si concentrano sulla ricerca florovivaistica che possono lavorare in campo proprio attraverso i semenzai rievocando l'antica vocazione del sito industriale e portandone alla luce la sua storia. Nei semenzai esterni, che ricalcano i segni degli antichi essiccatoi del tabacco, è possibile effettuare ricerca scientifica sul campo selezionando specie antiche del territorio o piante che aiutino nella lotta contro il cambiamento climatico. L'illuminazione delle coltivazioni dei semi avviene tramite l'utilizzo di lampade a LED retrofit per un'illuminazione Dark Sky Friendly, vale a dire un'illuminazione che riduce al minimo il bagliore e l'irradiazione della volta celeste, con lo scopo di diminuire l'inquinamento luminoso che provoca effetti negativi sulla flora, sulla fauna e sulla salute delle persone. La vendita al dettaglio di essenze, profumi e prodotti biologici derivanti dalle coltivazioni avviene all'interno del Padiglione Fallanca (222 mq).

- *Parco Agrisolare sui tetti degli edifici industriali*

I Capannoni voltati in cui è dislocato il corpo centrale dell'azienda agricola, sono sostenuti da tecnologie innovative per la produzione di energie rinnovabili che garantiscono la sua autosufficienza energetica. A questo scopo il Parco diventa anche un Parco Agrisolare che punta a sostenere gli investimenti nelle strutture produttive del settore agricolo,

zootecnico e agroindustriale che vengono installate nel Polverificio, escludendo totalmente il consumo di suolo. L'azienda agricola riesce in questo modo a cavalcare l'onda della sostenibilità, aumentare la resilienza e abbattere i consumi della propria utenza energetica, rendendosi più efficiente e competitiva. La tecnologia agrivoltaica, diversificando la produzione, integra quella agricola con quella energetica. Il Parco Agrisolare mira al raggiungimento di obiettivi di sostenibilità quali la "Rivoluzione verde e la transizione ecologica" attraverso la realizzazione di una economia circolare e agricoltura sostenibile. Il parco prevede la rimozione e lo smaltimento di materiali inquinanti dai tetti degli edifici industriali come l'eternit e la sostituzione di questi ultimi con tecnologie e materiali costruttivi più sostenibili mediante la costruzione di nuovi tetti isolati, con sistemi automatizzati di ventilazione e/o di raffreddamento e pannelli solari e sistemi di gestione intelligente dei flussi e/o migliorando coibentazione e areazione, anche al fine di contribuire al benessere degli animali. L'obiettivo è quello di promuovere l'installazione di pannelli fotovoltaici la cui energia elettrica prodotta sarà destinata a soddisfare il fabbisogno energetico della azienda agricola ed un eventuale, ove possibile, surplus di energia da cedere verso l'esterno o reinvestire in altri edifici del Parco dell'ex Polverificio. Questa energia, infatti, viene usata anche per installare colonnine di ricarica elettrica per la mobilità sostenibile e per le macchine agricole.

I Capannoni voltati hanno una superficie complessiva di 8.500 mq. L'azienda consuma mediamente 100.000 kWh/anno (stima consumi di una media impresa da analisi di mercato). La corrente elettrica costa 0,224 €/kWh (stima annua ENEL Energia). Il dimensionamento dell'impianto è stato eseguito per compensare la spesa media di corrente elettrica annua e per generare un surplus di energia. Sulle coperture vengono installati 700 mq di pannelli solari (ovvero circa 170 pannelli solari). 1 kW di pannelli occupa 7 mq. Al sud, per le condizioni metereologiche e climatiche si producono circa 1500 kWh per kW installato. Quindi, (1500 kWh x 100 kW installati) si ottengono dall'impianto fotovoltaico 150.000 kWh annui. Il costo dell'impianto fotovoltaico da 100kWp è di 110.000 €.

L'installazione dell'impianto fotovoltaico consente la riduzione di CO2. È possibile stimare la quantità di emissione di anidride carbonica e di altre sostanze inquinanti contribuenti all'innalzamento dell'effetto serra pari a 0,35 kg per ogni kWh prodotto mediante un

sistema a generazione fotovoltaica. Con un impianto di potenza nominale da 1 kWp (kW di picco), si può dire che la quantità di anidride carbonica non emessa in un anno è pari a 780 Kg per ogni chilowatt di picco installato. Quindi con l'impianto installato per il Parco (100kWp) si risparmiano 78.000 Kg di anidride carbonica in un anno.

- *Fattoria sociale*

Una fattoria sociale è un'impresa che svolge l'attività produttiva in modo integrato con l'offerta di servizi culturali, educativi, assistenziali, formativi e occupazionali a vantaggio di soggetti deboli o a rischio di marginalizzazione, e non solo, in collaborazione con istituzioni pubbliche e terzo settore, implementando percorsi di riabilitazione e inserimento lavorativo in grado di riconoscere dignità alle persone coinvolte. I principali tipi di attività sociali svolti sono formazione e inserimento lavorativo di persone socialmente marginali come disoccupati di lungo corso, minori in condizione di disagio, persone sottoposte a discriminazioni e pregiudizi; riabilitazione e cura, rivolta a persone con disabilità psico-fisica; attività ludico-ricreative rivolte a ragazzi e ad anziani ed adulti (orti sociali e orti urbani).

Questo progetto recupera i padiglioni Fallanca, Marciani, Minghini e Arau, inserendovi una struttura agricola in grado di offrire servizi di accoglienza, in particolare per le scolaresche o i gruppi vulnerabili, al fine di illustrare i processi produttivi, i metodi di produzione alimentare, la correlazione esistente tra la produzione agricola e la salvaguardia delle risorse naturali del territorio, valorizzare i prodotti tipici, evidenziare il lavoro dell'agricoltore e le iniziative che intraprende per produrre nel rispetto dell'ambiente. I servizi che vengono offerti sono quelli tipici di una fattoria, quindi, incentrati su tutte quelle attività legate agli animali e all'agricoltura. Tra i benefici della fattoria sociale vi è la sensibilizzazione sul tema della tutela dell'ambiente e sull'importanza di adottare comportamenti etici e sostenibili, imparare mestieri "antichi" e l'essenza del mondo rurale, conoscere e avvicinarsi alle materie prime di qualità.

La fattoria didattico-sociale si propone come un'azienda ecocompatibile perché adotta sistemi di produzione biologica e produzioni tipiche di qualità, dispone di un luogo di accoglienza coperto per la realizzazione delle attività didattiche, predispone percorsi didattici "attivi" sull'educazione ambientale, alimentare, al gusto e alla ruralità, realizzabili

in funzione dell'età dell'utente. Nella fattoria sociale vengono offerti servizi per le famiglie, le scolaresche, e gruppi vulnerabili della popolazione. Nelle fattorie vengono organizzate per gli alunni di tutte le età iniziative e attività che permettono di superare la tradizionale separazione tra obbiettivi cognitivi, comportamentali, sociali, affettivi, emotivi.

Il padiglione Marciani (371 mq) si propone come punto di vendita al dettaglio di essenze, profumi e prodotti officinali che vengono ottenuti tramite dei processi di lavorazione delle erbe e delle piante coltivate nei semenzai del parco. Il padiglione ospita una sezione di vendita relativa ai prodotti agricoli biologici coltivati in situ quali olio, vino e miele. L'acquisto di prodotti provenienti dalla produzione locale offre la possibilità di conoscerli direttamente, di ridurre l'inquinamento e lo spreco di energia derivanti dal trasporto, è occasione di risparmio, di consumo di prodotti di stagione e di conoscenza dei prodotti autoctoni.

Nel padiglione Minghini (632 mq) sono collocate aule e laboratori sensoriali, dove vengono proposte degustazioni guidate, merende, corsi di cucina per conoscere e imparare, attraverso l'esperienza diretta, a riconoscere i sapori autentici, ad apprezzare i segreti della trasformazione, della conservazione della frutta, della preparazione delle confetture, della produzione di miele, olio e vino. Nel sito si effettuano percorsi botanici e olfattivi alla scoperta e conoscenza delle varie essenze naturali e delle erbe, degustazioni guidate di prodotti salutari, laboratori alla scoperta di vecchie razze e varietà autoctone. Tra i laboratori proposti: semina, aratura e raccolta dei frutti di stagione, raccolta delle erbe spontanee, catalogazione e scoperta delle piante, riconoscimento dei semi, costruzione di giochi antichi, vendemmia, nutrire gli animali, corsi di fotografia naturalistica, etc.

Il padiglione Arau (371 mq) ospita delle strutture connesse alla conoscenza e alla scoperta degli animali da cortile, annettendovi delle stalle. Questo progetto si pone l'obiettivo di offrire un luogo in cui sperimentare la cura di animali, la coltivazione di terreni seminativi attraverso il frutteto e l'orto. I cicli della natura legati alla coltivazione dei campi e l'allevamento di animali da cortile danno vita a prodotti finiti con la collaborazione del settore ristorazione. La valenza sociale è integrata da un progetto di educazione alimentare, ortoterapia (tramite tecniche innovative come la permocultura) e la pet-therapy. Ci sono apiari (Padiglione Fallanca) che consentono una piccola produzione di miele locale poi venduto all'interno della struttura. Il prezzo di vendita del miele varia a

seconda della qualità e del tipo di mercato. Volendo fare una stima, si può affermare che in un'annata buona, una colonia di api è in grado di produrre circa 40 kg di miele che venduti al dettaglio fruttano dai 400 agli 800 euro. La struttura ospita 20 arnie (480.000 €). Le aree dedicate agli animali da cortile sono dislocate nelle adiacenze del padiglione e comprendono 1000mq di terreno.

– *Agriturismo*

L'ex foresteria e l'Istituto Sperimentale vengono riutilizzati per ospitare una struttura ricettiva in quanto la loro conformazione spaziale è predisposta a tale uso, senza la necessità di agire eccessivamente sulla struttura originaria ma intervenendo su di essa attraverso opere di consolidamento. L'inserimento di un agriturismo con camere per l'ospitalità dei visitatori consente di vivacizzare i flussi turistici del territorio ed evitare un turismo veloce di massa, legato esclusivamente all'esperienza del parco archeologico di Pompei. In questo modo i visitatori del parco hanno modo di sperimentare le eccellenze agricole del territorio e fare esperienza diretta di questi prodotti con tour gastronomici e attività esperienziali, restando sul territorio più a lungo. Le due strutture del Polverificio coprono una superficie totale di oltre 7.200 mq. Le camere in formula di mezza pensione o pensione completa sono dislocate nella struttura della Foresteria (3074 mq) mentre gli appartamenti in formula residence sono collocati all'interno dell'Istituto Sperimentale (4150 mq):

- 15 appartamenti 50 mq = 750 mq
- 20 appartamenti 85 mq = 1700 mq
- 20 camere 25 mq = 500 mq
- 35 camere 35 mq = 1225 mq
- 15 camere 55 mq = 825 mq

Totale camere superficie 2450mq + 2550mq = 5000 mq per un totale di 35 appartamenti nella Foresteria e 70 camere nell'Istituto Sperimentale. Nel secondo blocco, ovvero l'Istituto Sperimentale, vi sono una serie di spazi comuni come la hall, la sala comune, sale per la colazione e il ristoro, zona wifi, area lettura, area relax, lavanderia e altri servizi per gli ospiti connessi alla struttura (1600 mq).

I due blocchi multipiano affacciano su una piazza centrale verde che presenta essenze arboree storiche con vista a nord-est sul tempietto di Santa Barbara e le strutture del restaurato Real Polverificio Borbonico. Mentre nella visuale retrostante, quella verso ovest, le due strutture affacciano sul viale di platani settecentesco e sull'intero parco archeo-agricolo. La piazza centrale può essere la sede di eventi culturali aperti al pubblico e alla città e presenta una metratura di circa 5000 mq, di cui 2000mq pavimentati e liberi dalla vegetazione. Sul lato est è individuato il secondo accesso al sito, ovvero dalla parte delle strutture ricettive.

- *Deposito archeologico interattivo*

Il Parco agricolo mantiene una connessione forte col territorio archeologico in cui si inserisce, quello del Parco degli scavi di Pompei, non solo per il recupero di antiche piantagioni, essenze floreali e arboree, ma anche perché stringe forti legami con gli aspetti culturali del sito a cui rimanda attraverso il deposito archeologico interattivo. La ex Palazzina Alloggi del Polverificio che presenta un unico livello viene recuperata per inserirvi un deposito permanente dei resti archeologici mobili che derivano dal parco archeologico di Pompei. Tale struttura consente non solo di sgravare gli oneri di mantenimento dei reperti sia in termini di spazio che di mantenimento, ma consente anche una visione al pubblico. La Palazzina Alloggi viene quindi rifunzionalizzata come un museo/laboratorio di restauro che organizza percorsi di visita interattivi mediante l'uso di totem, proiettori e nuovi strumenti tecnologici a servizio delle strutture museali. Questa funzione è supportata dall'ex Monopoli di Stato che viene utilizzato proprio come deposito permanente organizzato con aule laboratoriali per la conservazione e il restauro dei reperti archeologici. Gli ex Uffici vengono recuperati per la loro funzione originaria e ospitano gli uffici della Sovrintendenza, mentre l'Auditorium (450 mq) viene restaurato per ospitare una sala eventi.

Aspetti di circolarità nel progetto di riuso del Parco Archeo-Agricolo:

Nel progetto di riuso adattivo vengono utilizzate tecniche su piccola scala per chiudere i cicli e consentire una performance sostenibile in grado di ridurre i flussi metabolici in

ingresso e in uscita e di garantire il raggiungimento di obiettivi di efficienza delle risorse. In particolare, sono state adottate le seguenti soluzioni:

- *Toilette a compost*: è una soluzione per la sostenibilità idrica che riduce il consumo di acqua attraverso le composting toilets. Vengono preferite ai sistemi tradizionali quando si cerca di ridurre il consumo di acqua, di minimizzare l'immissione di elementi eutrofizzanti o patogeni in ambienti sensibili oppure si vuole riutilizzare le deiezioni umane come fertilizzante. Le composting toilet sono particolari bagni che non utilizzano acqua e che trattano i rifiuti solidi umani attraverso processi di compostaggio e disidratazione, ottenendo un prodotto finale che può essere impiegato come ammendante organico in agricoltura. In questo modo è possibile evitare il consumo di acqua e utilizzare il compost come fertilizzante, dopo averne controllato la qualità. Questi sistemi non necessitano né di acqua né di prodotti chimici e non devono essere collegati al sistema fognario, riducendo lo smantellamento di suolo per gli allacciamenti alla rete pubblica. Alcuni sistemi utilizzano energia solare per accelerare i processi degradativi. È un sistema di toilette a secco che sfrutta il calore del sole e il vento per seccare i rifiuti organici particolarmente adatto per bagni pubblici esterni. Quindi, vengono inserite all'interno della superficie del parco.

- *Fitodepurazione*. Le acque reflue provenienti dai lavelli delle cucine del ristorante vengono depurate attraverso un sistema decentralizzato di filtrazione a elofite e reimmesse nel terreno. Le piante stesse nei filtri elofiti non danno il maggior contributo alla depurazione, questa avviene principalmente attraverso batteri che vivono nel suolo. Le piante forniscono un buon ambiente di vita per quei batteri che trasformano i prodotti di scarto dell'acqua in nutrienti per sé stessi e per le piante. In questo modo l'acqua viene depurata in modo naturale, senza la necessità di aggiungere sostanze. L'efficienza depurativa dei filtri elofiti è elevata mentre il consumo energetico è basso.

- *Reattori di struvite*: una tecnica per estrapolare nutrienti come il fosfato dall'urina. Combinando questi cristalli di fosfato con altri nutrienti locali è possibile generare fertilizzanti utilizzati per la produzione di cibo locale nella serra di ortaggi. Sfatare dogmi e tabù riguardanti i materiali di scarto umani è un passo fondamentale per avanzare nella transizione verso una società circolare. Tutta l'economia circolare parte, infatti, da un cambiamento nella visione dei rifiuti: l'idea che non esistano scarti ma semplicemente

surplus di materiali da reintrodurre all'interno del sistema, negli stessi o in altri processi produttivi. Uno studio francese (Valoriser l'azote et le phosphore des urines pour une meilleure sécurité écologique et alimentaire, Note rapide n° 858 Juillet 2020) prova a definire le problematiche infrastrutturali e culturali da superare per trasportare e convertire un prodotto di scarto presente in grandissime quantità nelle città, l'urina umana, in fertilizzante per le campagne. I fertilizzanti utilizzati in agricoltura comportano, oltre che impatti sul clima e sugli ambienti acquatici, una minaccia alla sicurezza di lungo termine dei sistemi alimentari. Un riciclaggio differenziato dell'urina, e una redistribuzione di questa verso le campagne può contribuire a rendere più sicura e sostenibile la produzione alimentare. Lo studio sostiene, inoltre, che utilizzando parte dell'urina come sostituto è possibile ridurre le emissioni di gas serra derivanti dalla produzione di fertilizzanti, riducendo inoltre l'energia necessaria per trattare le acque reflue e alleviando i livelli di inquinamento delle acque urbane.

- *Serra acquaponica*. All'interno dei padiglioni dedicati alla fattoria sociale vengono inserite delle serre acquaponiche. Un sistema acquaponico con pesci e piante è in grado di scomporre gli escrementi a base di azoto dei pesci, trasformandoli in sostanze nutritive e l'acqua viene purificata, creando una simbiosi naturale, producendo verdure ed erbe per il Ristorante e la Caffetteria.

- *Centro di recupero biciclette, laboratori dell'economia circolare.* Il concetto di upcycling è implementato nel progetto di riuso adattivo del Parco del Polverificio grazie al recupero e alla riparazione di biciclette che vengono noleggiate all'interno del Parco oppure portate dall'esterno dai cittadini per le riparazioni delle stesse.

- *Sistemi Cradle to Cradle*. I rifiuti non esistono. In natura, i rifiuti sono sempre fonte di qualcos'altro. Tutto fa parte di un ciclo in cui lo 'scarto' ha una funzione di alimento.

- *Pannelli solari.*

- *Lampade a LED retrofit per un'illuminazione ecologica.*

7.5 Gli indicatori di circolarità selezionati per il caso studio

Il cruscotto di indicatori di circolarità individuato nel Capitolo 6 (paragrafo 6.2), viene utilizzato per l'applicazione della metodologia di valutazione integrata (TOPSIS + AHP) al caso studio del Parco del Real Polverificio Borbonico di Scafati. Per tale applicazione viene effettuata una selezione degli indicatori, essenziale al fine dell'operatività del modello valutativo. Gli indicatori proposti, infatti, devono, di volta in volta, essere selezionati dal box completo per la valutazione degli impatti dei progetti di riuso del patrimonio industriale al seconda del caso oggetto di valutazione. Nel caso del Real Polverificio Borbonico, dovendo effettuare una valutazione ex-ante su alcuni progetti elaborati in una forma preliminare in collaborazione con la Sovrintendenza del Parco Archeologico di Pompei, non è possibile trovare il dato quantitativo e qualitativo di tutti gli indicatori facenti parte del cruscotto di partenza. Di questo quadro viene infatti fatta una cernita degli indicatori quantificabili, misurabili ed effettivamente più significativi per il caso oggetto di valutazione, tenendo conto degli obiettivi della valutazione, il target di riferimento e gli stakeholder coinvolti. La selezione viene effettuata tra gli indicatori mentre i criteri restano invariati e sono tutti presi in considerazione nella valutazione della circolarità dei progetti di riuso dell'ex Polverificio. Nella tabella 7.5 (pagg. 319-322) sono riportati gli indicatori selezionati per il caso applicativo. Nell'ultima colonna della tabella è descritto se il valore dell'indicatore debba essere massimizzato perché produce benefici o minimizzato per via degli impatti negativi e le esternalità che provoca sul patrimonio culturale e il suo contesto territoriale. Per ogni criterio è stato individuato almeno un indicatore per un totale complessivo di 30 indicatori, di cui 21 quantitativi e 9 qualitativi.

Tabella 7.5 Gli indicatori multidimensionali di circolarità per la valutazione degli scenari alternativi di riuso del Parco del Real Polverificio Borbonico.

Categorie	**Criteri di circolarità**	**Indicatori**	**Unità di misura**	**Tipologia**	***max/min***
Capitale Ecologico	Riduzione dell'impronta di carbonio	Livello dell'impronta di carbonio	Scala 1-5	Qualitativo	*max*
	Auto-sufficienza energetica	Percentuale di energia rinnovabile sulla produzione di energia lorda annua	%	Quantitativo	*max*
	Circolarità delle risorse idriche	Capacità di raccolta dell'acqua piovana da riutilizzare in loco	Mc/tonnellate/anno	Quantitativo	*max*
	Ecosistemi naturali e biodiversità	Percentuale di superficie verde sul totale edificato	%	Quantitativo	*max*
	Opere di bonifica	Superficie di suolo contaminato bonificata	mq	Quantitativo	*max*
	Uso del suolo	Percentuale di nuovo suolo edificato sul totale	%	Quantitativo	*min*
	Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici	Superficie di giardini condivisi, orti, frutteti urbani o oasi urbane di biodiversità	mq	Quantitativo	*max*
	Ciclo di vita circolare dei materiali	Quantità di rifiuti e materiali da costruzione e demolizione riutilizzati in sito	Tonnellate o mc	Quantitativo	*max*
Capitale Manufatto	Flessibilità e adattabilità dell'edificio industriale	Livello della flessibilità spaziale nell'uso dell'edificio industriale recuperato	Scala 1-5	Qualitativo	*max*

	Accessibilità	Percentuale di aree pedonali sul totale delle superfici di intervento	%	Quantitativo	*max*
	Reversibilità	Livello di reversibilità dell'azione conservativa	Scala 1-5	Qualitativo	*max*
	Spazi sani e confortevoli	Livello di comfort termico dell'edificio industriale recuperato	Scala 1-5	Qualitativo	*max*
	Stato di conservazione	Livello di mantenimento degli elementi tecnici e delle finiture esistenti nel riutilizzo del manufatto industriale	Scala 1-5	Qualitativo	*max*
	Recupero degli edifici industriali	Percentuale di edifici industriali in buono stato rifunzionalizzati	%	Quantitativo	*max*
Capitale Sociale	Comunità locale	Numero di artigiani e/o operai specializzati tradizionali impiegati nelle opere di riuso adattivo	n.	Quantitativo	*max*
	Qualità della vita	Percentuale di superfici dedicate alla socializzazione	%	Quantitativo	*max*
Capitale Culturale	Autenticità e integrità culturale	Livello di conservazione dell'autenticità e dell'integrità culturale del sito industriale	Scala 1-5	Qualitativo	*max*
	Valore intrinseco	Livello del valore del patrimonio costruito o del paesaggio storico urbano	Scala 1-5	Qualitativo	*max*
	Identità locale	Livello di attaccamento al luogo e identità locale	Scala 1-5	Qualitativo	*max*

	Pratiche tradizionali	Livello di inclusione di arti, artigianato tradizionale, attività di fabbricazione e attività di riparazione localizzate nel sito	Scala 1-5	Qualitativo	*max*
	Vitalità culturale	Superficie dedicata ad arte, artigianato, innovazione, cultura	mq	Quantitativo	*max*
		Superficie destinata ad ospitare attività didattiche/formative	mq	Quantitativo	*max*
Capitale Finanziario	Auto-sostenibilità finanziaria	Periodo di ritorno dell'investimento	n. di anni	Quantitativo	*min*
		Costi di investimento del riuso degli edifici industriali	€/mq	Quantitativo	*min*
	Sinergie e simbiosi commerciali	Numero di contratti di collaborazione e simbiosi, ad esempio attraverso modelli di filiere circolari e localizzazione di imprese complementari sul territorio	n.	Quantitativo	*max*
	Attrattività economica	Quantità di spazi destinati alla promozione di industrie culturali e creative	mq	Quantitativo	*max*
		Percentuale di funzioni turistico-ricettive sul totale delle nuove funzioni	%	Quantitativo	*max*

	Occupazione	Numero di posti di lavoro generati per 100.000 euro di investimento	n.	Quantitativo	*max*
	Modelli circolari di finanziamento	Percentuale di reinvestimento dei profitti in attività culturali sul totale dei profitti	%	Quantitativo	*max*
	Turismo culturale	Incidenza percentuale di ricavi da attività turistico/culturali nel sito recuperato	%	Quantitativo	*max*

7.6 L'attribuzione dei pesi ai criteri

Il metodo AHP viene utilizzato per rendere partecipativo e trasparente il processo valutativo offrendo la possibilità a diversi stakeholder di collaborare nel processo di valutazione ex-ante attraverso l'attribuzione del grado di importanza dei criteri con cui misurare la circolarità dei progetti di riuso del Parco del Real Polverificio Borbonico di Scafati. Al fine di coinvolgere la comunità locale nella decisione finale riguardante la scelta di una nuova vita e rifunzionalizzazione dell'area del Polverificio, sono stati elaborati dei questionari distribuiti alle associazioni locali, in rappresentanza della comunità, con lo scopo di ottenere, tramite i confronti a coppie del metodo AHP, una prioritizzazione dei criteri di valutazione. In questo modo si include nel processo valutativo il punto di vista di diversi attori interessati al progetto di riqualificazione, nonché i possibili futuri utenti, identificati nella comunità locale. I questionari anonimi sono stati distribuiti attraverso piattaforme social (Facebook, Instagram, etc.) o tramite mail sul territorio di Scafati/Pompei. Tali questionari sono stati realizzati tramite lo strumento Google Forms, strutturato in 7 sezioni così articolate (figura 7.29):

Figura 7.29 Questionario per l'attribuzione del grado di importanza ai criteri di valutazione.

Sezione 1: Breve introduzione e scopo dell'indagine, qualche parola sull'economia circolare per inquadrare le dimensioni della ricerca e aiutare gli investigati a comprenderne il concetto e i principi fondanti e, infine, una descrizione dei criteri di valutazione al fine di rendere chiari i criteri da valutare ai lettori.

Sezione 2: Confronti a coppie tra i macro-criteri, ovvero le categorie (Capitale Ecologico, Capitale Manufatto, Capitale Sociale, Capitale Culturale, Capitale Finanziario).

Sezione 3: Confronti a coppie tra i criteri della categoria Capitale Ecologico.

Sezione 4: Confronti a coppie tra i criteri della categoria Capitale Manufatto.

Sezione 5: Confronti a coppie tra i criteri della categoria Capitale Sociale.

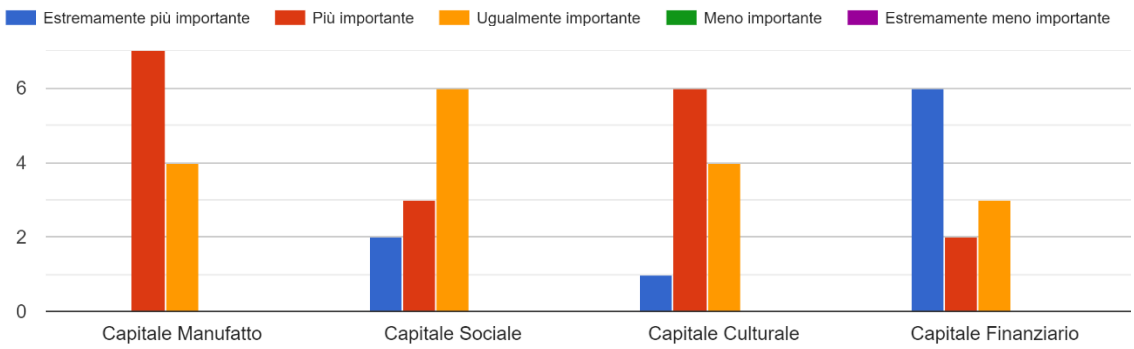
Sezione 6: Confronti a coppie tra i criteri della categoria Capitale Culturale.

Sezione 7: Confronti a coppie tra i criteri della categoria Capitale Finanziario.

Sono state raccolte 11 risposte dalla distribuzione del questionario alle associazioni presenti sul territorio di Scafati di cui si riportano i risultati della *Sezione 2*, ovvero quella relativa ai confronti a coppie tra i macro-criteri: Capitale Ecologico, Capitale Manufatto, Capitale Sociale, Capitale Culturale, Capitale Finanziario. Le risposte delle sezioni dei criteri (sezioni 3-7) sono state elaborate e riportate direttamente come pesi da attribuire ai vari criteri al fine di snellire il processo di calcolo.

Il grado di importanza del Capitale Ecologico rispetto agli altri macro-criteri è riportato in figura 7.30.

Figura 7.30 Grado di importanza del Capitale Ecologico rispetto agli altri macro-criteri.

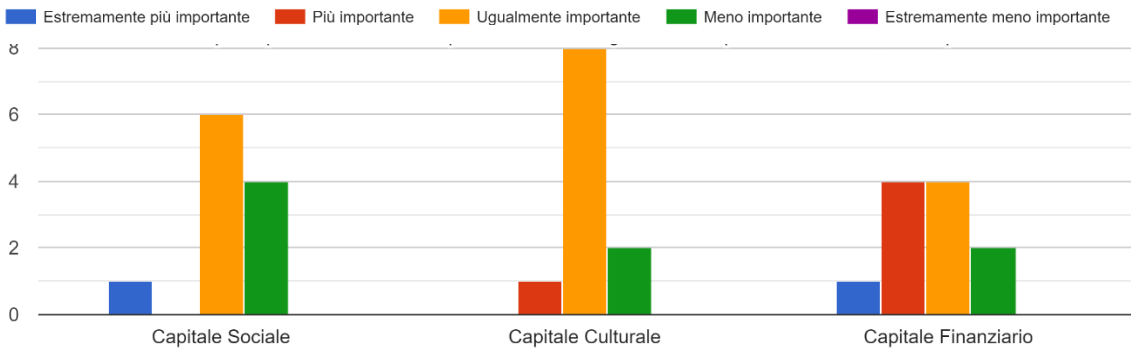


Il capitale ecologico risulta avere un'importanza nettamente maggiore del capitale finanziario (il 60% dei rispondenti lo ha ritenuto estremamente più importante), mentre è nella maggior parte delle risposte più importante di quello manufatto e culturale. Per

quanto riguarda gli aspetti sociali il capitale ecologico risulta essere allo stesso livello per la maggioranza dei rispondenti, anche se vi sono risposte che lo ritengono comunque più importante del capitale sociale. Nessun rispondente ritiene gli aspetti ecologici meno importanti di tutte le categorie sopra citate.

Il grado di importanza del Capitale Manufatto rispetto agli altri macro-criteri è riportato in figura 7.31.

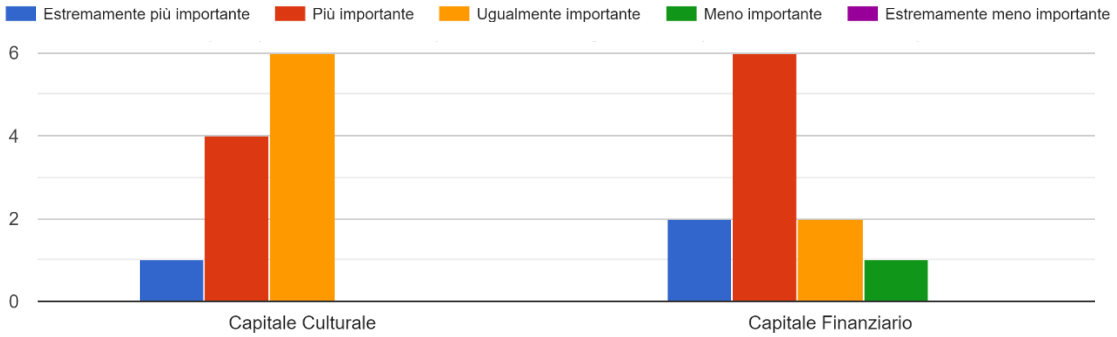
Figura 7.31 Grado di importanza del Capitale Manufatto rispetto agli altri macro-criteri.



Man mano che si analizzano i vari macro-criteri, i confronti diminuiscono di numero in quanto tramite l'AHP le matrici dei pesi vengono costruite grazie ai reciproci valori. Per questo nella figura 7.12 il Capitale Manufatto viene confrontato solo con tre macro-criteri e non quattro, in quanto il confronto con il Capitale Ecologico è stato già effettuato ed è possibile risalire al valore inverso. Dai confronti a coppie emerge che il Capitale Manufatto è ugualmente importante al Capitale Sociale e Culturale, con una piccola quota di rispondenti che lo ritengono meno importante. Rispetto al Capitale Finanziario invece le risposte sono eterogenee: in ugual percentuale il Capitale Manufatto è allo stesso livello o più importante, mentre alcuni intervistati lo ritengono meno importante e altri estremamente più importante.

Il grado di importanza del Capitale Manufatto rispetto agli altri macro-criteri è riportato in figura 7.32.

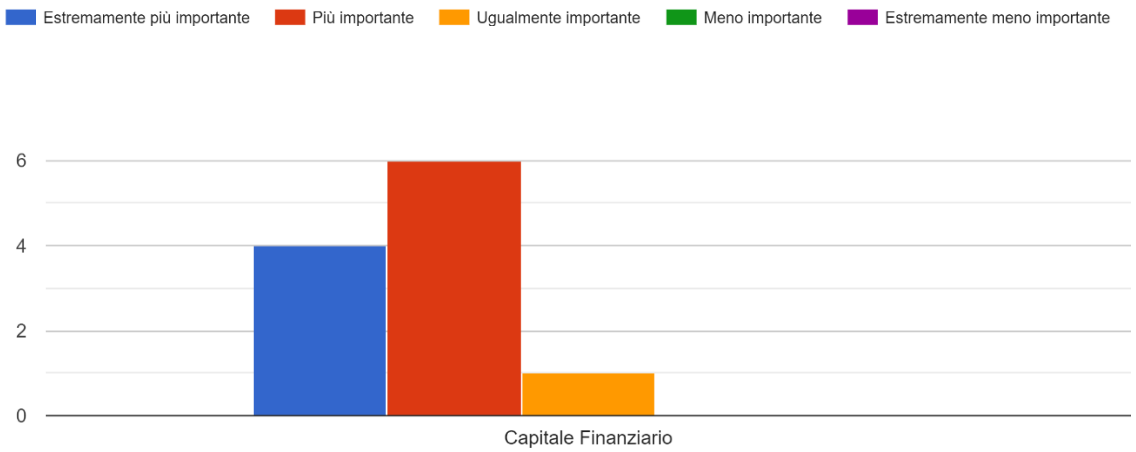
Figura 7.32 Grado di importanza del Capitale Sociale rispetto agli altri macro-criteri.



In questo confronto si evince che il Capitale Sociale per i più è ugualmente importante al Capitale Culturale, seguito dalla risposta "più importante". Una piccola quota di intervistati lo ritiene estremamente più importante. Rispetto al Capitale Finanziario, invece, il Capitale Sociale risulta, per la maggioranza, più importante, con alcuni intervistati che lo ritengono ugualmente o meno importante.

Il grado di importanza del Capitale Manufatto rispetto agli altri macro-criteri è riportato in figura 7.33.

Figura 7.33 Grado di importanza del Capitale Culturale rispetto al Capitale Finanziario.



Il Capitale Culturale viene infine confrontato solo con il Capitale Finanziario, in quanto dai precedenti confronti è possibile risalire ai valori reciproci. In questo caso il CC è più importante per 6 intervistati ed estremamente più importante per 4. Una associazione lo ha ritenuto ugualmente importante del capitale finanziario.

Il calcolo dei pesi da attribuire ai macro-criteri e ai criteri viene effettuato tramite il procedimento del metodo AHP. Le risposte ottenute dalle associazioni vengono trasformate in matrici per ottenere i pesi da attribuire ai macro-criteri e ai criteri al fine di variare l'importanza di questi ultimi nella valutazione delle alternative di progetto, in relazione ai desiderata della comunità. Il primo passaggio è, dunque, la costruzione delle matrici singole dei confronti a coppie che derivano dalle risposte che ciascun rispondente attribuisce ad ogni criterio tramite il questionario distribuito (tabella 7.6, pagg. 328-333).
La matrice si compone di *n* righe a seconda del numero di macro-criteri e criteri considerati, mentre nelle colonne sono indicati i giudizi (estremamente più importante, più importante, ugualmente importante, meno importante, estremamente meno importante). Nella matrice vengono riportati i valori numerici corrispondenti ai giudizi secondo la scala di Saaty così articolata:

5: un criterio è "estremamente più importante" dell'altro;

3: un criterio è "più importante" dell'altro;

1: i due criteri hanno un'importanza "uguale";

1/3: un criterio è "meno importante" dell'altro

1/5: un criterio è "estremamente meno importante" dell'altro.

Dopo aver ricostruito tutte le matrici delle singole risposte di ciascun intervistato, viene calcolata la media dei valori numerici dei confronti a coppie di tutte lep singole matrici (tabella 7.7, pagg. 334-335) in modo da ottenere un valore unico per ogni confronto a coppie e poi vengono costruite le matrici aggregate che corrispondo alla matrice dei macro-criteri e alle matrici dei singoli criteri - Capitale Ecologico, Capitale Manufatto, Capitale Sociale, Capitale Culturale e Capitale Finanziario, seguendo i passaggi computazionali del metodo AHP.

Tabella 7.6 Matrici singole dei confronti a coppie tra i macro-criteri e criteri.

Obiettivo generale: Circolarità del progetto di riuso adattivo						
	Estremamente più importante	**Più importante**	**Ugualmente importante**	**Meno importante**	**Estremamente meno importante**	
Capitale Ecologico		**X (esempio)**				Capitale Manufatto
Capitale Ecologico						Capitale Sociale
Capitale Ecologico						Capitale Culturale
Capitale Ecologico						Capitale Finanziario
Capitale Manufatto						Capitale Sociale
Capitale Manufatto						Capitale Culturale
Capitale Manufatto						Capitale Finanziario
Capitale Sociale						Capitale Culturale
Capitale Sociale						Capitale Finanziario
Capitale Culturale						Capitale Finanziario

Capitale Ecologico (CE)

	Estremamente più importante	Più importante	Ugualmente importante	Meno importante	Estremamente meno importante	
Design circolare						Accessibilità
Design circolare						Reversibilità
Design circolare						Spazi sani e confortevoli
Design circolare						Stato di conservazione
Design circolare						Design circolare
Design circolare						Recupero degli edifici industriali
Accessibilità						Reversibilità
Accessibilità						Spazi sani e confortevoli
Accessibilità						Stato di conservazione
Accessibilità						Design circolare
Accessibilità						Recupero degli edifici industriali
Reversibilità						Spazi sani e confortevoli
Reversibilità						Stato di conservazione
Reversibilità						Design circolare
Reversibilità						Recupero degli edifici industriali
Spazi sani e confortevoli						Stato di conservazione
Spazi sani e confortevoli						Design circolare
Spazi sani e confortevoli						Recupero degli edifici industriali
Stato di conservazione						Design circolare
Stato di conservazione						Recupero degli edifici industriali

Capitale Manufatto

	Estremamente più importante	Più importante	Ugualmente importante	Meno importante	Estremamente meno importante	
Riduzione dell'impronta di carbonio						Autosufficienza energetica
Riduzione dell'impronta di carbonio						Circolarità delle risorse idriche
Riduzione dell'impronta di carbonio						Ecosistemi naturali e biodiversità
Riduzione dell'impronta di carbonio						Opere di bonifica
Riduzione dell'impronta di carbonio						Uso del suolo
Riduzione dell'impronta di carbonio						Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
Riduzione dell'impronta di carbonio						Ciclo di vita circolare dei materiali
Autosufficienza energetica						Circolarità delle risorse idriche
Autosufficienza energetica						Ecosistemi naturali e biodiversità
Autosufficienza energetica						Opere di bonifica
Autosufficienza energetica						Uso del suolo
Autosufficienza energetica						Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
Autosufficienza energetica						Ciclo di vita circolare dei materiali

Circolarità delle risorse idriche						Ecosistemi naturali e biodiversità
Circolarità delle risorse idriche						Opere di bonifica
Circolarità delle risorse idriche						Uso del suolo
Circolarità delle risorse idriche						Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
Circolarità delle risorse idriche						Ciclo di vita circolare dei materiali
Ecosistemi naturali e biodiversità						Opere di bonifica
Ecosistemi naturali e biodiversità						Uso del suolo
Ecosistemi naturali e biodiversità						Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
Ecosistemi naturali e biodiversità						Ciclo di vita circolare dei materiali
Opere di bonifica						Uso del suolo
Opere di bonifica						Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
Opere di bonifica						Ciclo di vita circolare dei materiali
Uso del suolo						Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
Uso del suolo						Ciclo di vita circolare dei materiali
Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici						Ciclo di vita circolare dei materiali

Capitale Finanziario

	Estremamente più importante	Più importante	Ugualmente importante	Meno importante	Estremamente meno importante	
Autosostenibilità finanziaria						Sinergie e simbiosi commerciali
Autosostenibilità finanziaria						Attrattività economica
Autosostenibilità finanziaria						Occupazione
Autosostenibilità finanziaria						Modelli circolari per il finanziamento
Autosostenibilità finanziaria						Turismo culturale
Sinergie e simbiosi commerciali						Attrattività economica
Sinergie e simbiosi commerciali						Occupazione
Sinergie e simbiosi commerciali						Modelli circolari per il finanziamento
Sinergie e simbiosi commerciali						Turismo culturale
Attrattività economica						Occupazione
Attrattività economica						Modelli circolari per il finanziamento
Attrattività economica						Turismo culturale
Occupazione						Modelli circolari per il finanziamento
Occupazione						Turismo culturale
Modelli circolari per il finanziamento						Turismo culturale

Capitale Sociale

	Estremamente più importante	Più importante	Ugualmente importante	Meno importante	Estremamente meno importante	
Comunità locale						Qualità della vita

Capitale Culturale

	Estremamente più importante	Più importante	Ugualmente importante	Meno importante	Estremamente meno importante	
Autenticità e integrità culturale						Valore intrinseco
Autenticità e integrità culturale						Identità locale
Autenticità e integrità culturale						Pratiche tradizionali
Autenticità e integrità culturale						Vitalità culturale
Autenticità e integrità culturale						Produzione di capitale culturale e di conoscenza
Valore intrinseco						Identità locale
Valore intrinseco						Pratiche tradizionali
Valore intrinseco						Vitalità culturale
Valore intrinseco						Produzione di capitale culturale e di conoscenza
Pratiche tradizionali						Vitalità culturale
Pratiche tradizionali						Produzione di capitale culturale e di conoscenza
Vitalità culturale						Produzione di capitale culturale e di conoscenza

Tabella 7.7 Media dei valori numerici dei confronti a coppie tra i macro-criteri e i criteri.

Obiettivo generale: Circolarità del progetto di riuso adattivo		
Capitale Ecologico	2,27	Capitale Manufatto
Capitale Ecologico	2,27	Capitale Sociale
Capitale Ecologico	2,45	Capitale Culturale
Capitale Ecologico	3,55	Capitale Finanziario
Capitale Manufatto	1,12	Capitale Sociale
Capitale Manufatto	1,06	Capitale Culturale
Capitale Manufatto	1,97	Capitale Finanziario
Capitale Sociale	2,09	Capitale Culturale
Capitale Sociale	2,76	Capitale Finanziario
Capitale Culturale	3,55	Capitale Finanziario

Capitale Ecologico (CE)		
Riduzione dell'impronta di carbonio	1,85	Autosufficienza energetica
Riduzione dell'impronta di carbonio	1,00	Circolarità delle risorse idriche
Riduzione dell'impronta di carbonio	1,06	Ecosistemi naturali e biodiversità
Riduzione dell'impronta di carbonio	2,21	Opere di bonifica
Riduzione dell'impronta di carbonio	1,48	Uso del suolo
Riduzione dell'impronta di carbonio	1,12	Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
Riduzione dell'impronta di carbonio	1,67	Ciclo di vita circolare dei materiali
Autosufficienza energetica	1,30	Circolarità delle risorse idriche
Autosufficienza energetica	1,23	Ecosistemi naturali e biodiversità
Autosufficienza energetica	1,67	Opere di bonifica
Autosufficienza energetica	1,53	Uso del suolo
Autosufficienza energetica	1,06	Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
Autosufficienza energetica	1,85	Ciclo di vita circolare dei materiali
Circolarità delle risorse idriche	1,18	Ecosistemi naturali e biodiversità
Circolarità delle risorse idriche	1,73	Opere di bonifica
Circolarità delle risorse idriche	1,55	Uso del suolo
Circolarità delle risorse idriche	1,30	Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
Circolarità delle risorse idriche	1,55	Ciclo di vita circolare dei materiali
Ecosistemi naturali e biodiversità	1,85	Opere di bonifica
Ecosistemi naturali e biodiversità	2,03	Uso del suolo
Ecosistemi naturali e biodiversità	1,73	Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
Ecosistemi naturali e biodiversità	2,21	Ciclo di vita circolare dei materiali
Opere di bonifica	1,12	Uso del suolo
Opere di bonifica	1,24	Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
Opere di bonifica	1,23	Ciclo di vita circolare dei materiali

Uso del suolo	1,53	Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici
Uso del suolo	2,15	Ciclo di vita circolare dei materiali
Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici	2,45	Ciclo di vita circolare dei materiali

Capitale Manufatto (CM)		
Design circolare	1,18	Accessibilità
Design circolare	1,48	Reversibilità
Design circolare	1,24	Spazi sani e confortevoli
Design circolare	1,12	Stato di conservazione
Design circolare	1,06	Recupero degli edifici industriali
Accessibilità	2,76	Reversibilità
Accessibilità	2,09	Spazi sani e confortevoli
Accessibilità	1,67	Stato di conservazione
Accessibilità	1,79	Recupero degli edifici industriali
Reversibilità	1,42	Spazi sani e confortevoli
Reversibilità	1,24	Stato di conservazione
Reversibilità	1,12	Recupero degli edifici industriali
Spazi sani e confortevoli	2,39	Stato di conservazione
Spazi sani e confortevoli	1,84	Recupero degli edifici industriali
Stato di conservazione	1,12	Recupero degli edifici industriali

Capitale Sociale (CS)		
Comunità locale	1,36	Qualità della vita

Capitale Culturale (CC)		
Autenticità e integrità culturale	1,67	Valore intrinseco
Autenticità e integrità culturale	2,03	Pratiche tradizionali
Autenticità e integrità culturale	1,91	Vitalità culturale
Valore intrinseco	2,58	Pratiche tradizionali
Valore intrinseco	1,61	Vitalità culturale
Pratiche tradizionali	0,88	Vitalità culturale

Capitale Finanziario (CF)		
Autosostenibilità finanziaria	2,39	Sinergie e simbiosi commerciali
Autosostenibilità finanziaria	1,65	Attrattività economica
Autosostenibilità finanziaria	1,78	Occupazione
Autosostenibilità finanziaria	1,67	Modelli circolari per il finanziamento
Autosostenibilità finanziaria	2,33	Turismo circolare
Sinergie e simbiosi commerciali	1,04	Attrattività economica
Sinergie e simbiosi commerciali	1,11	Occupazione
Sinergie e simbiosi commerciali	1,30	Modelli circolari per il finanziamento

Sinergie e simbiosi commerciali	1,59	Turismo culturale
Attrattività economica	1,42	Occupazione
Attrattività economica	2,21	Modelli circolari per il finanziamento
Attrattività economica	2,03	Turismo culturale
Occupazione	1,73	Modelli circolari per il finanziamento
Occupazione	2,45	Turismo culturale
Modelli circolari per il finanziamento	2,15	Turismo culturale

Il calcolo delle matrici aggregate consente di ottenere, attraverso dei passaggi successivi del metodo AHP, il calcolo del valore corrispondente al peso del singolo macro-criterio e criterio. Questi passaggi vengono riportati per ogni Sezione del questionario, a partire dai macro-criteri (tabella 7.8), ovvero il primo livello della gerarchia dell'albero delle decisioni dell'AHP.

Tabella 7.8 Matrice aggregata dei confronti a coppie dei macro-criteri.

	CE	**CM**	**CS**	**CC**	**CF**
CE	1.00	2.27	2.27	2.45	3.55
CM	0.44	1.00	1.12	1.06	1.97
CS	0.44	0.89	1.00	2.09	2.76
CC	0.41	0.94	0.48	1.00	3.55
CF	0.28	0.51	0.36	0.28	1.00

Ottenuta la matrice aggregata si procede ad effettuare il calcolo della radice ennesima (in questo caso alla quinta, essendo una matrice 5x5) della moltiplicazione di tutti i valori per ciascuna riga che restituisce i vettori V_n:

$$\mathrm{CE} = \sqrt[5]{1{,}00 \; x \; 2{,}27 \; x \; 2{,}27 \; x \; 2{,}45 \; x \; 3{,}55} = \mathrm{V_{CE}} = 2{,}14$$

$$\mathrm{CM} = \sqrt[5]{0{,}44 \; x \; 1{,}00 \; x \; 1{,}12 \; x \; 1{,}06 \; x \; 1{,}97} = \mathrm{V_{CM}} = 1{,}01$$

$$\mathrm{CS} = \sqrt[5]{0{,}44 \; x \; 0{,}89 \; x \; 1{,}00 \; x \; 2{,}09 \; x \; 2{,}76} = \mathrm{V_{CS}} = 1{,}18$$

$$\mathrm{CC} = \sqrt[5]{0{,}41 \; x \; 0{,}94 \; x \; 0{,}48 \; x \; 1{,}00 \; x \; 3{,}55} = \mathrm{V_{CC}} = 0{,}92$$

$$\mathrm{CF} = \sqrt[5]{0{,}28 \; x \; 0{,}51 \; x \; 0{,}36 \; x \; 0{,}28 \; x \; 1{,}00} = \mathrm{V_{CF}} = 0{,}43$$

Si sommano a questo punto tutti i vettori trovati:

$$\mathrm{V_{CE}} + \mathrm{V_{CM}} + \mathrm{V_{CS}} + \mathrm{V_{CC}} + \mathrm{V_{CF}} = \mathrm{S} = 5{,}67$$

Per ottenere il peso del singolo macro-criterio si divide ogni Vettore per la Somma S appena individuata:

$$P_{CE} = \frac{V_{CE}}{S} = \frac{2,14}{5,67} = 0,38$$

$$P_{CM} = \frac{V_{CM}}{S} = \frac{1,01}{5,67} = 0,18$$

$$P_{CS} = \frac{V_{CS}}{S} = \frac{1,18}{5,67} = 0,21$$

$$P_{CC} = \frac{V_{CC}}{S} = \frac{0,92}{5,67} = 0,16$$

$$P_{CF} = \frac{V_{CF}}{S} = \frac{0,43}{5,67} = 0,08$$

La somma di tutti i pesi è equivalente a 1,00. Si procede a questo punto ad elaborare il calcolo dei pesi di ciascun criterio appartenente ai singoli macro-criteri, a partire dal Capitale Ecologico. Si calcola dunque la matrice aggregata dei confronti a coppie dei criteri del Capitale Ecologico (tabella 7.9).

Tabella 7.9 Matrice aggregata dei confronti a coppie dei criteri del Capitale Ecologico (CE).

	CE.1	**CE.2**	**CE.3**	**CE.4**	**CE.5**	**CE.6**	**CE.7**	**CE.8**
CE.1	1.00	1.85	1.00	1.06	2.21	1.48	1.12	1.67
CE.2	0.54	1.00	1.30	1.23	1.67	1.53	1.06	1.85
CE.3	1.00	0.77	1.00	1.18	1.73	1.55	1.30	1.55
CE.4	0.94	0.81	0.85	1.00	1.85	2.03	1.73	2.21
CE.5	0.45	0.60	0.58	0.54	1.00	1.12	1.24	1.23
CE.6	0.68	0.65	0.65	0.49	0.89	1.00	1.53	2.15
CE.7	0.89	0.94	0.77	0.58	0.81	0.65	1.00	2.45
CE.8	0.60	0.54	1.12	0.45	0.81	0.47	0.41	1.00

Essendo:

CE.1: Riduzione dell'impronta di carbonio

CE.2: Auto-sufficienza energetica

CE.3: Circolarità delle risorse idriche

CE.4: Ecosistemi naturali e biodiversità

CE.5: Opere di bonifica

CE.6: Uso del suolo

CE.7: Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici

CE.8: Ciclo di vita circolare dei materiali C&D

Ottenuta la matrice aggregata si procede ad effettuare il calcolo della radice ennesima (in questo caso alla ottava, essendo una matrice 8x8) della moltiplicazione di tutti i valori per ciascuna riga che restituisce i vettori *V*:

$$CE.1 = \sqrt[8]{1{,}00\ x\ 1{,}85\ x\ 1{,}00\ x\ 1{,}06\ x\ 2{,}21\ x\ 1{,}48\ x\ 1{,}12\ x\ 1{,}67} = V_{CE.1} = 1{,}36$$

$$CE.2 = \sqrt[8]{0{,}54\ x\ 1{,}00\ x\ 1{,}30\ x\ 1{,}23\ x\ 1{,}67\ x\ 1{,}53\ x\ 1{,}06\ x\ 1{,}85} = V_{CE.2} = 1{,}20$$

$$CE.3 = \sqrt[8]{1{,}00\ x\ 0{,}77\ x\ 1{,}00\ x\ 1{,}18\ x\ 1{,}73\ x\ 1{,}55\ x\ 1{,}30\ x1{,}55} = V_{CE.3} = 1{,}22$$

$$CE.4 = \sqrt[8]{0{,}94\ x\ 0{,}81\ x\ 0{,}85\ x\ 1{,}00\ x\ 1{,}85\ x\ 2{,}03\ x\ 1{,}73\ x\ 2{,}21} = V_{CE.4} = 1{,}32$$

$$CE.5 = \sqrt[8]{0{,}45\ x\ 0{,}60\ x\ 0{,}58\ x\ 0{,}54\ x\ 1{,}00\ x\ 1{,}12\ x\ 1{,}24\ x\ 1{,}23} = V_{CE.5} = 0{,}79$$

$$CE.6 = \sqrt[8]{0{,}68\ x\ 0{,}65\ x\ 0{,}65\ x\ 0{,}49\ x\ 0{,}89\ x\ 1{,}00\ x\ 1{,}53\ x\ 2{,}15} = V_{CE.6} = 0{,}90$$

$$CE.7 = \sqrt[8]{0{,}89\ x\ 0{,}94\ x\ 0{,}77\ x\ 0{,}58\ x\ 0{,}81\ x\ 0{,}65\ x\ 1{,}00x\ 2{,}45} = V_{CE.7} = 0{,}91$$

$$CE.8 = \sqrt[8]{0{,}60\ x\ 0{,}54\ x\ 1{,}12\ x\ 0{,}45\ x\ 0{,}81\ x\ 0{,}47\ x\ 0{,}41\ x\ 1{,}00} = V_{CE.8} = 0{,}63$$

Si sommano a questo punto tutti i vettori trovati:

$$V_{CE.1} + V_{CE.2} + V_{CE.3} + V_{CE.4} + V_{CE.5} + V_{CE.6} + V_{CE.7} + V_{CE.8} = S = 8{,}33$$

Per ottenere il vettore peso del singolo macro-criterio si divide ogni Vettore per la Somma S appena individuata:

$$VP_{CE.1} = \frac{V_{CE.1}}{S} = \frac{1{,}36}{8{,}33} = 0{,}16$$

$$VP_{CE.2} = \frac{V_{CE.2}}{S} = \frac{1{,}20}{8{,}33} = 0{,}14$$

$$VP_{CE.3} = \frac{V_{CE.3}}{S} = \frac{1{,}22}{8{,}33} = 0{,}15$$

$$VP_{CE.4} = \frac{V_{CE.4}}{S} = \frac{1{,}32}{8{,}33} = 0{,}16$$

$$VP_{CE.5} = \frac{V_{CE.5}}{S} = \frac{0{,}79}{8{,}33} = 0{,}09$$

$$VP_{CE.6} = \frac{V_{CE.6}}{S} = \frac{0{,}90}{8{,}33} = 0{,}11$$

$$VP_{CE.7} = \frac{V_{CE.7}}{S} = \frac{0{,}91}{8{,}33} = 0{,}11$$

$$VP_{CE.8} = \frac{V_{CE.8}}{S} = \frac{0,63}{8,33} = 0,08$$

La somma di tutti i pesi è equivalente a 1,00. Per ottenere il peso di ogni singolo criterio, in questo caso, facendo parte della categoria del macro-criterio Capitale Ecologico che ha un suo peso, tutti i pesi trovati vanno moltiplicati per il peso del CE = 0,38.

$$\mathbf{P_{CE.1}} = VP_{CE.1} \text{ x } P_{CE} = 0,16 \text{ x } 0,38 = 0,062$$

$$\mathbf{P_{CE.2}} = VP_{CE.2} \text{ x } P_{CE} = 0,14 \text{ x } 0,38 = 0,055$$

$$\mathbf{P_{CE.3}} = VP_{CE.3} \text{ x } P_{CE} = 0,15 \text{ x } 0,38 = 0,056$$

$$\mathbf{P_{CE.4}} = VP_{CE.4} \text{ x } P_{CE} = 0,16 \text{ x } 0,38 = 0,060$$

$$\mathbf{P_{CE.5}} = VP_{CE.5} \text{ x } P_{CE} = 0,09 \text{ x } 0,38 = 0,036$$

$$\mathbf{P_{CE.6}} = VP_{CE.6} \text{ x } P_{CE} = 0,11 \text{ x } 0,38 = 0,041$$

$$\mathbf{P_{CE.7}} = VP_{CE.7} \text{ x } P_{CE} = 0,11 \text{ x } 0,38 = 0,042$$

$$\mathbf{P_{CE.8}} = VP_{CE.8} \text{ x } P_{CE} = 0,08 \text{ x } 0,38 = 0,029$$

La somma di tutti i pesi è equivalente a 0,38 come il peso del Capitale Ecologico. Si procede a questo punto ad elaborare il calcolo dei pesi di ciascun criterio appartenente al macro-criterio del Capitale Manufatto. Si calcola dunque la matrice aggregata dei confronti a coppie dei criteri del Capitale Manufatto (tabella 7.10).

Tabella 7.10 Matrice aggregata dei confronti a coppie dei criteri del Capitale Manufatto (CM).

	CM.9	**CM.10**	**CM.11**	**CM.12**	**CM.13**	**CM.14**
CM.9	1.00	1.18	1.48	1.24	1.12	1.06
CM.10	0.85	1.00	2.76	2.09	1.67	1.79
CM.11	0.68	0.36	1.00	1.42	1.24	1.12
CM.12	0.81	0.48	0.70	1.00	2.39	1.84
CM.13	0.89	0.60	0.81	0.42	1.00	1.12
CM.14	0.94	0.56	0.89	0.54	0.89	1.00

Essendo:

CM.9: Design circolare

CM.10: Accessibilità

CM.11: Reversibilità

CM.12: Spazi sani e confortevoli

CM.13: Stato di conservazione

CM.14: Recupero degli edifici industriali

Ottenuta la matrice aggregata si procede ad effettuare il calcolo della radice ennesima (in questo caso alla sesta, essendo una matrice 6x6) della moltiplicazione di tutti i valori per ciascuna riga che restituisce i vettori *V*:

$$\text{CM.9} = \sqrt[6]{1{,}00\ x\ 1{,}18\ x\ 1{,}48\ x\ 1{,}24\ x\ 1{,}12\ x\ 1{,}06} = \text{V}_{\text{CM.9}} = 1{,}17$$

$$\text{CM.10} = \sqrt[6]{0{,}85\ x\ 1{,}00\ x\ 2{,}76\ x\ 2{,}09\ x\ 1{,}67\ x\ 1{,}79} = \text{V}_{\text{CM.10}} = 1{,}56$$

$$\text{CM.11} = \sqrt[6]{0{,}68\ x\ 0{,}36\ x\ 1{,}00\ x\ 1{,}42\ x\ 1{,}24\ x\ 1{,}12} = \text{V}_{\text{CM.11}} = 0{,}89$$

$$\text{CM.12} = \sqrt[6]{0{,}81\ x\ 0{,}48\ x\ 0{,}70\ x\ 1{,}00\ x\ 2{,}39\ x\ 1{,}84} = \text{V}_{\text{CM.12}} = 1{,}03$$

$$\text{CM.13} = \sqrt[6]{0{,}89\ x\ 0{,}60\ x\ 0{,}81\ x\ 0{,}42\ x\ 1{,}00\ x\ 1{,}12} = \text{V}_{\text{CM.13}} = 0{,}77$$

$$\text{CM.14} = \sqrt[6]{0{,}94\ x\ 0{,}56\ x\ 0{,}89\ x\ 0{,}54\ x\ 0{,}89\ x\ 1{,}00} = \text{V}_{\text{CM.14}} = 0{,}78$$

Si sommano a questo punto tutti i vettori trovati:

$$\text{V}_{\text{CM.9}} + \text{V}_{\text{CM.10}} + \text{V}_{\text{CM.11}} + \text{V}_{\text{CM.12}} + \text{V}_{\text{CM.13}} + \text{V}_{\text{CM.14}} = \text{S} = 6{,}20$$

Per ottenere il vettore peso del singolo macro-criterio si divide ogni Vettore per la Somma S appena individuata:

$$\text{VP}_{\text{CM.9}} = \frac{V_{CM.9}}{S} = \frac{1{,}17}{6{,}20} = 0{,}19$$

$$\text{VP}_{\text{CM.10}} = \frac{V_{CM.10}}{S} = \frac{1{,}56}{6{,}20} = 0{,}25$$

$$\text{VP}_{\text{CM.11}} = \frac{V_{CM.11}}{S} = \frac{0{,}89}{6{,}20} = 0{,}14$$

$$\text{VP}_{\text{CM.12}} = \frac{V_{CM.12}}{S} = \frac{1{,}03}{6{,}20} = 0{,}17$$

$$\text{VP}_{\text{CM.13}} = \frac{V_{CM.13}}{S} = \frac{0{,}77}{6{,}20} = 0{,}12$$

$$\text{VP}_{\text{CM.14}} = \frac{V_{CM.14}}{S} = \frac{0{,}78}{6{,}20} = 0{,}13$$

La somma di tutti i pesi è equivalente a 1,00. Per ottenere il peso di ogni singolo criterio, in questo caso, facendo parte della categoria del macro-criterio Capitale Manufatto che ha un suo peso, tutti i pesi trovati vanno moltiplicati per il peso del CM = 0,18.

$\mathbf{P_{CM.9}} = VP_{CM.9}\ x\ P_{CM} = 0{,}19\ x\ 0{,}18 = 0{,}034$

$\mathbf{P_{CM.10}} = VP_{CM.10}\ x\ P_{CM} = 0{,}25\ x\ 0{,}18 = 0{,}045$

$\mathbf{P_{CM.11}} = VP_{CM.11}\ x\ P_{CM} = 0{,}14\ x\ 0{,}18 = 0{,}026$

$\mathbf{P_{CM12}} = VP_{CM.12}\ x\ P_{CM} = 0{,}17\ x\ 0{,}18 = 0{,}030$

$\mathbf{P_{CM.13}} = VP_{CM.13}\ x\ P_{CM} = 0{,}12\ x\ 0{,}18 = 0{,}022$

$\mathbf{P_{CM.14}} = VP_{CM.14}\ x\ P_{CM} = 0{,}13\ x\ 0{,}18 = 0{,}023$

La somma di tutti i pesi è equivalente a 0,18 come il peso del Capitale Manufatto. Si procede a questo punto ad elaborare il calcolo dei pesi di ciascun criterio appartenente al macro-criterio del Capitale Sociale. Si calcola dunque la matrice aggregata dei confronti a coppie dei criteri del Capitale Sociale (tabella 7.11).

Tabella 7.11 Matrice aggregata dei confronti a coppie dei criteri del Capitale Sociale (CS).

	CS.15	**CS.16**
CS.15	1.00	1.36
CS.16	0.74	1.00

Essendo:

CS.15: Comunità locale

CS.16: Qualità della vita

Ottenuta la matrice aggregata si procede ad effettuare il calcolo della radice ennesima (in questo caso alla seconda, essendo una matrice 2x2) della moltiplicazione di tutti i valori per ciascuna riga che restituisce i vettori *V*:

$CS.15 = \sqrt[2]{1{,}00\ x\ 1{,}36} = V_{CS.15} = 1{,}17$

$CS.16 = \sqrt[2]{0{,}74\ x\ 1{,}00} = V_{CS.16} = 0{,}86$

Si sommano a questo punto tutti i vettori trovati:

$V_{CS.15} + V_{CS.16} = S = 2{,}02$

Per ottenere il vettore peso del singolo macro-criterio si divide ogni Vettore per la Somma S appena individuata:

$VP_{CS.15} = \frac{V_{CS.15}}{S} = \frac{1{,}17}{2{,}02} = 0{,}58$

$$VP_{CS.16} = \frac{V_{CS.16}}{S} = \frac{0,86}{2,02} = 0,42$$

La somma di tutti i pesi è equivalente a 1,00. Per ottenere il peso di ogni singolo criterio, in questo caso, facendo parte della categoria del macro-criterio Capitale Sociale che ha un suo peso, tutti i pesi trovati vanno moltiplicati per il peso del CS = 0,21.

$$P_{CS.15} = VP_{CS.15} \text{ x } P_{CS} = 0,58 \text{ x } 0,21 = 0,121$$

$$P_{CS.16} = VP_{CS.16} \text{ x } P_{CS} = 0,42 \text{ x } 0,21 = 0,089$$

La somma di tutti i pesi è equivalente a 0,21 come il peso del Capitale Sociale. Si procede a questo punto ad elaborare il calcolo dei pesi di ciascun criterio appartenente al macro-criterio del Capitale Culturale. Si calcola dunque la matrice aggregata dei confronti a coppie dei criteri del CC (tabella 7.12).

Tabella 7.12 Matrice aggregata dei confronti a coppie dei criteri del Capitale Culturale (CC).

	CC.17	**CC.18**	**CC.19**	**CC.20**
CC.17	1.00	1.67	2.03	1.91
CC.18	0.60	1.00	2.58	1.61
CC.19	0.49	0.39	1.00	0.88
CC.20	0.52	0.62	1.14	1.00

Essendo:

CC.17: Autenticità e integrità culturale

CC.18: Valore intrinseco

CC.19: Pratiche tradizionali

CC.20: Vitalità culturale

Ottenuta la matrice aggregata si procede ad effettuare il calcolo della radice ennesima (in questo caso alla quarta, essendo una matrice 4x4) della moltiplicazione di tutti i valori per ciascuna riga che restituisce i vettori *V*:

$$CC.17 = \sqrt[4]{1,00 \; x \; 1,67 \; x \; 2,03 \; x \; 1,91} = V_{CC.17} = 1,60$$

$$CC.18 = \sqrt[4]{0,60 \; x \; 1,00 \; x \; 2,58 \; x \; 1,61} = V_{CC.18} = 1,26$$

$$CC.19 = \sqrt[4]{0,49 \; x \; 0,39 \; x \; 1,00 \; x \; 0,88} = V_{CC.19} = 0,64$$

$$CC.20 = \sqrt[4]{0,52 \; x \; 0,62 \; x \; 1,14 \; x \; 1,00} = V_{CC.20} = 0,78$$

Si sommano a questo punto tutti i vettori trovati:

$$V_{CC.17} + V_{CC.18} + V_{CC.19} + V_{CC.20} = S = 4{,}27$$

Per ottenere il vettore peso del singolo macro-criterio si divide ogni Vettore per la Somma S appena individuata:

$$VP_{CC.17} = \frac{V_{CC.17}}{S} = \frac{1{,}60}{4{,}27} = 0{,}37$$

$$VP_{CC.18} = \frac{V_{CC.18}}{S} = \frac{1{,}26}{4{,}27} = 0{,}29$$

$$VP_{CC.19} = \frac{V_{CC.19}}{S} = \frac{0{,}64}{4{,}27} = 0{,}15$$

$$VP_{CC.20} = \frac{V_{CC.20}}{S} = \frac{0{,}78}{4{,}27} = 0{,}18$$

La somma di tutti i pesi è equivalente a 1,00. Per ottenere il peso di ogni singolo criterio, in questo caso, facendo parte della categoria del macro-criterio Capitale Culturale che ha un suo peso, tutti i pesi trovati vanno moltiplicati per il peso del CC = 0,16.

$$\mathbf{P_{CC.17}} = VP_{CC.17} \text{ x } P_{CC} = 0{,}37 \text{ x } 0{,}16 = 0{,}060$$

$$\mathbf{P_{CC.18}} = VP_{CC.18} \text{ x } P_{CC} = 0{,}29 \text{ x } 0{,}16 = 0{,}047$$

$$\mathbf{P_{CC.19}} = VP_{CC.19} \text{ x } P_{CC} = 0{,}15 \text{ x } 0{,}16 = 0{,}024$$

$$\mathbf{P_{CC.20}} = VP_{CC.20} \text{ x } P_{CC} = 0{,}18 \text{ x } 0{,}16 = 0{,}029$$

La somma di tutti i pesi è equivalente a 0,16 come il peso del Capitale Culturale. Si procede a questo punto ad elaborare il calcolo dei pesi di ciascun criterio appartenente all'ultimo macro-criterio, il Capitale Finanziario. Si calcola dunque la matrice aggregata dei confronti a coppie dei criteri del CF (tabella 7.13).

Tabella 7.13 Matrice aggregata dei confronti a coppie dei criteri del Capitale Culturale (CC).

	CF.21	**CF.22**	**CF.23**	**CF.24**	**CF.25**	**CF.26**
CF.21	1.00	2.39	1.65	1.78	1.67	2.33
CF.22	0.42	1.00	1.04	1.11	1.30	1.59
CF.23	0.61	0.96	1.00	1.42	2.21	2.03
CF.24	0.56	0.90	0.70	1.00	1.73	2.45
CF.25	0.60	0.77	0.45	0.58	1.00	2.15
CF.26	0.43	0.63	0.49	0.41	0.47	1.00

Essendo:

CF.21: Auto-sostenibilità finanziaria

CF.22: Sinergie e simbiosi commerciali

CF.23: Attrattività economica

CF.24: Occupazione

CF.25: Modelli circolari di finanziamento

CF.26: Turismo culturale

Ottenuta la matrice aggregata si procede ad effettuare il calcolo della radice ennesima (in questo caso alla sesta, essendo una matrice 6x6) della moltiplicazione di tutti i valori per ciascuna riga che restituisce i vettori *V*:

$$\text{CF.21} = \sqrt[6]{1{,}00 \; x \; 2{,}39 \; x \; 1{,}65 \; x \; 1{,}78 \; x \; 1{,}67 \; x \; 2{,}33} = \text{V}_{\text{CF.21}} = 1{,}74$$

$$\text{CF.22} = \sqrt[6]{0{,}42 \; x \; 1{,}00 \; x \; 1{,}04 \; x \; 1{,}11 \; x \; 1{,}30 \; x \; 1{,}59} = \text{V}_{\text{CF.22}} = 1{,}00$$

$$\text{CF.23} = \sqrt[6]{0{,}61 \; x \; 0{,}96 \; x \; 1{,}00 \; x \; 1{,}42 \; x \; 2{,}21 \; x \; 2{,}03} = \text{V}_{\text{CF.23}} = 1{,}24$$

$$\text{CF.24} = \sqrt[6]{0{,}56 \; x \; 0{,}90 \; x \; 0{,}70 \; x \; 1{,}00 \; x \; 1{,}73 \; x \; 2{,}45} = \text{V}_{\text{CF.24}} = 1{,}07$$

$$\text{CF.25} = \sqrt[6]{0{,}60 \; x \; 0{,}77 \; x \; 0{,}45 \; x \; 0{,}58 \; x \; 1{,}00 \; x \; 2{,}15} = \text{V}_{\text{CF.25}} = 0{,}80$$

$$\text{CF.26} = \sqrt[6]{0{,}43 \; x \; 0{,}63 \; x \; 0{,}49 \; x \; 0{,}41 \; x \; 0{,}47 \; x \; 1{,}00} = \text{V}_{\text{CF.26}} = 0{,}54$$

Si sommano a questo punto tutti i vettori trovati:

$$\text{V}_{\text{CF.21}} + \text{V}_{\text{CF.22}} + \text{V}_{\text{CF.23}} + \text{V}_{\text{CF.24}} + \text{V}_{\text{CF.25}} + \text{V}_{\text{CF.26}} = \text{S} = 6{,}39$$

Per ottenere il vettore peso del singolo macro-criterio si divide ogni Vettore per la Somma S appena individuata:

$$\text{VP}_{\text{CF.21}} = \frac{V_{CF.21}}{S} = \frac{1{,}74}{6{,}39} = 0{,}27$$

$$\text{VP}_{\text{CF.22}} = \frac{V_{CF.22}}{S} = \frac{1{,}00}{6{,}39} = 0{,}16$$

$$\text{VP}_{\text{CF.23}} = \frac{V_{CF.23}}{S} = \frac{1{,}24}{6{,}39} = 0{,}19$$

$$\text{VP}_{\text{CF.24}} = \frac{V_{CF.24}}{S} = \frac{1{,}07}{6{,}39} = 0{,}17$$

$$\text{VP}_{\text{CF.25}} = \frac{V_{CF.25}}{S} = \frac{0{,}80}{6{,}39} = 0{,}12$$

$$VP_{CF.26} = \frac{V_{CF.26}}{S} = \frac{0,54}{6,39} = 0,08$$

La somma di tutti i pesi è equivalente a 1,00. Per ottenere il peso di ogni singolo criterio, in questo caso, facendo parte della categoria del macro-criterio Capitale Finanziario che ha un suo peso, tutti i pesi trovati vanno moltiplicati per il peso del CF = 0,08.

$$\mathbf{P_{CF.21}} = VP_{CF.21} \text{ x } P_{CF} = 0,27 \text{ x } 0,08 = 0,022$$

$$\mathbf{P_{CF.22}} = VP_{CF.22} \text{ x } P_{CF} = 0,16 \text{ x } 0,08 = 0,013$$

$$\mathbf{P_{CF.23}} = VP_{CF.23} \text{ x } P_{CF} = 0,19 \text{ x } 0,08 = 0,016$$

$$\mathbf{P_{CF.24}} = VP_{CF.24} \text{ x } P_{CF} = 0,17 \text{ x } 0,08 = 0,013$$

$$\mathbf{P_{CF.25}} = VP_{CF.25} \text{ x } P_{CF} = 0,12 \text{ x } 0,08 = 0,010$$

$$\mathbf{P_{CF.26}} = VP_{CF.26} \text{ x } P_{CF} = 0,08 \text{ x } 0,08 = 0,007$$

La tabella 7.14 riassume tutti i pesi dei macro-criteri e dei criteri individuati attraverso il metodo AHP a seguito del questionario distribuito alle associazioni presenti sul territorio di Scafati.

Tabella 7.14 Pesi attribuiti ai macro-criteri e ai criteri di valutazione.

Macro-criteri	Id.	Pesi	Criteri	Id.	Pesi
Capitale Ecologico	CE	0,38	Riduzione dell'impronta di carbonio	CE.1	0,062
			Auto-sufficienza energetica	CE.2	0,055
			Circolarità delle risorse idriche	CE.3	0,056
			Ecosistemi naturali e biodiversità	CE.4	0,060
			Opere di bonifica	CE.5	0,036
			Uso del suolo	CE.6	0,041
			Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici	CE.7	0,042
			Ciclo di vita circolare dei materiali C&D	CE.8	0,029
Capitale Manufatto	CM	0,18	Design circolare	CM.9	0,034
			Accessibilità	CM.10	0,045
			Reversibilità	CM.11	0,026
			Spazi sani e confortevoli	CM.12	0,030
			Stato di conservazione	CM.13	0,022
			Recupero degli edifici industriali	CM.14	0,023

Capitale Sociale	CS	0,21	Comunità locale	CS.15	0,121
			Qualità della vita	CS.16	0,089
Capitale Culturale	CC	0,16	Autenticità e integrità culturale	CC.17	0,060
			Valore intrinseco	CC.18	0,047
			Pratiche tradizionali	CC.19	0,024
			Vitalità culturale	CC.20	0,029
Capitale Finanziario	CF	0,08	Auto-sostenibilità finanziaria	CF.21	0,022
			Sinergie e simbiosi commerciali	CF.22	0,013
			Attrattività economica	CF.23	0,016
			Occupazione	CF.24	0,013
			Modelli circolari di finanziamento	CF.25	0,010
			Turismo culturale	CF.26	0,007

Dalla tabella riassuntiva (7.14) emerge che le associazioni presenti sul territorio di Scafati, espressione della prospettiva della comunità locale, nella valutazione del grado di importanza dei criteri, hanno ritenuto più importanti gli aspetti legati alle questioni ecologiche (0,38) come l'autosufficienza energetica, la riduzione dell'impronta di carbonio, la valorizzazione e la conservazione degli ecosistemi naturali e della biodiversità, la circolarità delle risorse idriche nel progetto di riuso adattivo dell'area del Parco dell'ex Polverificio Borbonico nella prospettiva dell'economia circolare. Mentre un punteggio più basso è stato attribuito agli aspetti finanziari (0,08) comprendenti l'occupazione, l'attrattività economica e i modelli di finanziamento. Una situazione equilibrata riguarda invece le questioni sociali (0,21), culturali (0,16) e del patrimonio edilizio (0,18). Questi punteggi evidenziano una maggiore attenzione alle questioni legate all'ecologia, dimostrando che la sensibilità delle persone nei confronti della incombente crisi climatica sta mutando, attestandosi su livelli più elevati che consentiranno di intervenire nel prossimo futuro ed operare un necessario cambio di rotta nell'uso intensivo che viene fatto del pianeta e delle sue ormai già scarse risorse. Un sondaggio effettuato da People's Climate Vote, realizzato dal Programma di sviluppo delle Nazioni Unite (UNDP) e dall'università di Oxford (coincolgendo 1,2 milioni di rispondenti di 50 Paesi in tutti il mondo) rende noto che il 64% delle persone intervistate crede che il cambiamento climatico rappresenti una crisi globale. L'Italia ed il Regno Unito sono i Paesi con il più alto numero di persone che crede nell'emergenza climatica (81%), seguiti dal Giappone (79%) e dalla Francia e Germania (77%).

7.7 La scelta dell'alternativa preferibile

Il metodo TOPSIS consente la valutazione simultanea di dati quantitativi e qualitativi, esprimendo la preferibilità di un progetto in termini di "distanza" dalla soluzione ideale. Tale metodo viene utilizzato per effettuare la valutazione ex-ante delle alternative (A – B – C) di riuso adattivo del Parco del Real Polverificio Borbonico a Scafati. La procedura di attuazione del TOPSIS si basa su una serie di fasi di calcolo. Il primo passo consiste nel raccogliere i dati, ovvero gli indicatori, delle prestazioni delle alternative sui diversi criteri di circolarità nelle 5 dimensioni individuate (Capitale Ecologico, Capitale Manufatto, Capitale Sociale, Capitale Culturale, Capitale Finanziario). In tabella 7.15 sono riportati i valori degli indicatori delle tre alternative progettuali da valutare.

Dopo aver formato la matrice decisionale criteri/alternative, la procedura del TOPSIS avanza con la normalizzazione della matrice decisionale nella seconda fase. Segue la costruzione della matrice decisionale normalizzata ponderata, la determinazione delle soluzioni ideali positive e negative e il calcolo del punto ideale e anti-ideale. La procedura si conclude con il calcolo del rapporto tra queste distanze. Dopo aver formato la matrice decisionale iniziale (criteri/alternative), la procedura inizia con la normalizzazione della matrice decisionale nella seconda fase. Segue la costruzione della matrice decisionale normalizzata ponderata, la determinazione delle soluzioni ideali positive e negative e il calcolo del punto ideale e anti-ideale. La procedura si conclude con il calcolo del rapporto tra queste distanze.

Tabella 7.15 Valore numerico degli indicatori per le tre alternative progettuali di riuso adattivo nel TOPSIS.

METODO DI VALUTAZIONE MULTICRITERIO T.O.P.S.I.S. (Technique for Order of Preference based on Similarity to Ideal Solution)							ALTERNATIVE PROGETTUALI (Valore numerico degli indicatori)		
							A	B	C
Macro-criteri	**Criteri**		**Indicatori**			**Unità di misura**	**Hubx4**	**Digital Innovation Park**	**Parco Archeo-Agricolo**
	N.Id	Descrizione	N.Id	Descrizione	*min/ max*		valore	valore	valore
	CE.1	Riduzione dell'impronta di	1.1	Livello di riduzione dell'impronta di carbonio	*max*	Scala 1-5	**3**	**2**	**5**
Capitale Ecologico	CE.2	Auto-sufficienza energetica	2.1	Percentuale di energia rinnovabile sulla produzione di energia lorda annua	*max*	%	**50,0**	**65,0**	**90,0**
	CE.3	Circolarità delle risorse idriche	3.1	Capacità di raccolta dell'acqua piovana da riutilizzare in loco	*max*	Mc/anno	**2.400,0**	**1.600,0**	**4.000,0**
	CE.4	Ecosistemi naturali e biodiversità	4.1	Percentuale di superficie verde sul totale edificato	*max*	%	**70,7**	**82,0**	**80,1**
	CE.5	Opere di bonifica	5.1	Superficie di suolo contaminato bonificata	*max*	mq	**108,8**	**126,0**	**123,3**
	CE.6	Uso del suolo	6.1	Percentuale di nuovo suolo edificato sul totale	*min*	%	**7,5**	**1,1**	**0,7**
	CE.7	Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici	7.1	Superficie di giardini condivisi, orti, frutteti urbani o oasi urbane di biodiversità	*max*	mq	**3.800,0**	**12.000,0**	**31.800,0**

	CE.8	Ciclo di vita circolare dei materiali	8.1	Quantità di rifiuti e materiali da costruzione e demolizione riutilizzati in sito	*max*	mc	**98.765,0**	**142.255,0**	**149.925,0**
Capitale Manufatto	CM.9	Design circolare	9.1	Livello della flessibilità spaziale nell'uso dell'edificio industriale recuperato	*max*	Scala 1-5	**4**	**3**	**5**
			9.2	Quantità di spazi destinati ad usi temporanei	*max*	mq	**853,0**	**538,0**	**1.578,0**
			9.3	Percentuale di elementi edilizi industriali tradizionali recuperati	*max*	%	**18,0**	**22,0**	**30,0**
	CM.10	Accessibilità	10.1	Percentuale di aree pedonali sul totale delle superfici di intervento	*max*	%	**7,1**	**3,9**	**6,5**
	CM.11	Reversibilità	11.1	Livello di reversibilità dell'azione conservativa sul manufatto industriale	*max*	Scala 1-5	**3**	**1**	**4**
	CM.12	Spazi sani e confortevoli	12.1	Livello di comfort termico dell'edificio industriale recuperato	*max*	Scala 1-5	**3**	**3**	**4**
	CM.13	Stato di conservazione	13.1	Livello di mantenimento degli elementi tecnici e delle finiture esistenti nel riutilizzo del manufatto industriale	*max*	Scala 1-5	**4**	**3**	**4**
	CM.14	Recupero degli edifici industriali	14.1	Percentuale di edifici industriali in buono stato rifunzionalizzati	*max*	%	**51,8**	**92,7**	**97,1**

Capitale Sociale	CM.15	Comunità locale	15.1	Numero di artigiani e operai specializzati tradizionali da impiegare nelle opere di riuso adattivo	*max*	n.	**30**	**20**	**50**
	CS.16	Qualità della vita	16.1	Superfici dedicate alla socializzazione	*max*	mq	**6.500,0**	**6.000,0**	**7.000,0**
Capitale Culturale	CS.17	Autenticità e integrità culturale	17.1	Livello di conservazione dell'autenticità e dell'integrità culturale del sito industriale	*max*	Scala 1-5	**3**	**3**	**4**
	CC.18	Valore intrinseco	18.1	Livello del valore intrinseco del patrimonio costruito o del paesaggio storico urbano	*max*	Scala 1-5	**3**	**2**	**4**
	CC.19	Pratiche tradizionali	19.1	Livello di inclusione di arti, artigianato tradizionale, attività di fabbricazione e attività di riparazione localizzate nel sito	*max*	Scala 1-5	**3**	**2**	**4**
	CC.20	Vitalità culturale	20.1	Superficie destinata ad attività ed eventi culturali	*max*	mq	**1.253,0**	**1.391,0**	**2.046,0**
			20.2	Superficie destinata ad ospitare attività didattiche e formative	*max*	mq	**345,0**	**329,0**	**2.852,0**
Capitale Finanziario	CF.21	Autosostenibilità finanziaria	21.1	Periodo di ritorno dell'investimento	*min*	n. di anni	**3**	**2**	**4**

			21.2	Costi di investimento del riuso degli edifici industriali	*min*	€	**42.870.721,0**	**34.723.776,0**	**37.296.576,0**
	CF.22	Sinergie e simbiosi commerciali	22.1	Numero di contratti di collaborazione e simbiosi, ad esempio attraverso modelli di filiere circolari e localizzazione di imprese complementari sul territorio	*max*	n.	**3**	**2**	**4**
	CF.23	Attrattività economica	23.1	Quantità di spazi destinati alla promozione di industrie culturali e creative	*max*	mq	**669,0**	**3.000,0**	**1.826,0**
			23.2	Percentuale di funzioni turistico-ricettive sul totale delle superfici industriali recuperate	*max*	%	**50,0**	**25,3**	**31,9**
	CF.24	Occupazione	24.1	Numero di posti di lavoro generati grazie al riuso	*max*	n.	**1.500,0**	**1.300,0**	**2.000,0**
	CF.25	Modelli circolari per il finanziamento	25.1	Percentuale di reinvestimento dei profitti in attività culturali sul totale dei profitti	*max*	%	**10,0**	**7,0**	**15,0**
	CF.26	Turismo culturale	26.1	Incidenza percentuale di ricavi da attività turistico-culturali nel sito recuperato	*max*	%	**6,8**	**7,3**	**10,9**

Nello Scenario 0, ovvero quello in cui i pesi dei criteri sono stati assegnati dalla comunità, l'ordine di preferibilità restituito dal software TOPSIS è il seguente:

1. Parco Archeo-Agricolo
2. Digital Innovation Park
3. Hubx4

Tale ordinamento delle alternative vede al primo posto, come alternativa preferibile, il Parco Archeo-Agricolo. Con questa alternativa di progetto viene istituita l'opportunità di valorizzare la biodiversità del territorio locale, integrando questa logica con funzioni didattico-culturali. Il parco ospita una fattoria didattica e sociale, orti in affitto, eventi sociali, laboratori didattici legati al mondo dell'agricoltura, campi dedicati al pascolo, apiarie, serre, giardini sensoriali. Nel parco vengono istituite inoltre aree per la valorizzazione, la produzione e la vendita di prodotti agricoli, attraverso un percorso di stand temporanei con differenti proposte di street food, legate alle produzioni locali. La struttura può essere gestita attraverso partenariati dalla sovrintendenza in forma comunitaria con imprenditori agricoli, in forma individuale o societaria, imprese agroindustriali e cooperative agricole. Questa alternativa di progetto si focalizza sulla valorizzazione degli aspetti socio-culturali e naturali. Risulta al primo posto in virtù del fatto che i pesi attribuiti ai criteri dalla comunità prediligono queste specificità, mentre meno importanza è stata attribuita agli aspetti finanziari, come si evince dalla tabella 7.17 dove sono riportate le categorie di macro-criteri e dalla tabella 7.16 dove tutti i pesi attribuiti dalla comunità sono riportati integralmente.

Tabella 7.16 I pesi attribuiti ai macro-criteri dalla comunità.

CE	CM	CS	CC	CF
0,38	0,18	0,21	0,16	0,08

Al secondo posto vi è l'alternativa B, con il Digital Innovation Park. L'obiettivo principale di questa alternativa di progetto è quello di realizzare un modello integrato caratterizzato da un insieme di funzioni, di cui la principale, il Green Data Center, propone la tecnologia come un fattore trainante dell'inclusione sociale nel quadro di un ecosistema della transizione digitale dell'Italia. Il recupero e la valorizzazione del sito può consentire

l'innesco di attività per la ricerca tecnologica e il turismo con spazi dedicati ad attività turistico-ricettive volte ad uno sviluppo altamente specializzato di queste aree decentrate rispetto al centro abitato di Scafati ma allo stesso tempo ubicate in un luogo strategico dal punto di vista della raggiungibilità e dei collegamenti. L'alternativa trasforma l'intero sito industriale in un parco urbano, pervaso da funzioni museali, ristorazione, attività commerciali e strutture alberghiere. Al terzo posto vi è l'alternativa C, Hubx4. Il progetto di riuso del sito prevede la realizzazione di un hub turistico-culturale che, rafforzando l'infrastruttura ricettiva locale, crei valore per il territorio da un punto di vista sociale, culturale ed economico. L'integrazione di varie funzioni nel nuovo complesso può favorire la nascita di nuove sinergie nel territorio e la comunicazione tra le diverse attività attraverso la creazione di spazi ibridi condivisi. Tra le nuove funzioni inserite vi sono spazi che ospitano merchandising di qualità, esposizioni museali, incubatori di start-up e uffici, laboratori per attività didattiche.

Al fine di verificare la robustezza dei risultati e i pesi attribuiti ai criteri dalla comunità, si procede ad effettuare una analisi di sensitività. Tale analisi permette di cogliere eventuali cambiamenti di ordinamento delle alternative alla modifica dei pesi da attribuire ai criteri. L'analisi di sensitività prevede tre scenari alternativi dei pesi:

- Scenario Ecologico (1): vengono stressati i pesi da attribuire agli aspetti ecologici. In questo caso, come si evince in tabella 7.17, il 70% del peso viene diviso tra il Capitale Ecologico e Manufatto (assegnando loro il 35% del peso totale), mentre il 30% viene diviso nei restanti macro-criteri, risultando il 10% per ciascuna categoria.

- Scenario Economico (2): vengono stressati i pesi da attribuire agli aspetti economici. In questo caso, come si evince in tabella 7.18, il 60% del peso viene attribuito al Capitale Finanziario, mentre il 10% viene assegnato a ciascuno dei restanti macro-criteri, risultando il 40% del totale.

- Scenario Socio-Culturale (3): vengono stressati i pesi da attribuire agli aspetti socio-culturali. In questo caso, come si evince in tabella 7.19, il 70% del peso viene diviso tra il Capitale Sociale e Culturale (assegnando loro il 35% del peso totale), mentre il 30% viene diviso nei restanti macro-criteri, risultando il 10% per ciascuna categoria.

Tabella 7.17 Pesi dei criteri nello Scenario 1 (Ecologico).

Macro-criteri	Id.	Pesi	Criteri	Id.	Pesi
Capitale Ecologico	CE	0,35	Riduzione dell'impronta di carbonio	CE.1	0,043
			Auto-sufficienza energetica	CE.2	0,043
			Circolarità delle risorse idriche	CE.3	0,043
			Ecosistemi naturali e biodiversità	CE.4	0,043
			Opere di bonifica	CE.5	0,043
			Uso del suolo	CE.6	0,043
			Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici	CE.7	0,043
			Ciclo di vita circolare dei materiali C&D	CE.8	0,043
Capitale Manufatto	CM	0,35	Design circolare	CM.9	0,058
			Accessibilità	CM.10	0,058
			Reversibilità	CM.11	0,058
			Spazi sani e confortevoli	CM.12	0,058
			Stato di conservazione	CM.13	0,058
			Recupero degli edifici industriali	CM.14	0,058
Capitale Sociale	CS	0,10	Comunità locale	CS.15	0,050
			Qualità della vita	CS.16	0,050
Capitale Culturale	CC	0,10	Autenticità e integrità culturale	CC.17	0,025
			Valore intrinseco	CC.18	0,025
			Pratiche tradizionali	CC.19	0,025
			Vitalità culturale	CC.20	0,025
Capitale Finanziario	CF	0,10	Auto-sostenibilità finanziaria	CF.21	0,016
			Sinergie e simbiosi commerciali	CF.22	0,016
			Attrattività economica	CF.23	0,016
			Occupazione	CF.24	0,016
			Modelli circolari di finanziamento	CF.25	0,016
			Turismo culturale	CF.26	0,016

Tabella 7.18 Pesi dei criteri nello Scenario 2 (Economico).

Macro-criteri	Id.	Pesi	Criteri	Id.	Pesi
Capitale Ecologico	CE	0,10	Riduzione dell'impronta di carbonio	CE.1	0,012
			Auto-sufficienza energetica	CE.2	0,012
			Circolarità delle risorse idriche	CE.3	0,012
			Ecosistemi naturali e biodiversità	CE.4	0,012

			Opere di bonifica	CE.5	0,012
			Uso del suolo	CE.6	0,012
			Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici	CE.7	0,012
			Ciclo di vita circolare dei materiali C&D	CE.8	0,012
Capitale Manufatto	CM	0,10	Design circolare	CM.9	0,016
			Accessibilità	CM.10	0,016
			Reversibilità	CM.11	0,016
			Spazi sani e confortevoli	CM.12	0,016
			Stato di conservazione	CM.13	0,016
			Recupero degli edifici industriali	CM.14	0,016
Capitale Sociale	CS	0,10	Comunità locale	CS.15	0,050
			Qualità della vita	CS.16	0,050
Capitale Culturale	CC	0,10	Autenticità e integrità culturale	CC.17	0,025
			Valore intrinseco	CC.18	0,025
			Pratiche tradizionali	CC.19	0,025
			Vitalità culturale	CC.20	0,025
Capitale Finanziario	CF	0,60	Auto-sostenibilità finanziaria	CF.21	0,100
			Sinergie e simbiosi commerciali	CF.22	0,100
			Attrattività economica	CF.23	0,100
			Occupazione	CF.24	0,100
			Modelli circolari di finanziamento	CF.25	0,100
			Turismo culturale	CF.26	0,100

Tabella 7.19 Pesi dei criteri nello Scenario 3 (Socio-Culturale).

Macro-criteri	**Id.**	**Pesi**	**Criteri**	**Id.**	**Pesi**
Capitale Ecologico	CE	0,10	Riduzione dell'impronta di carbonio	CE.1	0,012
			Auto-sufficienza energetica	CE.2	0,012
			Circolarità delle risorse idriche	CE.3	0,012
			Ecosistemi naturali e biodiversità	CE.4	0,012
			Opere di bonifica	CE.5	0,012
			Uso del suolo	CE.6	0,012
			Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici	CE.7	0,012
			Ciclo di vita circolare dei materiali C&D	CE.8	0,012
Capitale Manufatto	CM	0,10	Design circolare	CM.9	0,016
			Accessibilità	CM.10	0,016
			Reversibilità	CM.11	0,016

			Spazi sani e confortevoli	CM.12	0,016
			Stato di conservazione	CM.13	0,016
			Recupero degli edifici industriali	CM.14	0,016
Capitale Sociale	CS	0,35	Comunità locale	CS.15	0,175
			Qualità della vita	CS.16	0,175
Capitale Culturale	CC	0,35	Autenticità e integrità culturale	CC.17	0,087
			Valore intrinseco	CC.18	0,087
			Pratiche tradizionali	CC.19	0,087
			Vitalità culturale	CC.20	0,087
Capitale Finanziario	CF	0,10	Auto-sostenibilità finanziaria	CF.21	0,016
			Sinergie e simbiosi commerciali	CF.22	0,016
			Attrattività economica	CF.23	0,016
			Occupazione	CF.24	0,016
			Modelli circolari di finanziamento	CF.25	0,016
			Turismo culturale	CF.26	0,016

Variando i pesi da attribuire ai criteri, non cambia la posizione del Parco Archeo-Agricolo, sempre al primo posto. Cambiano invece la seconda e terza posizione negli scenari economico e socio-culturale (tabella 7.20).

Tabella 7.20 Ordine delle alternative nei tre scenari.

Scenario 1 - Ecologico	**Scenario 2 - Economico**	**Scenario 3 - Socio-culturale**
1. Parco Archeo-Agricolo	1. Parco Archeo-Agricolo	1. Parco Archeo-Agricolo
2. Digital Innovation Park	2. Digital Innovation Park	2. Hubx4
3. Hubx4	3. Hubx4	3. Digital Innovation Park

Nonostante il variare dei pesi nei vari scenari, il Parco Archeo-Agricolo resta l'alternativa preferibile. Questo significa che tale alternativa risulta la più valida in termini di circolarità in tutti gli aspetti considerati della sostenibilità. Nello scenario 3, invece, l'alternativa Hubx4 sale al secondo posto, in quanto valorizza maggiormente gli aspetti socio-culturali rispetto al Digital Innovation Park.

Il metodo TOPSIS combinato all'AHP è in grado di supportare la decisione della scelta del progetto di riuso adattivo del Parco del Polverificio Borbonico di Scafati, attraverso uno strumento semplice e alla portata di amministrazioni, enti privati e terzo settore nella

valutazione delle alternative progettuali per la riqualificazione e il riuso del patrimonio storico culturale e, in particolare, per un caso di archeologia industriale.

Capitolo 8. **Conclusioni**

8.1 Obiettivi raggiunti

La ricerca si presenta come un'indagine sugli impatti multidimensionali di riutilizzo adattivo del patrimonio culturale, in particolare dell'archeologia industriale, come contributo all'attuazione di un'economia circolare nello spazio fisico urbano. Lo scopo di questo lavoro è stato quello di proporre un quadro strutturato per l'analisi e la valutazione degli impatti delle pratiche di riuso adattivo del patrimonio culturale, ed in particolare del patrimonio industriale, nella prospettiva dell'economia circolare, basata sulla teoria dell'utilità multi-attributo (MAUT) che identifica obiettivi, criteri e indicatori di valutazione in molteplici dimensioni interconnesse. Tale quadro può essere utilizzato dai decision maker a supporto delle scelte di pianificazione o investimento nelle opere di riqualificazione del tessuto urbano degradato, ovvero dei siti industriali dismessi e/o abbandonati che possono rappresentare un'occasione di sviluppo e rilancio del territorio e delle comunità. Per tale motivo la ricerca individua un framework di valutazione delle proposte progettuali di riuso adattivo dei siti di archeologia industriale integrando l'uso degli strumenti open access e di facile utilizzo da parte del decisore, come il TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Design*) e il metodo AHP (*Analytic Hierarchy Process*), per la valutazione dei dati hard e soft, ovvero qualitativi e quantitativi. Una volta individuate delle alternative di progetto per il riuso dei siti industriali dismessi che può avvenire attraverso iniziative top-down ("calate" dall'alto, quindi redatte dalle amministrazioni) o bottom-up (provenienti "dal basso" ovvero dalla comunità), tali strumenti, inquadrati nell'ottica del framework di valutazione composto da criteri e indicatori di circolarità, è in grado di restituire un ordinamento di tali scenari progettuali per orientare il decisore ad effettuare la scelta preferibile, tenendo conto delle preferenze della comunità che attribuiscono un peso, ovvero un'importanza maggiore o minore, ai vari criteri con cui le alternative progettuali vengono valutate.

Le domande di ricerca - strutturate sui seguenti quesiti: 1) Come si identifica la dimensione urbana dell'economia circolare?; 2) Come può l'economia circolare connettersi alla cultura e al patrimonio industriale intesa come driver della sostenibilità territoriale?; 3) Come

valutare gli impatti e i benefici del/sul patrimonio culturale industriale nell'ottica dell'economia circolare?; - sono state affrontate attraverso la definizione di una interrelazione tra patrimonio culturale e rigenerazione dello spazio fisico, individuando un modello di sviluppo territoriale circolare e indagando metodi e strumenti per la tutela, conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale mediante l'identificazione di nuovi criteri e indicatori di circolarità. La prima domanda di ricerca ha condotto all'identificazione di una definizione di dimensione urbana della circolarità attraverso lo studio innanzitutto dei principi e del concetto generale di economia circolare nel dibattito scientifico e internazionale, soffermandosi sul cambio di paradigma del modello economico che la società si è trovata costretta ad affrontare per la scarsità delle risorse di un pianeta che soffre una forte crisi climatica. Una volta articolato il concetto di circolarità in campo economico, questo viene allargato alla visione della città contemporanea, indagando le declinazioni dell'economia circolare nella dimensione città/territorio ed esplorando le modalità con cui tale modello viene applicato al contesto urbano, facendo emergere strategie, raccomandazioni e buone pratiche per l'implementazione del modello circolare e la definizione di città circolare in Europa. Il modello circolare urbano, però, non si esaurisce nella identificazione della città circolare ma è necessario indagare la trasposizione dei principi di economia circolare dalla città al patrimonio edilizio per comprendere le diverse forme di circolarità che entrano in gioco quando si parla di patrimonio costruito, finanche ad arrivare al patrimonio culturale. La seconda domanda di ricerca ha consentito di esplorare le connessioni esistenti tra il concetto di economia circolare e la/il cultura/patrimonio culturale. Nell'ultimo decennio il patrimonio culturale ha rappresentato nel dibattito europeo una delle risorse fondamentali per lo sviluppo sostenibile, capace di contribuire alla crescita economica dei territori nell'ottica dell'economia circolare. Si riconosce che la conservazione e il riuso per nuove funzioni del patrimonio culturale e paesaggistico possono avere ricadute positive sulla qualità della vita e sul benessere individuale e comunitario, contribuendo alla creazione di posti di lavoro, alla conservazione delle risorse naturali e alla rivitalizzazione delle città che ospitano il patrimonio. L'attuazione dei principi di economia circolare nel patrimonio culturale è raggiunta con il riutilizzo adattivo degli edifici del patrimonio culturale, in particolare con attenzione al fenomeno dell'archeologia industriale. La terza domanda di ricerca ha

condotto all'individuazione degli approcci e degli strumenti per valutare il riuso del patrimonio industriale nella prospettiva dell'economia circolare al fine di misurare gli impatti positivi e negativi del/sul patrimonio culturale. Il metodo valutativo proposto nella tesi è stato in ultima istanza, una volta affinata la metodologia, applicato ad un caso studio per verificarne la validità operativa e consentire ai decision maker, futuri fruitori di questo strumento e destinatari di questa ricerca, di carpirne il funzionamento e i risultati attesi, nonché l'importanza della valutazione nella scelta dei progetti di riuso adattivo del patrimonio industriale nella prospettiva della circolarità. Il caso studio è stato individuato nel sito del Parco del Real Polverificio di Scafati, in Campania (IT). Tale scelta è derivata da una ricerca effettuata sul territorio regionale con l'intento di trovare un ex sito industriale su cui fosse in atto un progetto di riqualificazione e di riuso dei manufatti industriali, identificati come archeologia industriale per le qualità estetiche e i valori culturali sottesi. Il Parco del Real Polverificio Borbonico si presta esattamente a tale scopo in quanto, grazie ai fondi stanziati dal PNRR e all'intesa tra le istituzioni (comune di Scafati) e il Parco Archeologico di Pompei (che ha competenza sull'area), è cominciata nel 2019 la progettazione di un intervento da oltre 2,6 milioni di euro per restituire il sito ai cittadini, al fine di valorizzare uno tra i più bei complessi monumentali con annesso parco storico e naturale dell'area e contrastare atti di vandalismo che nel tempo hanno colpito il luogo. Le alternative progettuali per il riuso del sito industriale sono state elaborate attraverso una collaborazione con la Sovrintendenza del Parco Archeologico di Pompei. Le alternative progettuali sono state sviluppate a partire da indicazioni e proposte dell'ente gestore che ha elaborato nel tempo alcuni usi, attività e possibili destinazioni d'uso per l'area del Parco. Da queste indicazioni sono state progettate tre alternative di riuso. In particolare, date le indicazioni di massima della Sovrintendenza, la tesi di dottorato ha sviluppato in dettaglio gli scenari, soffermandosi sulla distribuzione spaziale e l'approfondimento delle funzioni individuate all'interno dell'area del parco. Se il processo di progettazione è avvenuto tramite una stretta collaborazione con la Sovrintendenza di Pompei, il processo di valutazione è stato aperto anche alla collaborazione con la comunità locale, attraverso il coinvolgimento di enti e associazioni sociali e culturali del territorio, a cui è stato chiesto di valutare il grado di importanza dei criteri con cui valutare la circolarità dei progetti di riuso del Parco. Questo ha condotto all'elaborazione, tramite il metodo AHP, di una

prioritizzazione dei criteri per stabilire quali avessero un peso maggiore per la comunità locale nella riqualificazione del sito industriale dismesso. Una volta ottenuto il grado di importanza dei criteri, è stato applicato il metodo TOPSIS alle alternative di progetto per verificare quale alternativa rispondesse meglio alle performance di circolarità desiderate. Il metodo di valutazione ha condotto, infatti, a una classifica delle alternative, stabilendo quale fosse quella più vicina alla soluzione "ideale" dal punto di vista della circolarità in molteplici dimensioni e supportando, quindi, i decision maker nella scelta progettuale.

8.2 Limitazioni e potenzialità della ricerca

Un approccio rigenerativo, capace di produrre impatti positivi a beneficio dell'intera comunità e basato sul concetto di economia circolare, può essere realizzato operativamente introducendo la cultura come un'area strategica di investimento. Nella letteratura scientifica i principi di economia circolare vengono connessi spesso al concetto di sostenibilità in diversi settori, dal *food* all'industria tessile e, più recentemente, al comparto edilizio. Tuttavia, molti studi accademici non considerano ancora la cultura come una dimensione chiave e quarto pilastro della sostenibilità. Lo scopo della ricerca è stato quello di collegare l'attuale concetto di economia circolare al patrimonio culturale come *driver* fondamentale di sviluppo sostenibile. L'economia circolare, infatti, offre una prospettiva innovativa verso la conservazione e gestione del patrimonio edilizio esistente, centrandosi sul riutilizzo piuttosto che sul consumo di risorse e sulle pratiche rigenerative che, oltre ad avere vantaggi economici, producono impatti benefici per la società nel suo complesso.

La riflessione sull'applicazione dei principi di un modello circolare nello sviluppo delle città e del territorio pone in evidenza il potenziale ruolo del riuso del patrimonio culturale inutilizzato, sottoutilizzato o dismesso. Nel dibattito scientifico internazionale, il riuso, definito come l'insieme di opere finalizzate a riutilizzare un edificio o un sistema di edifici per rispondere a nuove condizioni e nuovi requisiti, si è progressivamente arricchito di argomentazioni relative ad obiettivi culturali, socio-economici ed ecologici. Ad esso, infatti,

non solo è riconosciuto oggi il ruolo di pratica di tutela, di valorizzazione e di prolungamento del ciclo di vita del patrimonio edilizio, ma se ne sottolinea il potenziale come catalizzatore di più ampie strategie di rigenerazione del contesto urbano, di riduzione del consumo di suolo e di contrasto a processi di espansione territoriale incontrollata. Il riutilizzo del patrimonio culturale industriale può essere inteso come motore della crescita economica, del benessere sociale e della conservazione dell'ambiente e contribuisce allo sviluppo sostenibile dello spazio costruito. Tuttavia, la conservazione del patrimonio richiede grandi investimenti, mentre le risorse economiche a disposizione sono scarse, e i progetti di investimento sono soggetti a elevate incertezze data la loro complessità gestionale. Inoltre, il riuso adattivo del patrimonio culturale prevede necessariamente certi livelli di trasformazione per consentire l'adattamento a nuove funzioni, mentre tradizionalmente il riutilizzo degli edifici viene affrontato principalmente da una prospettiva fortemente conservativa, sottovalutando i potenziali impatti positivi che livelli minimi di trasformazione possono generare sul territorio alla luce di nuove economie, coesione sociale, benessere e conservazione ambientale, aprendo il campo a usi innovativi delle risorse del patrimonio. Pertanto, un'attenta valutazione degli impatti positivi e negativi del/sul patrimonio edilizio esistente è necessaria per orientare e indirizzare i progetti di riuso adattivo, determinando benefici tanto più rilevanti quanto più saranno stati generati o ri-generati valori economici, ecologici, culturali, simbolici e sociali. In ambito scientifico recenti ricerche sono state affrontate su approcci e metodologie per la valutazione degli impatti della conservazione del patrimonio culturale, considerando le plurime dimensioni della sostenibilità: economica, sociale, ambientale e infine culturale, evidenziata come il quarto pilastro dello sviluppo sostenibile dallo studio effettuato dal CHCfE Consortium nel 2015. Sebbene approcci alla valutazione degli impatti multidimensionali della conservazione del patrimonio culturale siano stati indagati, molti di questi studi accademici si concentrano sugli impatti settoriali, quali economici, ambientali e sociali ma meno attenzione è stata dedicata alle complesse interrelazioni tra cultura, economia, società e ambiente, nella prospettiva dell'economia circolare. Quindi, il quadro di valutazione integrato con criteri e indicatori di circolarità proposto, si configura come un utile strumento nelle mani dei decision maker, sia pubblici che privati, nella valutazione degli impatti positivi e negativi che i progetti di riuso del patrimonio culturale industriale possono

generare sul territorio e sulla comunità. La novità di questa ricerca consiste nel tentativo di collegare i concetti di patrimonio culturale, riuso adattivo ed economia circolare in un quadro complessivo di valutazione degli impatti che conto di una definizione allargata di economia circolare. La sfida principale è la definizione di un quadro comune e riconosciuto di criteri e indicatori per valutare quantitativamente e qualitativamente gli impatti multidimensionali dei progetti di riuso adattivo del patrimonio culturale e la loro capacità di "chiudere i cicli". L'assunzione della prospettiva dell'economia circolare implica che la fase di valutazione non dovrebbe essere limitata solo alla valutazione ex-post, ma anche alla fase ex-ante, supportando i processi decisionali e di pianificazione strategica e permettendo in modo preventivo di orientare le scelte verso la sostenibilità. Inoltre, nel caso di una valutazione ex-ante (orientata al supporto alle decisioni), il coinvolgimento di molteplici soggetti interessati e di punti di vista potrebbe essere fondamentale per prendere decisioni efficaci e condivise nel lungo periodo. Le possibili limitazioni dello studio possono essere legate alle modalità e le tempistiche di coinvolgimento degli stakeholder. Nel caso studio qui affrontato gli stakeholder sono stati coinvolti nel processo decisionale di valutazione delle alternative che però sono state costruite secondo un approccio *top-down* in stretta collaborazione con l'ente promotore e gestore del sito dismesso. Si potrebbe pensare di coinvolgere gli stakeholder a più livelli, ovvero anche nella fase di progettazione delle alternative, attraverso processi *bottom-up*. Queste casistiche differenti variano in base al contesto, allo scopo e ai destinatari / fruitori / promotori delle iniziative di riuso dei siti industriali dismessi. Nel caso in cui si parli di una riqualificazione proposta da un ente pubblico sarebbe auspicabile introdurre approcci di co-progettazione e di co-valutazione delle alternative progettuali, al fine di coinvolgere la comunità, con i suoi desiderata, nella riprogettazione dello spazio pubblico. Un'altra limitazione della ricerca è legata al contesto degli indicatori di circolarità, alla difficoltà di reperimento dei dati, alla scala, alla tipologia e alla dimensione dell'indicatore. Ad esempio, a seconda del contesto, gli indicatori possono essere collocati nella dimensione economica piuttosto che in quella culturale o sociale. A volte il confine tra queste dimensioni è molto sottile e sfumato e sarebbe opportuno presentare nelle analisi future descrizioni più esaustive e matrici chiaramente strutturate in cui siano mostrati tutti gli attributi che caratterizzano gli indicatori proposti.

Riferimenti

Bibliografia

Boccardi, G., Scott, L., (2018). A View from the Inside. An Account of the Process Leading to the Adoption of the Policy for the Integration of a Sustainable Development Perspective within the World Heritage Convention. In World Heritage and Sustainable Development, edito da P. Larsen and W. Logan, pp. 21–36. London: Routledge.

Boeri S., Secchi B., (1990). I territori abbandonati. Rassegna. (a cura di) Rivista trimestrale anno XII, 42/2 – giugno 1990.

Bonato, D.; Orsini, R. (2018). Urban Circular Economy: The New Frontier for European Cities' Sustainable Development, Editori: Woodrow W. Clark, Sustainable Cities and Communities Design Handbook (Seconda Edizione), Butterworth-Heinemann, pp. 235-245, ISBN 9780128139646.

Bottero, M., Caprioli, C., Berta, M., (2020). Urban Problems and Patterns of Change: The Analysis of a Downgraded Industrial Area in Turin. In: Mondini, G., Oppio, A., Stanghellini, S., Bottero, M., Abastante, F. (eds) Values and Functions for Future Cities. Green Energy and Technology. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23786-8_22

Bottero, M., Dell'Anna, F., Nappo, M., (2018). Valutazione degli aspetti tangibili e immateriali del patrimonio culturale: un'applicazione del metodo PROMETHEE per il progetto di riuso della ferrovia Ceva-Ormea. In Valutazione Integrata per la Gestione delle Città Contemporanee. Mondini, G., Fattinnanzi, E., Oppio, A., Bottero, M., Stanghellini, S., Eds.; Springer: Cham, Svizzera, 2018; pp. 285–295.

Boulding, K. E. (1966). The economics of coming spaceship earth. In H. Jarret (Ed.), Environmental quality in a growing economy. Baltimore, MD: John Hopkins University Press.

Bourdieu, P., (1986). The forms of capital. In Cultural Theory: An Anthology, a cura di Imre Szeman, Timothy Kaposy, Wiley Blackwell, United Kingdom.

Cheshire, D. (2017). Building revolutions, Applying the circular economy to the built environment (1st ed.). London: Riba Publishing.

Claire Giraud-Labalte, (2015). Cultural Heritage Counts for Europe: Full Report, International Cultural Centre.

de la Torre M., Mason R., (1998). Economics and Heritage Conservation. A Meeting Organized by the Getty Conservation Institute. Getty Center, Los Angeles.

Dessein, J., K. Soini, Fairclough, G., Horlings, L.G. (2015). Culture in, for and as Sustainable Development: Conclusions from the COST Action IS1007 Investigating Cultural Sustainability. Jyväskylä: University of Jyväskylä. http://www.culturalsustainability.eu/conclusions.pdf.

Duxbury, N., Hosagrahar, J. and Pascual, J., (2016). Why must culture be at the heart of sustainable urban development?, Barcelona, United Cities and Local Governments / Agenda 21 for culture.

Fusco Girard, L., Nijkamp, P., (2009). Cultural Tourism and Sustainable Local Development, Ashgate, Aldershot.

Fusco Girard, L.; Nijkamp, P. (1997). Le Valutazioni per lo Sviluppo Sostenibile Della Città e Del Territorio; Franco Angeli: Milano, Italia.

Gambetta, D., (2021). Beni culturali. Archeologia industriale: la (difficile) tutela culturale dei siti produttivi e dei complessi industriali. Lexambiente.it Rivista giuridica a cura di Luca Ramacci ISSN 2499-3174.

Gargiulo, C., Dragotto, M., (2003). Aree dismesse e città. Esperienze di metodo, effetti di qualità.

Hawkes, J. (2001). The fourth pillar of sustainability: Culture's essential role in public planning, Cultural development Network (Vic.), Common Ground.

Horlings, L. G., (2015). The worldview and symbolic dimensions in territorialisation; How human values play a role in a Dutch neighbourhood. In J. Dessein, E. Battaglini, & L. Horlings (Eds.), Cultural Sustainability and Regional Development; Theories and practices of territorialisation, pp. 43-58. https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781315737430/chapters/10.4324/9781315737430-11

Jelincic, Daniela & Glivetić, Dragana. (2020). Cultural Heritage and Sustainability: Practical Guide.

Kultur, S. (2012). Role of Culture in Sustainable Architecture. In Archi-Cultural Translations through the Silk Road, Proceedings of the 2nd International Conference, Nishinomiya, Japan, 14–16 July 2012; Mukogawa Women's University Press: Nishinomiya, Japan, 2012.

Labadi, S., Giliberto, F., Rosetti, I., Shetabi, L., Yildirim, E., (2021). Heritage and the Sustainable Development Goals: Policy Guidance for Heritage and Development Actors; ICOMOS: Paigi, Francia.

Langston, L., (2015). A comparative overview of resilience measurement frameworks-analysing indicators and approaches - Working and discussion papers, Overseas Development Institute. United Kingdom (eBook).

Larsen, P., Logan, W., (2018). World Heritage and Sustainable Development: New Directions in World Heritage Management. London: Routledge.

Lootsma, F., A. (1999). Multi-criteria decision analysis via ratio and difference judgement, Kluwer, Dordrecht, ISBN 0-7923-5669-1.

Lyle, J. T. (1996). Regenerative design for sustainable development. John Wiley & Sons.

Mangialardo, A., Micelli, E., (2018). Rethinking the Construction Industry Under the Circular Economy: Principles and Case Studies. In: Bisello, A., Vettorato, D., Laconte, P., Costa, S. (eds) Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions. SSPCR 2017. Green Energy and Technology. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75774-2_23

Mao, J.; Chunhui, L.; Yuansheng, P.; Xu, L.; St, C. (2022). Circular Economy and Sustainable Development Enterprises. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018ISBN: 978-981-10-8524-6 (eBook).

McDonough, W. (2002). Cradle to cradle: Remaking the way we make things. New York: North Point Press.

Nijkamp P., (2012). Economic Valuation of Cultural Heritage, in Licciardi G., Amirtahmasebi R. (ed.), The Economics of Uniqueness. World Bank, Washington, DC, USA.

Oppio, A.; Bottero, M.; Ferretti, V., (2017). Designing Adaptive Reuse Strategies for Cultural Heritage with Choice Experiments. In Appraisal: From Theory to Practice; Springer: Cham, Switzerland, pp. 303–315.

Ost C. (2016). Innovative financial approaches for culture in urban development, in UNESCO (ed.), Global Report on Culture for Sustainable Urban Development, www.unesdoc.unesco.org

Pauli, G. (2010) The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs. Konvergenta Publishing UG, Berlin.

Pearce, D. W., Turner, R. K. (1990). Economics of natural resources and the environment. Hemel Hempstead, Herts: Harvester Wheatsheaf.

Potting, J; Hekkert, M.P.; Worrell, E.; Hanemaaijer, A., (2017). Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain, PBL Publishers, Utrecht University Repository.

Rizzo, I., Mignosa, A., (2013). Handbook on the Economics of Cultural Heritage, Edward Elgar, Cheltenham.

Sposito, C., (2012). Sul recupero delle aree industriali dismesse. Tecnologie materiali impianti ecosostenibili e innovativi. Maggioli Editore, ISBN 978-88-387-6107-8.

Stahel, W. R., Reday-Mulvey, G. (1976). Jobs for tomorrow: The potential for substituting manpower for energy. Brussels, European Commission: DG Manpower.

Stahel, W.R. (2010). The Performance Economy. Palgrave Macmillan London, ISBN: 978-0-230-28884-3.

Vandesande, A., Van Balen, K., (2016). Towards a sustainable development rationale for heritage management and research. Heritage counts, 2, 11.

Watson, V., (2016). Locating Planning in the New Urban Agenda of the Urban Sustainable Development Goal. Plan. Theory 2016, 15, pp. 435–448.

Riviste scientifiche

Adams, K.T., Osmani, M., Thorpe, T., Thornback, J. (2017). Circular economy in construction: Current awareness, challenges and enablers. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management*, Volume 170, pp. 15 - 24.

Aigwi, I.E., Ingham, J., Phipps, R., Filippova, O., (2020). Identifying parameters for a performance-based framework: Towards prioritising underutilised historical buildings for adaptive reuse in New Zealand, Cities, Volume 102, 102756, ISSN 0264-2751, https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102756.

Arfa, F.H., Lubelli, B., Zijlstra, H., Quist, W., (2022). Criteria of “Effectiveness” and Related Aspects in Adaptive Reuse Projects of Heritage Buildings. Sustainability, Volume 14, 1251. https://doi.org/10.3390/su14031251

Avdiushchenko, A., Zając, P., (2019). Circular Economy Indicators as a Supporting Tool for European Regional Development Policies. Sustainability, Volume 11, 3025. https://doi.org/10.3390/su11113025.

Azevedo, S.G., Godina, R., Matias, J.C.d.O., (2017). Proposal of a Sustainable Circular Index for Manufacturing Companies. Resources, Volume 6, 63. https://doi.org/10.3390/resources6040063.

Baker, H., Moncaster, A., Al-Tabbaa, A. (2017). Decision-making for the demolition or adaptation of buildings. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Forensic Engineering, Volume 170 (3), pp. 144-156, doi10.1680/jfoen.16.00026.

Bandarin, F., Hosagrahar, J., Albernaz, F. S., (2011). Why Development Needs Culture. Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development, Volume 1(1), pp.15 - 25.

Barabash, O., V. (2012). Theory and practice of cultural factors influence upon economic activity. Actual Problems of Economics, Volume 12 (38), pp. 113-121.

Bertacchini, E., Segre, G. (2016). Introduction: Culture, sustainable development and social quality: A paradigm shift in the economic analysis of cultural production and heritage conservation, City, Culture and Society, Volume 7(2), pp. 69 - 70, ISSN 1877-9166, https://doi.org/10.1016/j.ccs.2015.12.007.

Blomsma, F., Brennan, G. (2017). The Emergence of Circular Economy - A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. Journal of Industrial Ecology, Volume 21. 10.1111/jiec.12603.

Boeri, A., Bortoli, G., Long, D., (2019). Cultural Heritage as a Driver for Urban Regeneration: Comparing two Processes. WIT Transactions on Ecology and the Environment, Volume 217, pp. 587 - 598.

Bosone, M., De Toro, P., Fusco Girard, L., Gravagnuolo, A., Iodice, S., (2021). Indicators for Ex-Post Evaluation of Cultural Heritage Adaptive Reuse Impacts in the Perspective

of the Circular Economy. Sustainability, Volume 13, 4759. https://doi.org/10.3390/su13094759.

Bottero, M., D'Alpaos, C., Oppio, A., (2019). Ranking of Adaptive Reuse Strategies for Abandoned Industrial Heritage in Vulnerable Contexts: A Multiple Criteria Decision Aiding Approach. Sustainability, Volume 11, 785. https://doi.org/10.3390/su11030785.

Bowitz, E., Ibenholt, K. (2009). Economic impacts of cultural heritage, Research and perspectives. Journal of Cultural Heritage, Volume 10(1), pp. 1-8. doi10.1016/j.culher.2008.09.002.

Broto, V.C., Allen, A., Rapoport, E., (2012). Interdisciplinary Perspectives on Urban Metabolism, Journal of Industrial Ecology, Volume 16(6), pp. 851 - 861, https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00556.

Bullen, P.A., Love, P.E.D. (2011), Adaptive reuse of heritage buildings, Structural Survey, Volume 29(5), pp. 411 - 421. https://doi.org/10.1108/02630801111182439.

Cabeza, L.F., Chàfer, M., (2020). Technological options and strategies towards zero energy buildings contributing to climate change mitigation: A systematic review, Energy and Buildings, Volume 219, 110009, ISSN 0378-7788, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110009.

Campbell-Johnston, K., Cate, J., Elfering-Petrovic, M., Gupta, J., (2019). City level circular transitions: Barriers and limits in Amsterdam, Utrecht and The Hague, Journal of Cleaner Production, Volume 235, pp. 1232 - 1239, ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.106.

Cavaleiro de Ferreira, A., Fuso-Nerini, F. A., (2019). Framework for Implementing and Tracking Circular Economy in Cities: The Case of Porto. Sustainability, Volume 11, 1813. https://doi.org/10.3390/su11061813

Cerreta, M., De Toro, P. (2012). Urbanization suitability maps: a dynamics spatial decision support system for sustainable land use. Earth System Dynamics, Volume 3, pp. 157-171.

Chertow, M. R., Lombardi, D. R. (2005). Quantifiying economic and environmental benefits of collocated firms. Environmental Science and Technology, Volume 39, pp. 6535-6541.

Chertow, M., R., Lombardi, D., R. (2005). Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms. Environ Sci Technol. Volume 17, 6535-41. doi: 10.1021/es050050.

Conejos, S., Langston, C., Smith, J. (2011). Improving the implementation of adaptive reuse strategies for historic buildings. Conference: Le Vie dei Mercanti S.A.V.E. HERITAGE: Safeguard of Architectural, Visual, Environmental Heritage, Naples, Italy.

Crépin, A.S., Biggs, R.; Polasky, S.; Troell, M.; Zeeuw, A. (2012). Regime Shifts and Management. Ecological Economics. Volume 84, pp. 15-22.

Cucco, P., Maselli, G., Nesticò, A., Ribera, F., (2023). An evaluation model for adaptive reuse of cultural heritage in accordance with 2030 SDGs and European Quality Principles, Journal of Cultural Heritage, Volume 59, pp. 202 - 216, ISSN 1296-2074, https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.12.002.

Darko, A, Chan, A.P.C., (2016). Critical analysis of green building research trend in construction journals, Habitat International, https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.07.001.

De Gregorio, S., De Vita, M., Berardinis, P., Palmero, L., Risdonne, A., (2020). Designing the Sustainable Adaptive Reuse of Industrial Heritage to Enhance the Local Context. Sustainability, Volume 12. 9059. 10.3390/su12219059.

de Jesus, A., Antunes, P., Santos, R., Mendonça, S., (2018). Eco-innovation in the transition to a circular economy: An analytical literature review, Journal of Cleaner

Production, Volume 172, pp 2999 - 3018, ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.111.

Della Spina, L., (2020). Adaptive Sustainable Reuse for Cultural Heritage: A Multiple Criteria Decision Aiding Approach Supporting Urban Development Processes. Sustainability, Volume 12, 1363. https://doi.org/10.3390/su12041363

Dornelles, I.DL., Gandolfi, F., Mercader-Moyano, P., Mosquera-Adell, E., (2020). Place and memory indicator: Methodology for the formulation of a qualitative indicator, named place and memory, with the intent of contributing to previous works of intervention and restoration of heritage spaces and buildings, in the aspect of sustainability, Sustainable Cities and Society, Volume 54, 101985, ISSN 2210-6707, https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101985.

Dupont-Inglis, J. (2015). Circular economy: all eyes on the juncker commission's next move, Materia Rinnovabile, Volume 2.

Ekins, P., Domenech, T., Drummond, P., Bleischwitz, R., Hughes, N., Lotti L. (2019). The Circular Economy: What, Why, How and Where. Managing environmental and energy transitions for regions and cities, OECD.

Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1998). Sustainable development: Socio-economic metabolism and colonization of nature. International Social Science Journal, Volume 50, pp. 573-587.

Foster, G., Kreinin, H., (2020). A review of environmental impact indicators of cultural heritage buildings: A circular economy perspective. Environmental Research Letters, Volume 15. 10.1088/1748-9326/ab751e.

Foster, G., Saleh, R., (2021). The Circular City and Adaptive Reuse of Cultural Heritage Index: Measuring the investment opportunity in Europe, Resources, Conservation and Recycling, Volume 175, 105880, ISSN 0921-3449, https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105880.

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

Fusco Girard, L. (2021). The evolutionary circular and human centered city: Towards an ecological and humanistic “re-generation” of the current city governance. Human Systems Management, 40(6), 753–775. https://doi.org/10.3233/HSM-211218

Fusco Girard, L., Gravagnuolo, A., Nocca, F., Angrisano, M., Bosone, M., (2015). Towards an economic impact assessment framework for Historic Urban Landscape conservation and regeneration projects. BDC. Bollettino del Centro Calza Bini, Volume 15, pp. 1 - 29.

Fusco Girard, L., Nocca, F., (2019). Moving Towards the Circular Economy/City Model: Which Tools for Operationalizing This Model?, Sustainability, Volume 11, 6253. https://doi.org/10.3390/su11226253.

Fusco Girard, L.; Nocca, F. (2018). Modello di città circolare e sua attuazione: verso uno strumento di valutazione integrato. BDC - Bollettino del Centro Calza Bini 18, pp. 11-32.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P., Hultink, E.J., (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm?, Journal of Cleaner Production, Volume 143, pp. 757 - 768, ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048.

Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S. (2016). Circular economy: A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems, Journal of Cleaner Production, Volume 114(7), pp. 11-32.

Giliberto, F., Labadi, S., (2022). Harnessing cultural heritage for sustainable development: an analysis of three internationally funded projects in MENA Countries, International Journal of Heritage Studies, Volume 28(2), pp. 133 - 146, DOI: 10.1080/13527258.2021.1950026.

Gravagnuolo, A., Angrisano, M., Fusco Girard, L., (2019). Circular Economy Strategies in Eight Historic Port Cities: Criteria and Indicators Towards a Circular City Assessment Framework. Sustainability, Volume 11, 3512. https://doi.org/10.3390/su11133512.

Gravagnuolo, A., Fusco Girard, L., Kourtit, K., Nijkamp, P., (2021). Adaptive re-use of urban cultural resources: Contours of circular city planning, City, Culture and Society, Volume 26, 100416, ISSN 1877-9166, https://doi.org/10.1016/j.ccs.2021.100416.

Guerra, B.C., Leite, F., (2021). Circular economy in the construction industry: An overview of United States stakeholders' awareness, major challenges, and enablers, Resources, Conservation and Recycling, Volume 170, 105617, ISSN 0921-3449, https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105617.

Guidetti, E., Ferrara, M., (2023). Embodied energy in existing buildings as a tool for sustainable intervention on urban heritage, Sustainable Cities and Society, Volume 88, 104284, ISSN 2210-6707, https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104284.

Haas, W.; Krausmann, F.; Wiedenhofer, D.; Heinz, M. (2015). How Circular is the Global Economy?: An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005, Journal of Industrial Ecology, Volume 19(5), pp. 765-777.

Hart, J., Adams, K., Giesekam, J., Densley Tingley, D., Pomponi, F., (2019). Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment, Procedia CIRP, Volume 80, pp. 619 - 624, ISSN 2212-8271, https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015.

Henrysson, M., Papageorgiou, A., Björklund, A., Vanhuyse, F., Sinha, R., (2022). Monitoring progress towards a circular economy in urban areas: An application of the European Union circular economy monitoring framework in Umeå municipality, Sustainable Cities and Society, Volume 87, 104245, ISSN 2210-6707, https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104245.

Jelinčić, A.D.; Tišma, S. (2020). Ensuring Sustainability of Cultural Heritage Through Effective Public Policies. Urban Challenge Journal - Urbani izziv - UIRS, Volume 31, pp. 78 - 87.

Kaya, D.I., Dane, G., Pintossi, N., Koot, C.A.M., (2021). Subjective circularity performance analysis of adaptive heritage reuse practices in the Netherlands, Sustainable Cities and Society, Volume 70, 102869, ISSN 2210-6707, https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102869.

Kennedy, C.A., Stewart, I., Facchini, A., Cersosimo, I., Mele, R., Chen, B., Uda, M., Kansal, A., Chiu, A., Kim, K. et al. (2015). Energy and material flows of megacities, Proceedings of the National Academy of Sciences, Volume 112, pp. 5985 - 5990.

Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation and Recycling, Volume 127, pp. 221-232.

Korhonen, J.; Honkasalo, A.; Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. Ecological Economics, Volume 143, pp. 37 - 46. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041.

Kourtit, K., Nijkamp, P., (2019). Creative actors and historical–cultural assets in urban regions, Regional Studies, Volume 53(7), pp. 977 - 990, DOI: 10.1080/00343404.2018.1541077.

Kourtit, K., Nijkamp, P., (2022). Urban cultural vanguards why culture matters for urban success, Journal of Urban Management, Volume 11(2), pp. 198 - 213, ISSN 2226-5856, https://doi.org/10.1016/j.jum.2022.05.006.

Koutra, S., Bouillard, P., Becue, V., Cenci, J., Zhang, J., (2023). From ‘brown’ to ‘bright’: Key issues and challenges in former industrialized areas, Land Use Policy, Volume 129, 106672, ISSN 0264-8377, https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106672.

Książek, S., Belof, M., Maleszka, W., Gmur, K., Kukuła, M., Knippschild, R., Battis-Schinker, E., Knoop, B., Al-Alawi, S., (2022). Using Indicators to Evaluate Cultural Heritage and the Quality of Life in Small and Medium-Sized Towns: The Study of 10 Towns from the Polish-German Borderland. Sustainability, Volume 14, 1322. https://doi.org/10.3390/su14031322

Langstraat, J., W. (2006). The urban regeneration industry in Leeds: measuring sustainable urban regeneration performance. Earth & Environment, Volume 2(1), pp. 167–210.

Langstraat, J., W. (2006). The urban regeneration industry in Leeds: measuring sustainable urban regeneration performance. Earth & Environment, Volume 2, pp. 167-210.

Li, Y., Chen, X., Tang, B.S., Wong, S., (2018). From project to policy: Adaptive reuse and urban industrial land restructuring in Guangzhou City, China. Cities. 82. 10.1016/j.cities.2018.05.006.

Lieder, M., Rashid, A., (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry, Journal of Cleaner Production, Volume 115, pp. 36 - 51, ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042.

Loures, L. (2009). Post-industrial landscapes as renaissance locus: the case study research method. In Gospodini, A. & Brebbia, C.A. (Eds.) Sustainable City V: Urban Regeneration and Sustanability, WIT Transactions on Ecology, Volume 117, pp. 293-302.

Magnaghi, A. (2017). La storia del territorio nell'approccio territorialista all'urbanistica e alla pianificazione, Scienze del Territorio, Volume 5, Firenze University Press.

Mangialardo, A., Micelli, E. (2018). Rethinking the construction industry under the circular economy: Principles and case studies. In Green Energy Technology; Springer International Publishing AG: Basel, Switherland, pp. 333–344.

Manickam, P., Duraisamy, G. (2018). 3Rs and circular economy. Circular Economy in Textiles and Apparel: Processing, Manufacturing, and Design, Elsevier (2018), pp. 77-93, 10.1016/B978-0-08-102630-4.00004-2

Martinović, A., Ifko, S. (2018). Industrial heritage as a catalyst for urban regeneration in post-conflict cities Case study: Mostar, Bosnia and Herzegovina, Cities, Volume 74, pp. 259-268, ISSN 0264-2751, https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.12.013.

McPhearson, T., Pickett, S.T.A, A. Grimm, N.B.; Niemelä, J., Alberti, M., Elmqvist, T., Weber, C., Haase, D., Breuste, J., Qureshi, S., (2016). Advancing Urban Ecology toward a Science of Cities, BioScience, Volume 66(3), pp. 198 - 212.

Merciu, F.C., Merciu, G.L., Cercleux, A.L., Drăghici, C.C., (2014). Conversion of Industrial Heritage as a Vector of Cultural Regeneration, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 122, pp. 162 - 166, ISSN 1877-0428, https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1320.

Millar, N., McLaughlin, E., Börger, T., (2019). The Circular Economy: Swings and Roundabouts?, Ecological Economics, Volume 158, pp. 11 - 19, ISSN 0921-8009, https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.012.

Millard, J., Sorivelle, M.N., Deljanin, S., Unterfrauner, E., Voigt, C. (2018). Is the maker movement contributing to sustainability? Sustainability, Volume 10, 2212.

Moh, Y., C., Manaf, L. (2016). Solid waste management transformation and future challenges of source separation and recycling practice in Malaysia. Resources Conservation and Recycling, Volume 116, pp. 1-14. 10.1016/j.resconrec.2016.09.012.

Moldan, B., Janoušková, S., Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets, Ecological Indicators, Volume 17, pp. 4-13, ISSN 1470-160X, https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033.

Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G.A., Alaerts, L., Van Acker, K., de Meester, S., Dewulf, J., (2019). Circular economy indicators: What do they measure?,

Resources, Conservation and Recycling, Volume 146, 2019, pp. 452-461, ISSN 0921-3449, https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045.

Moriguchi, Y. (2007). Material flow indicators to measure progress toward a sound material-cycle society. Journal of Material Cycles and Waste Management, Volume 9(2), pp. 112-120.

Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy, Resources, Conservation and Recycling, Volume 153, 104553.

Morseletto, P. (2023). Sometimes linear, sometimes circular: States of the economy and transitions to the future, Journal of Cleaner Production, Volume 390, 136138, ISSN 0959-6526.

Murray, A., Skene, K. & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. J Bus Ethics 140, pp. 369-380 (2017).

Nocca, F., (2017). The Role of Cultural Heritage in Sustainable Development: Multidimensional Indicators as Decision-Making Tool. Sustainability, Volume 9, 1882. https://doi.org/10.3390/su9101882.

Nocca, F., Angrisano, M., (2022). The Multidimensional Evaluation of Cultural Heritage Regeneration Projects: A Proposal for Integrating Level(s) Tool—The Case Study of Villa Vannucchi in San Giorgio a Cremano (Italy). Land, Volume 11, 1568. https://doi.org/10.3390/land11091568.

Opher, T., Duhamel, M., Posen, I.D., Panesar, D.K., Brugmann, R., Roy, A., Zizzo, R., Sequeira, L., Anvari, A., MacLean, H.L., (2021). Life cycle GHG assessment of a building restoration: Case study of a heritage industrial building in Toronto, Canada, Journal of Cleaner Production, Volume 279, 123819, ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123819.

Orange, H. (2008). Industrial Archaeology: its place within the Academic Discipline, the Public Realm and the Heritage Industry. Industrial Archaeology Review, Volume 30 (2), pp. 83-95.

Ost C. (2013). Historic cities in emerging countries. Economics of conservation revisited. BDC - Bollettino Del Centro Calza Bini, Volume 13(1), pp. 73-78.

Papageorgiou, A., Henrysson, M., Nuur, C., Sinha, R., Sundberg, C., Vanhuyse, F. (2021). Mapping and assessing indicator-based frameworks for monitoring circular economy development at the city-level. Sustainable Cities and Society, Volume 75, 103378, DOI: 10.1016/j.scs.2021.103378.

Parkins, E. (1934). The geography of American geographers. The Journal of Geography, 33(6), pp. 221-230.

Pintossi, N., Kaya, D.I., van Wesemael, P., Pereira Roders, A., (2023). Challenges of cultural heritage adaptive reuse: A stakeholders-based comparative study in three European cities, Habitat International, Volume 136, 102807, ISSN 0197-3975, https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2023.102807.

Pomponi, F., Moncaster, A., (2017). Circular economy for the built environment: A research framework, Journal of Cleaner Production, Volume 143, pp. 710 - 718, ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.055.

Prendeville, S., Cherim, E., Bocken, N., (2018). Circular Cities: Mapping Six Cities in Transition, Environmental Innovation and Societal Transitions, Volume 26, pp. 171 - 194, ISSN 2210-4224, https://doi.org/10.1016/j.eist.2017.03.002.

Ragheb, A., Aly, R., Ahmed, G., (2021). Toward Sustainable Urban Development of Historical Cities: Case study of Fouh City, Ain Shams Engineering Journal, Volume 13, 101520.

Reike, D., Vermeulen, W.J.V, Witjes, S., (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options,

Resources, Conservation and Recycling, Volume 135, pp. 246 - 264, ISSN 0921-3449, https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027.

Ribera, F., Nesticò, A., Cucco, P., Maselli, G., (2020). A multicriteria approach to identify the Highest and Best Use for historical buildings, Journal of Cultural Heritage, Volume 41, pp. 166 - 177.

Roszkowska, E. (2011). Multi-criteria Decision Making Models by Applying the Topsis Method to Crisp and Interval Data, Conference Proceedings.

Sacco, P., Ferilli, G., Tavano Blessi, G., Nuccio M., (2014). Understanding culture-led local development: A critique of alternative theoretical explanations, Urban Studies, Volume 51(13), pp. 2806-2821.

Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators, Journal of Cleaner Production, Volume 207, pp. 542-559, ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014.

Saleh, R., Gravagnuolo, A., Fusco Girard, L., Ost, C. (2017). Evaluation criteria for a circular adaptive reuse of cultural heritage, Volume 17, pp. 185-216. 10.6092/2284-4732/6040.

Schröder, P.; Lemille, A.; Desmond, P. (2020). Making the circular economy work for human development, Resources, Conservation and Recycling, Volume 156,104686, ISSN 0921-3449.

Sehnem, S.; Vazquez-Brust, D.; Pereira, S.C.F.; Campos, L.M. (2019). Circular economy: benefits, impacts and overlapping. Supply Chain Managment. Volume 24 (6), pp. 784-804.

Sharifi, A., (2021). Co-benefits and synergies between urban climate change mitigation and adaptation measures: A literature review, Science of The Total Environment, Volume 750, 141642, ISSN 0048-9697, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141642.

Solaimani, S., Sedighi, M. (2020). Toward a holistic view on lean sustainable construction: A literature review. Journal of Cleaner Production, Volume 248, 119213.

Sowińska-Świerkosz, B., (2017). Review of cultural heritage indicators related to landscape: Types, categorisation schemes and their usefulness in quality assessment, Ecological Indicators, Volume 81, pp. 526 - 542, ISSN 1470-160X, https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.029.

Stanik, N., Aalders, I., Miller, D., (2018). Towards an indicator-based assessment of cultural heritage as a cultural ecosystem service – A case study of Scottish landscapes, Ecological Indicators, Volume 95, Parte 1, pp. 288 - 297, ISSN 1470-160X, https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.07.042.

Stanojević, A., D., Milošević, M., R., Milošević, D., M., Turnšek, B., A., Jevremović, L.,L. (2021). Developing multi-criteria model for the protection of built heritage from the aspect of energy retrofitting, Energy and Buildings, Volume 250, 111285, ISSN 0378-7788, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111285.

Stewart, I.D., Kennedy, C.A., Facchini, A., Mele, R., (2018). The Electric City as a Solution to Sustainable Urban Development, Journal of Urban Technology, Volume 25(1), pp. 3 - 20, DOI: 10.1080/10630732.2017.1386940

Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. Journal of Cleaner Production, Volume 42, pp. 215-227.

Tan, H., Li, J., He, M., Li, J., Zhi, D., Qin, F., Zhang, C., (2021). Global evolution of research on green energy and environmental technologies:A bibliometric study, Journal of Environmental Management, Volume 297, 113382, ISSN 0301-4797, https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113382.

Tavares, D.S., Alves, F.B., Vásquez, I.B., (2021). The Relationship between Intangible Cultural Heritage and Urban Resilience: A Systematic Literature Review. Sustainability, 13, 12921.

Thomson, G., Newman, P., (2018). Urban fabrics and urban metabolism – from sustainable to regenerative cities, Resources, Conservation and Recycling, Volume 132, pp. 218 - 229, ISSN 0921-3449, https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.010.

Throsby, D., (2017). Culturally Sustainable Development: Theoretical Concept or Practical Policy Instrument?, International Journal of Cultural Policy, Volume 23(2), pp. 133 - 147. doi:https://doi.org/10.1080/10286632.2017.1280788.

Van Buren, N.; Demmers, M.; Van der Heijden, R.; Witlox, F. (2016). Towards a Circular Economy: The Role of Dutch Logistics Industries and Governments. Sustainability, 8(7), 647.

Van Den Heede, P., De Belie, N. (2012). Environmental impact and life cycle assessment (LCA) of traditional and 'green' concretes: Literature review and theoretical calculations. Cement and Concrete Composites, Volume, 34, pp. 431–442. 10.1016/j.cemconcomp.2012.01.004.

Vanhuyse, F., Fejzić, E., Ddiba, D., Henrysson, M., (2021). The lack of social impact considerations in transitioning towards urban circular economies: a scoping review, Sustainable Cities and Society, Volume 75, 103394, ISSN 2210-6707, https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103394.

Vardopoulos, I., (2022). Industrial building adaptive reuse for museum. Factors affecting visitors' perceptions of the sustainable urban development potential, Building and Environment, Volume 222, 109391, ISSN 0360-1323, https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109391.

Vardoulakis, S.; Kinney, P. (2019). Grand Challenges in Sustainable Cities and Health. Frontiers in Sustainable Cities, Volume 1(7), https://doi.org/10.3389/frsc.2019.00007.

Vizzarri, C., Sangiorgio, V., Fatiguso, F., Calderazzi, A., (2021). A holistic approach for the adaptive reuse project selection: The case of the former Enel power station in Bari,

Land Use Policy, Volume 111, 105709, ISSN 0264-8377, https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105709.

Vlassis, A., (2015). Culture in the Post-2015 Development Agenda: The Anatomy of an International Mobilisation, Third World Quarterly, Volume 36(9), pp. 1649–1662.

Von Bertalanffy, L. (1950). An outline of general systems theory. British Journal for the Philosophy of Science, Volume 1(2), pp. 134-165.

Wang, N., Chi Kin Lee, J., Zhang, J., Chen, H., Li, H., (2018). Evaluation of Urban circular economy development: An empirical research of 40 cities in China, Journal of Cleaner Production, Volume 180, pp. 876-887, ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.089.

Wijkman, A., Skånberg, K. (2015). The Circular Economy and Benefits for Society: Jobs and ClimateClear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency", Study requested by the Club of Rome with support from the MAVA Foundation.

Wiktor-Mach, D., (2019). Cultural Heritage and Development: UNESCO's New Paradigm in a Changing Geopolitical Context. Third World Quarterly, Volume 40 (9), pp. 1593–1612. doi:https://doi.org/10.1080/01436597.2019.1604131.

Williams, J., (2019). Circular cities. Urban Studies, Volume 56(13), pp. 2746-2762.

Yuan, Z.; Bi, J.; Moriguchi, Y. (2008). The Circular Economy: A New Development Strategy in China, Journal of Industrial Ecology, Volume 10, pp. 4-8.

Zhijun, F., Nailing, Y. (2007). Putting a circular economy into practice in China. Sustainable Science, Volume 2, pp. 95 -101. https://doi.org/10.1007/s11625-006-0018-1.

Documenti ufficiali e report di ricerca

Commissione Europea, (2014). Communication on the review of the list of critical raw materials for the EU and the implementation of the Raw Materials Initiative', Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM(2014) 297 final.

Commissione Europea, (2015). Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy", Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM(2015) 614 final.

Commissione Europea, (2016). Commission Work Programme 2017 - Delivering a Europe that protects, empowers and defends, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM(2016) 710 final.

Commissione Europea, (2017). The role of waste-to-energy in the circular economy, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.

Commissione Europea, (2020). Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare per un'Europa più pulita e più competitiva, Bruxelles, COM(2020) 98 final.

Ellen MacArthur Foundation – EMF, (2013). Towards the Circular Economy, Economic and business rationale for an accelerated transition, Volume. 1 (Isle of Wight). Ellen MacArthur Foundation.

Ellen MacArthur Foundation – EMF, (2014). Delivering the Ciruclar Economy: A toolkit for policymakers.

Ellen MacArthur Foundation – EMF, (2015). Growth within: A Ciruclar Economy vision for a competitive Europe.

ICOMOS, (2011). The Paris Declaration on Heritage as a Driver of Development. Paris: ICOMOS.

Nazioni Unite, (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development.New York: United Nations.

UNESCO World Bank, (2021). Cities, Culture, Creativity: Leveraging Culture and Creativity for Sustainable Urban Development and Inclusive Growth; UNESCO: Paris, France; World Bank: Washington, DC, USA. Disponibile online: https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35621.

UNESCO, (2013). The Hangzhou Declaration. Placing Culture at the Heart of Sustainable Development Policies. Paris: UNESCO.

UNESCO, (2015a). Intangible Cultural Heritage and Sustainable Development. Paris: UNESCO.

UNESCO, (2015b). Policy Document for the Integration of a Sustainable Development Perspective into the Processes of the World Heritage Convention. Paris: UNESCO.

UNESCO, (2016). Culture: Urban Future; Global Report on Culture for Sustainable Development.

UNESCO, (2019). Thematic Indicators for Culture in the 2030 Agenda for Sustainable Development, Culture 2030 Indicators, A Synthesis. UNESCO 2019. Disponibile online: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371562.

UN-HABITAT, (2016). The New Urban Agenda. UNESCO. The Power of Culture for Development, Parigi.

United Nation Environment Programme – UNEP, (2006). Circular Economy: An alternative for economic development. Paris: UNEP DTIE.

UNEP (United Nations Environment Programme), 2018. Global Status Report Towards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector.

World Economic Forum, (2014). Towards the circular economy, volume 4: accelerating the scale-up across global supply chains. Report preparato in collaborazione con McKinsey e Ellen MacArthur Foundation.

Glossario

AHP	Analytic Hierarchy Process
ARCA	ARchitettura Comfort Ambiente
BES	Benessere Equo e Sostenibile
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
C2C	Cradle to Cradle
CCAF	Circular City Assessment Framework
CCI	Circularity City Index
CCST	Circle City Scan Tool, Amsterdam
CDD	Circular City Diagram
CE	Commissione Europea
CECI	Circular Economy City Indicators, Brussels
CEMIC	Circular Economy Maturity Index for Cities
CESISP	Centro Studi in Economia e Regolazione dei Servizi, dell'Industria e del Settore Pubblico
CIRCTER	Circular Economy and Territorial Consequences
CITYkeys	CITYkeys indicators for smart city projects and smart cities
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EC	Economia Circolare
EISCE	Evaluation Indicator System for Circular Economy
EMF	Ellen MacArthur Foundation
ENEA	Energia Nucleare Energie Alternative
GBC	Green Building Council
GST	General Strain Theory
HIA	Heritage Impact Assessment
HQE	Haute Qualité Environnementale
ICU	Indice di Circolarità Urbana
IMECC	Moving Towards the Circular Economy/City Model
IRP	International Resource Panel
ISC	Indicators for Sustainable Cities

ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
ITACA	Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale
LCI	London Circularity Indicators
LEED	Leadership in Energy & Environmental Design
LWARB	Consiglio per i Rifiuti e il Riciclaggio di Londra
MATTM	Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica
MISE	Ministero dello Sviluppo Economico
NAU	Nuova Agenda Urbana
OCSE	Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico
ONU	Organizzazione delle Nazioni Unite
R2π	Transition from Linear to Circular
RAEE	Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche
REFLOW	Co-creating circular and regenerative resource flows in cities
SBTool	Sustainable Building Tool
SCECR	Inventory of Circular Economy Indicators, Survey on the Circular Economy in Cities and Regions
SCREEN	Synergic Circular Economy across European Regions
SDGs	Sustainable Development Goals
SNPA	Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
UAFEU	Urban Agenda for the EU – Partnership on Circular Economy
UCDI	Urban Circular Development Index
UE	Unione Europea
UNEP	Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente
WELL	The WELL Building Standard

Allegati

Allegato A – Tabella riassuntiva dello scenario di progetto alternativa A

Allegato B – Tabella riassuntiva dello scenario di progetto alternativa B

Allegato C – Tabella riassuntiva dello scenario di progetto alternativa C

Allegato A

Tabella riassuntiva dello scenario di progetto alternativa A – Hubx4

Edifici industriali esistenti	Alternativa A - Hubx4		
	Superficie coperta (mq)	**Funzione**	**Descrizione funzione**
Padiglione Manzella	224	Info point	3 postazioni per l'accoglienza turistica e il rilascio di informazioni riguardanti le strutture presenti nel sito. La sua progettazione mette in risalto la relazione tra l'impianto storico e le nuove tecnologie digitali.
	350	Merchandising di qualità	Possibilità di acquistare souvenir di qualità nati dal connubio tra tradizione, design e storia. Il visitatore potrà godere di un'ampia panoramica sulle tradizioni artigiane locali, osservandone i prodotti e processi di lavorazione. Ai punti vendita saranno affiancati spazi legati ai processi produttivi dei manufatti, all'interno dei quali gli utenti potranno relazionarsi direttamente con gli artigiani e sperimentare alcune delle tecniche di lavorazione dei materiali.
Padiglione Marciani	371	Food Court	Ristoranti a tema con la possibilità di provare i banchetti luculliani, cene sontuose ed eleganti, tipiche dell'ultima età repubblicana Romana. All'esperienza storica immersiva saranno affiancate possibilità di ristoro contemporanee che si serviranno direttamente dai produttori locali e dalle colture presenti all'interno del sito stesso, al fine di promuovere un modello di commercio a chilometro zero e incentivare l'economia locale. Oltre ai punti di ristoro fissi saranno presenti lungo l'asse principale piccoli stand temporanei con differenti
Padiglione Minghini	632	Food Court	
Padiglione Fallanca	222	Food Court	

			proposte di street food, sempre legate alle produzioni locali.
Padiglione Arau	340	Attività complementari	35 postazioni di coworking
Padiglione Bonucci-Menoni	345	Attività didattiche	Aule e laboratori
Padiglione Ainis	329	Incubatore di start-up	30 postazioni per start-up
Essiccatoio	853	Esposizioni temporanee e permanenti	Esposizioni temporanee e permanenti esperienziali con l'uso di arredi responsivi, realtà aumentata, displays interattivi, laboratori didattici
Capannoni voltati	400	Auditorium	Auditorium 260 sedute
	7311	Deposito archeologico	Deposito archeologico interattivo e aperto ai visitatori (esposizione interattiva, realtà aumentata, deposito responsivo, raccolta reperti archeologici)
	574	Uffici	25 postazioni per uffici della Soprintendenza Speciale di Pompei
Edificio centrale	1058	Demolito	Demolito
Alloggi	538	Demolito	Demolito
Foresteria	3074	Demolito	Demolito
Istituto sperimentale	4150	Demolito	Demolito
Uffici	1000	Demolito	Demolito
Monopoli di Stato	1287	Demolito	Demolito
Auditorium	450	Demolito	Demolito
Nuove costruzioni	**Superficie (mq)**	**Funzione**	**Descrizione funzione**
Albergo	7650	Albergo 4* full services	Si prevedono aree per l'ospitalità turistica seguendo il trend dell'albergo diffuso, una

	3850	Albergo 3* limited services	soluzione rispettosa dell'identità storica del sito. Il recupero delle antiche officine insieme alla costruzione di nuovi plessi potrebbe così colmare la grave carenza qualitativa di offerta ricettiva del territorio di Pompei.
Superfici scoperte	**Superficie (mq)**	**Funzione**	**Descrizione funzione**
Parcheggio	700	Parcheggio sovrintendenza	28 posti auto
	3000	Parcheggio pubblico	120 posti auto
Auditorium all'aperto	200	Anfiteatro	130 posti a sedere
Piazza di ingresso	6500	Piazza	Superficie scoperta pavimentata situata all'ingresso del sito
Superfici verdi	**ml o mq**	**Funzione**	**Descrizione funzione**
Asse verde	700 m	Food trucks e servizio collegamento parcheggio/hotel	Il viale di platani riprenderà la rilevanza storica all'interno del sito, diventando il filo conduttore del visitatore attraverso il complesso e le epoche storiche. Il recupero dell'asse verde e delle piccole strutture che ospitavano le funzioni operative del Polverificio restituirà alla cittadinanza l'utilizzo di un grande polmone verde. Spina dorsale dell'interno complesso, il nuovo asse non rappresenterà solamente un collegamento tra le funzioni all'interno del sito. Sarà infatti uno spazio attivo e interattivo popolato da esposizioni all'aperto temporanee o permanenti, un percorso immerso nella natura e intervallato da spazi di relax e di apprendimento che sfruttano le nuove tecnologie per relazionarsi direttamente col visitatore.

Superficie verde del parco urbano	105.000 mq	Parco	Le ampie zone a verde tra i due viali saranno destinate a verde pubblico attrezzato all'interno di un percorso che prevede la valorizzazione dei piccoli edifici già presenti. Si restituirà alla cittadinanza l'utilizzo di un polmone verde.
Agricoltura aumentata	3.800 mq	Campi agricoli	Il legame con la produzione locale sarà rafforzato dalla presenza di campi agricoli che andranno ad integrarsi sia ai servizi di ristorazione che alle funzioni legate a didattica e apprendimento. Anche in questo caso la storia andrà ad ibridarsi alle tecnologie contemporanee portando il visitatore a ritroso nel tempo alla scoperta dell'agricoltura nell'antica Roma.
Percorso ciclopedonale	4.200 m	Pista ciclabile	Percorso ciclopedonale che collega gli Scavi di Pompei con il Parco Wenner

Allegato B

Tabella riassuntiva dello scenario di progetto alternativa B – Digital Innovation Park

Edifici industriali esistenti	Alternativa B – Digital Innovation Park		
	Superficie coperta (mq)	Funzione	Descrizione funzione
Padiglione Manzella	538	Padiglione per mostre temporanee ed eventi artistici	Eventi legati all'innovazione digitale e tecnologica, della ricerca scientifica nel settore della cultura e del turismo con attività di divulgazione, conferenze, seminari nel campo dell'archeologia, con riferimenti al Parco degli scavi di Pompei.
Padiglione Marciani	371	Centrali tecnologiche	Impianti tecnologici
Padiglione Minghini	632	Ristorante	Punto di ristoro del parco urbano, (1,5 mq per posto a sedere, considerando 300 mq per la sala = 200 coperti, 50 tavoli). Il padiglione è organizzato per accogliere le cucine, le dispense, le celle frigorifere, la sala ristorazione e i servizi.
Padiglione Fallanca	222	Caffetteria	Locale per la vendita di bevande calde, fredde e snacks
Padiglione Arau	340	Casa del parco	Info point per l'accoglienza dei visitatori all'interno del parco.
Padiglione Bonucci-Menoni	345	Centro sperimentale di ricerca	Centro sperimentale operativo per la ricerca nel campo dell'innovazione tecnologica nel settore culturale.
Padiglione Ainis	329	Laboratori didattici	Il padiglione ospita spazi per eventi didattico-culturali
Essiccatoio	853	Sala polifunzionale	L'ex Essiccatoio si trasforma in una sala per eventi sia aziendali degli incubatori sociali, sia culturali nel campo delle industrie culturali e creative.

Capannoni voltati	2160	Incubatore di start-up (8509 mq tot.)	Il Green Data Center raggruppa tutte le apparecchiature e tecnologie che sono necessarie al funzionamento del sistema informativo di un'azienda. 180 postazioni co-working con 12 mq a postazione, 2160 mq (1.600 € al mese a postazione, 19.200 € all'anno)
	1500		60 postazioni di lavoro individuali (25 mq a ufficio)
	1660		10 sale riunioni da 60 mq 10 sale formazione da 100 mq 1 open space lounge e coffee hour da 60 mq
	3000		30 incubatori di start-up da 100 mq (le aziende possono affittare laboratori per esercitare la propria attività)
Edificio centrale	1058	Demolito	Demolito
Alloggi	538	Servizi per la sicurezza	Padiglione utilizzato per la localizzazione dei servizi di sicurezza necessari al funzionamento del Data Center.
Foresteria	3074	Data Center Shopping Mall	Centro per la vendita di articoli legati alle eccellenze del turismo campano. Filiera commerciale autoctona valorizzata. Affitto degli spazi a commercianti locali con marchio di qualità certificato nel settore alimentare e brand commerciali di varia natura.
Istituto sperimentale	4150	Albergo	Camere: 15 camere da 25mq (375 mq) 25 camere da 35 mq (875 mq) 20 camere da 50 mq (1000 mq) 10 camere da 65 mq (650 mq) 10 camere da 80 mq (800 mq)
Uffici	1000	Albergo	Servizi per struttura ricettiva: sale comuni, cucina, ristorazione, sala colazione, sala hobby, spa, palestra, lavanderia
Monopoli di Stato	1287	Demolito	Demolito
Auditorium	450	Demolito	Demolito

Superfici scoperte	Superficie (mq)	Funzione	Descrizione funzione
Piazza centrale	6000	Eventi culturali all'aperto	La piazza è uno spazio di collegamento tra gli edifici che ospitano funzioni culturali e può ospitare eventi all'aperto. Si trova antistante i Capannoni Fallanca, Minghini e Arau.
Superfici verdi	**ml o mq**	**Funzione**	**Descrizione funzione**
Asse verde	700 m	Conservazione delle specie arboree storiche	Il viale di platani funge da asse verde di collegamento delle due zone del Parco: la zona est, maggiormente a carattere ricettivo e di incubatore sociale, con la zona ovest che ospita gli eventi culturali e didattici.
Superficie verde del parco urbano	114.000 mq	Parco verde	La superficie verde del Parco del Polverificio viene utilizzata come polmone verde della città. Una parte del parco, quella a ovest è costantemente aperta ai cittadini, che lo possono utilizzare per momenti di svago e relax.
Parco solare	12.000 mq	Parco fotovoltaico per l'autosufficienza energetica	L'obiettivo del parco solare ecologico è quello di produrre energia pulita senza rubare terreno all'habitat naturale, ovvero catturare i fotoni del sole per generare elettricità senza che ciò danneggi l'equilibrio dell'ecosistema. I pannelli occupano una superficie di 12.000 mq che consente l'inserimento di 20 unità che producono 200 kW all'anno.

Allegato C

Tabella riassuntiva dello scenario di progetto alternativa C – Parco Archeo-Agricolo

Edifici industriali esistenti	Alternativa C – Parco Archeo-Agricolo		
	Superficie coperta (mq)	**Funzione**	**Descrizione funzione**
Padiglione Manzella	158	Info point ed accoglienza esperienziale interattiva	Locale informativo che mostra dati e informazioni riguardanti il sito originario e il progetto di riuso adattivo in parco archeo-agricolo. Vengono utilizzati totem interattivi, proiezioni e pannelli digitali informativi. Nell'info point vengono fornite le planimetrie del sito e delle diverse attività che è possibile effettuare al suo interno.
	380	Noleggio biciclette e officina riparazioni	All'interno del padiglione è possibile noleggiare a tempo delle biciclette che possono essere utilizzate nel parco sulla pista ciclabile o portate all'esterno. Parte della struttura ospita una officina di riparazione delle biciclette. Questo piccolo laboratorio non solo crea un'economia per il parco ma consente una abilitazione nel mondo lavorativo anche a gruppi sociali più vulnerabili, implementando i valori relazionali.
Padiglione Marciani	371	Fattoria sociale	Vendita al dettaglio di essenze, profumi e prodotti officinali che vengono ottenuti tramite dei processi di lavorazione delle erbe e delle piante coltivate nei semenzai del parco. Il padiglione ospita una sezione di vendita relativa ai prodotti agricoli biologici coltivati in situ quali olio, vino e miele.

Padiglione Minghini	632	Fattoria sociale	Aule e laboratori didattici e sensoriali dove vengono proposte degustazioni guidate, merende, corsi di cucina preparazione delle confetture. Tra i laboratori proposti: semina, aratura e raccolta dei frutti di stagione, raccolta delle erbe spontanee, catalogazione e scoperta delle piante, raccolta del miele, riconoscimento dei semi, costruzione di giochi antichi, vendemmia, nutrimento degli animali, corsi di fotografia naturalistica.
Padiglione Fallanca	222	Fattoria sociale	Il padiglione viene utilizzato per installare un apiario con 20 arnie. Si innesca una produzione locale di miele che viene venduto all'interno della struttura.
Padiglione Arau	340	Fattoria sociale	Il padiglione ospita i servizi utili all'allevamento di animali da cortile che vengono utilizzati dalla fattoria sociale per esercizi di pet therapy, laboratori didattici, e produzione di prodotti biologici come le uova.
Padiglione Bonucci-Menoni	345	Officine di recupero degli scarti come nutrienti	Le antiche officine vengono recuperate nella loro originaria funzione per ospitare i macchinari e i servizi necessari all'ottenimento di processi di agricoltura circolare attraverso il recupero dei nutrienti per la coltivazione provenienti dagli scarti agricoli.
Padiglione Ainis	279	Ristorante	Locale di ristorazione biologico che usufruisce dei prodotti a km0 provenienti dalla coltivazione agricola del parco, in particolare vengono offerti vino, olio, frutta e verdura dei campi e degli orti lavorati all'interno del sito. Il servizio di ristorazione offre la possibilità di degustazioni e percorsi enogastronomici tramite eventi organizzati dall'azienda agricola e dalla fattoria sociale.
	50	Caffetteria	Locale di ristoro per la distribuzione di bevande calde, fredde e snacks.
Essiccatoio	853	Start-up che lavorano nel campo della	L'ex Essiccatoio di tabacco viene sfruttato ricalcando la sua antica funzione. All'interno del corpo di fabbrica vengono allestiti laboratori per l'inserimento di start-up che

		ricerca florovivaistica	lavorano nel campo della ricerca florovivaistica. All'esterno vengono allestiti semenzai per la coltura di erbe e piante, riutilizzando i segni degli antichi essiccatoi.
Capannoni voltati	5000	Azienda agricola	Laboratori produttivi organizzati con i macchinari per la produzione e la lavorazione dei prodotti
	2000	Azienda agricola	Cantine per la conservazione del vino
	1500	Azienda agricola	Aule didattiche esperienziali, sale per eventi aziendali
Edificio centrale	1058	Demolito	Demolito
Alloggi	538	Deposito archeologico interattivo	La ex Palazzina Alloggi del Polverificio che presenta un unico livello viene recuperata per inserirvi un deposito permanente dei resti archeologici mobili che derivano dal parco archeologico di Pompei e che viene utilizzato come museo.
Foresteria	3074	Agriturismo	La struttura ospita 35 appartamenti.
Istituto sperimentale	4150	Agriturismo	La struttura per la sua conformazione spaziale e architettonica ospita 70 camere di varia metratura e una serie di spazi comuni come la hall, la sala comune, sale per la colazione e il ristoro, zona wi-fi, area lettura, area relax, lavanderia e altri servizi per gli ospiti connessi alla struttura (1600 mq).
Uffici	1000	Uffici sovrintendenza	40 uffici (25 mq) e aule riunioni dedicate alla sovrintendenza archeologica.
Monopoli di Stato	1287	Laboratori del restauro	Laboratori per la conservazione e il restauro dei reperti archeologici provenienti da Pompei.
Auditorium	450	Sala eventi	Sala auditorium per eventi culturali che può ospitare fino a un massimo di 260 persone (1,5 mq a persona).
Superfici scoperte	**Superficie (mq)**	**Funzione**	**Descrizione funzione**
Piazza est	5000	Eventi culturali	Piazza antistante le strutture ricettive che ospita eventi e manifestazioni legate agli aspetti culturali valorizzati dal sito e connessi al parco archeologico.

Piazza ovest	2000	Eventi culturali	Piazza d'ingresso ovest adatta per eventi legati all'azienda agricola o alla fattoria sociale.
Superfici verdi	**ml o mq**	**Funzione**	**Descrizione funzione**
Asse verde	700 m	Percorso pedonale alberato	Recupero dell'asse settecentesco di platani come percorso pedonale che collega le varie aree del sito.
Superficie verde del parco urbano	90.500 mq	Parco	L'ex sito industriale si presenta come un parco verde in cui sono presenti aree di relax, di sosta e di gioco.
Agricoltura	3.800 mq	Uliveti	L'uliveto viene utilizzato dalla fattoria sociale per scopi didattici e si trova in corrispondenza del padiglione Fallanca.
	12.000 mq	Frutteti	Il frutteto si trova nella zona ovest, antistante l'ex essiccatoio.
	12.000 mq	Vigneti	Il vigneto è collocato a ridosso delle strutture adibite ad azienda agricola, tra l'essiccatoio e ii capannoni voltati.
	4.000 mq	Orto sociale	L'orto solidale e didattico si trova nella area antistante la fattoria sociale, ovvero in corrispondenza del padiglione Minghini.
Allevamenti animali da cortile	1000 mq	Stalle e recinti per animali	Le aree adibite agli animali da cortile si trovano nelle adiacenze dei padiglioni Bonucci e Menoni.
Percorso ciclopedonale	2000 m	Pista ciclabile	Il percorso ciclabile costeggia l'intero perimetro del sito.

Ringraziamenti

A conclusione del percorso di ricerca dottorale, desidero dedicare un pensiero di ringraziamento a tutti coloro che ne hanno preso parte, sostenendomi.

In primo luogo, ringrazio il mio tutor e docente, il prof. Pasquale De Toro, per avermi accompagnato in questo lungo cammino, spronandomi e consigliandomi con disponibilità e gentilezza, offrendomi un supporto costante e trasmettendomi la passione e l'impegno che da sempre impiega nel suo lavoro.

Ringrazio la co-tutor e prof.ssa Francesca Nocca per avermi condotto per mano in questo meraviglioso e complesso ambito di ricerca, per avermi fornito spunti fondamentali nella stesura di questo lavoro e per avermi indirizzato nei momenti di difficoltà, sempre con sorriso e positività.

Sono grata alla Sovrintendenza del Parco Archeologico di Pompei per la collaborazione attivata, senza la quale il caso applicativo della tesi di dottorato non avrebbe avuto luogo. In particolare, la mia gratitudine è rivolta alla professionalità, alla disponibilità e alla cordialità dei co-tutor arch. Paolo Mighetto e arch. Anna Onesti.

Ringrazio la ricercatrice e neo prof.ssa Martina Bosone, persona di eccezionale sensibilità e gentilezza, per la sua costante presenza in qualità di amica e consigliera, che con affetto mi ha sempre incoraggiato a superare le difficoltà, le indecisioni e i momenti di sconforto.

Ringrazio il collega e amico Ivan Pistone, di cui nutro la più profonda e sincera stima professionale e umana, con cui ho condiviso da principio questo percorso, dividendo con lui paure e avversità ma anche soddisfazioni e obiettivi raggiunti. Grazie per l'incoraggiamento e la spinta a fare sempre meglio.

Ringrazio la mia famiglia, mia madre e mio padre, da sempre i miei primi sostenitori; mia sorella Rossella, fonte di ispirazione e modello di determinazione e caparbietà. Rivolgo, inoltre, un pensiero alle mie care nonne Marisa e Rosa, cui dedico questo lavoro, che mi

hanno visto intraprendere il percorso di ricerca e sarebbero, oggi, orgogliose e fiere di questo importante traguardo.

Ringrazio i miei amici Giuseppe, Giusy, Marica e Francesco, con cui ho condiviso dei meravigliosi anni accademici e che da molto tempo mi sostengono e mi accompagnano nelle scelte di vita; ringrazio Marianita, per la sua dolcezza ed empatia. Infine, un pensiero speciale a Carmine, da molti anni prezioso e saggio amico.

In ultimo, ma non per importanza, ringrazio il mio compagno Maurizio che ha saputo entrare in punta di piedi nella mia vita e diventare un porto sicuro. Grazie per la tua presenza, il tuo aiuto, la tua pazienza, il tuo amore.