

prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale" (SETAC, 1993).

In particolare la metodologia LCA mira a "comprendere e valutare l'ampiezza dei potenziali impatti ambientali di un sistema di prodotto nel corso del ciclo di vita" ovvero "dall'acquisizione delle materie prime o dalla generazione delle risorse naturali fino allo smaltimento finale" (UNI EN ISO 14040: 2006).

L'approccio LCA, quantitativo, costituisce un modo innovativo di affrontare le problematiche ambientali legate ad un prodotto o ad un processo.

Infatti, mediante un'analisi cosiddetta "dalla culla alla tomba", il sistema produttivo è considerato in ottica globale e, di conseguenza, ipotesi e/o tentativi di miglioramento puntuale vengono valutati con riferimento all'intero ciclo di vita.

La LCA indirizza, dunque, lo studio sull'efficienza di un sistema sia verso la salvaguardia dell'ambiente e la tutela della salute dell'uomo, sia verso il risparmio delle risorse, attraverso un approccio sistemico, dove vengono presi in considerazione tutti i processi di trasformazione, a partire dall'estrazione di materie prime fino allo smaltimento dei prodotti a fine vita.

Un aspetto interessante della LCA è pertanto il notevole ed ampio campo di applicazione che la rende una metodologia utilizzabile sia da parte di aziende e operatori privati sia da parte di pubbliche amministrazioni a piccola, media e grande scala.

La LCA è, infatti, uno strumento utilizzabile dalle amministrazioni pubbliche per gestire le politiche ambientali; un esempio è rappresentato dal Testo Unico Ambientale (D. Lgs. 4 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.) che prevede l'utilizzo dell'Analisi del Ciclo di Vita per la valutazione dell'efficienza energetico-ambientale dei sistemi di gestione integrata dei rifiuti e quindi per la scelta del sistema con le migliori prestazioni. La LCA può essere ad esempio impiegata per valutare in modo oggettivo gli impatti ambientali e, quindi, misurare il miglioramento delle prestazioni ambientali stabilite nei programmi ambientali, nell'ambito di un Sistema di Gestione Ambientale (UNI EN ISO 14001 o Regolamento CE 761/2001 – Regolamento Emas II). La LCA è utilizzata come metodo di base per la definizione dei criteri di assegnazione dell'ecolabel (Etichette ambientali di Tipo I- ISO 14020) e per la predisposizione delle Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (Etichette ambientali di Tipo III- ISO 14020 e ISO TR 14025).

Esistono numerose ulteriori potenziali applicazioni dell'approccio di ciclo di vita nelle organizzazioni private e pubbliche (UNI EN ISO 14040: 2006, Appendice A):

- analisi dei rischi e gestione dei rischi di strutture e impianti;
- analisi del flusso di sostanze e materiali;
- valutazione dei rischi e dei pericoli degli agenti chimici;
- Life Cycle Management – LCM (Gestione del Ciclo di Vita);
- Life Cycle Costing – LCC (Analisi dei costi del Ciclo di Vita).

Le analisi LCA, inizialmente più diffuse nell'industria in senso stretto, oggi vengono impiegate in modo crescente a livello macroeconomico, per pianificare, perseguire e verificare politiche di sviluppo, e nel settore delle costruzioni e delle infrastrutture, per valutare gli impatti ambientali associati al ciclo di vita di edifici, opere e infrastrutture.

L'applicazione della LCA al settore delle costruzioni costituisce in particolare un fondamentale strumento dell'eco-design, in quanto consente di reperire informazioni e dati atti a creare

modelli e simulazioni della realtà sin dalla fase di progettazione sia di materiali e componenti sia dell'involucro edilizio. Si tratta di una nuova ottica nel caso della progettazione.

L'analisi LCA integra, infatti, il progetto ingegneristico, fornendo risposte quantificate alle seguenti problematiche:

- selezione dei materiali, nel rispetto della loro funzione in opera;
- scelta delle tecniche costruttive e realizzative;
- individuazione delle soluzioni impiantistiche;
- scelta delle tecniche di uso efficiente dell'energia;
- gestione del fine vita dell'edificio.

La LCA indirizza quindi le scelte progettuali verso le soluzioni più sostenibili dal punto di vista energetico-ambientale, mediante un'analisi integrale delle prestazioni dei materiali, delle soluzioni progettuali e impiantistiche, della fase d'uso e di fine vita.

In fase progettuale l'analisi LCA consente quindi di individuare gli elementi e le componenti strutturali di un edificio che apportano un contributo significativo all'impatto ambientale del suo intero ciclo di vita, e di valutarne i miglioramenti apportabili, fornendo dunque un contributo al processo decisionale. In particolare l'applicazione della metodologia in fase preliminare, consente di analizzare e confrontare diverse alternative progettuali, evidenziando le caratteristiche ambientali positive e negative di ciascuna.

Studi LCA pregressi hanno, infatti, permesso di identificare e stimare il contributo di ciascuna fase dal ciclo di vita agli impatti complessivi imputabili ad un edificio, indicando ambiti e margini di miglioramento. In alcune ricerche è stato possibile anche valutare i vantaggi ottenibili sia da una corretta gestione del fine vita degli edifici sia passando ai criteri di costruzione di un eco-building.

Un aspetto rilevante dell'applicazione della metodologia Life Cycle Assessment al settore delle costruzioni è pertanto quello di consentire il confronto, sin dalla fase di progettazione preliminare, tra diverse soluzioni ed alternative progettuali e di gestione del fine vita, mettendo in evidenza le soluzioni più sostenibili dal punto di vista energetico-ambientale.

La struttura della LCA

In base alla definizione fornita dal SETAC (1990) ed alle indicazioni della norma UNI EN ISO 14040: 2006, la metodologia LCA si compone delle quattro fasi principali (ISO 14040: 2006), riportate schematicamente nella figura sottostante e di seguito brevemente descritte.

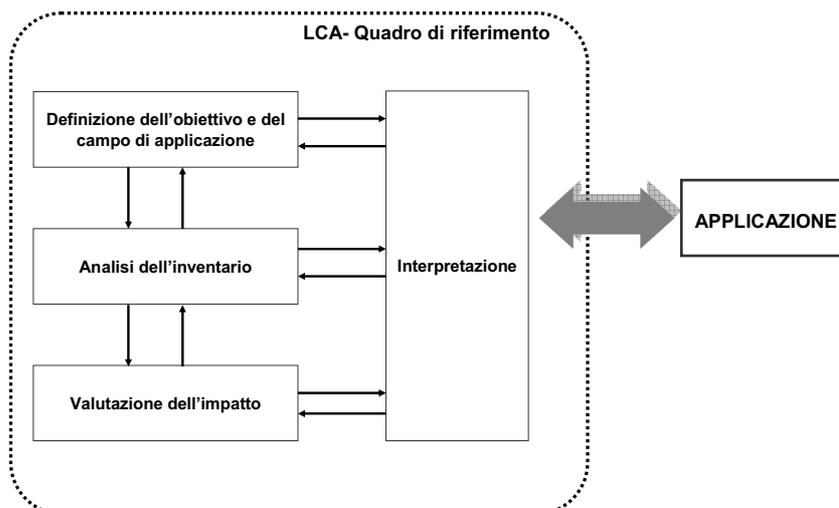


Figura 96 - Schema operativo LCA (fonte: elaborazione da UNI EN ISO 14040: 2006)

1. **Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione** (*Goal and scope definition*): è la fase iniziale, in cui sono definite le finalità ed il campo di applicazione, l'unità funzionale e i confini dello studio LCA. Tale fase determina quindi tutta l'impostazione di uno studio LCA, descrive il sistema oggetto dello studio e determina le categorie di dati da reperire, le assunzioni ed i limiti.
2. **Analisi dell'inventario del ciclo di vita** (*Life Cycle Inventory analysis - LCI*): comprende la raccolta dei dati e dei procedimenti di calcolo, che consentono di quantificare i flussi in entrata e in uscita di un sistema di prodotto. La fase di LCI (*Life Cycle Inventory*) è sicuramente la più importante in uno studio LCA, in quanto realizza la costruzione di un modello del sistema reale esaminato e consente di determinare gli input e gli output fisici in funzione degli obiettivi dello studio. Per tale ragione questa fase viene solitamente supportata da software e banche dati dedicate.
3. **Valutazione dell'impatto del ciclo di vita** (*Life Cycle Impact Assessment - LCIA*): è la fase di elaborazione dei risultati dell'inventario acquisiti, con lo scopo di valutare la portata dei potenziali impatti ambientali. L'analisi degli impatti ha quindi lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni ambientali che si generano a seguito dei rilasci nell'ambiente (emissioni o reflui) e del consumo di risorse provocati dall'attività produttiva.
4. **Interpretazione e miglioramento del ciclo di vita** (*Life Cycle Interpretation*): è la fase conclusiva di valutazione del ciclo di vita, nella quale i risultati ottenuti nell'analisi d'inventario e nella valutazione dell'impatto sono combinati coerentemente con l'obiettivo prestabilito e lo scopo da raggiungere. La fase di Interpretazione ha lo scopo di ricavare conclusioni e raccomandazioni, necessarie a ridurre l'impatto ambientale dei processi o delle attività considerati, valutandoli in maniera iterativa con la stessa metodologia.

La definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione (Goal and Scope Definition)

La prima fase di uno studio LCA è l'individuazione dell'obiettivo e del campo di applicazione, che devono essere "definiti chiaramente e devono essere coerenti con l'applicazione prevista. Nel definire gli obiettivi di una LCA, devono essere chiaramente descritti: l'applicazione prevista, le motivazioni per effettuare lo studio, il tipo di pubblico cui è destinato e se i

risultati sono destinati ad essere usati per effettuare asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico' (UNI EN ISO 14044: 2006, par. 4.2).

In particolare l'ampiezza del ciclo di vita, i confini geografici e temporali dell'analisi, le eventuali alternative da considerare, la qualità e l'affidabilità dei dati, il livello di dettaglio a cui arrivare e l'estensione delle fasi di valutazione e di miglioramento sono elementi che dipendono principalmente dalle finalità dello studio.

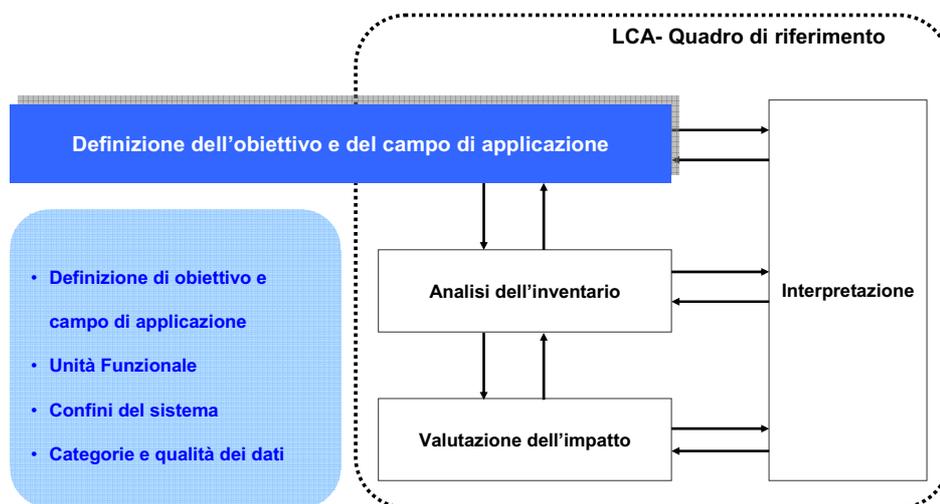


Figura 97 - Fase della definizione di obiettivo e campo di applicazione (fonte: elaborazione da UNI EN ISO 14040-14044: 2006)

In questa fase si definiscono pertanto i processi che vengono inclusi nel ciclo di vita considerato, si stabiliscono i confini del sistema analizzato e le modalità per esprimere i risultati. Tale fase è estremamente importante in quanto determina le successive fasi dell'analisi LCA.

La prima operazione da effettuare consiste nella definizione dell'**unità funzionale**, vale a dire dell'unità di misura di riferimento con cui trattare ed esporre i dati dell'analisi, valutandone i flussi in ingresso ed in uscita dal sistema. Essa infatti costituisce "una prestazione di un sistema di prodotto da utilizzare come unità di riferimento" a cui legare i flussi in entrata ed in uscita (UNI EN ISO 14044, par 3.20). Oltre a consentire la definizione di una misura cui riferire tutti gli elementi che compongono il bilancio fisico-ambientale del sistema in esame, l'unità funzionale agevola il raffronto e la comparabilità dei risultati dello studio. L'unità funzionale deve pertanto essere coerente con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio e deve essere chiaramente definita e misurabile (UNI EN ISO 14044, par 3.32).

Occorre quindi definire ed individuare i **confini del sistema** ovvero "l'insieme di criteri che specifica quali processi unitari fanno parte di un sistema di prodotti" (UNI EN ISO 14040: 2006, par. 3.32), "adottando criteri identificati e giustificati nel campo di applicazione dello studio" (UNI EN ISO 14044 par. 4.2.3.3). Questa operazione consiste nel determinare le unità di processo che devono essere prese in considerazione dallo studio, definendo il "contorno" che le racchiude. Ciò passa attraverso una descrizione qualitativa e quantitativa delle stesse, delle categorie di dati ad esse associate e delle ipotesi ed assunzioni fatte. I confini saranno descritti in modo tale che siano inclusi i flussi in ingresso ed in uscita ed i rilasci nell'ambiente che dovranno essere presi in esame nello studio.

In base alla scelta dei confini del sistema oggetto dello studio LCA, si possono individuare le seguenti tipologie di analisi (UNI EN ISO 14040: 2006):

- Ecobilancio: lo studio LCA viene applicato ad un singolo anello della filiera produttiva ("gate - to - gate");
- Ecoprofilo: si tratta di uno studio LCA interrotto al termine del processo produttivo ("cradle - to - gate");
- Analisi dall' "ingresso dello stabilimento alla tomba": in questo caso lo studio LCA si spinge al fine vita del sistema esaminato.

In questa prima fase vengono pertanto definite oltre alle finalità dello studio, all'unità funzionale ed ai confini del sistema analizzato, anche le categorie dei dati necessari ed i requisiti di qualità degli stessi, le modalità per esprimere i risultati e le eventuali assunzioni effettuate e gli eventuali limiti dello studio.

L'Analisi di Inventario (Life Cycle Inventory)

La Norma UNI EN ISO 14040, al paragrafo 4.3.1, definisce l'Analisi d'Inventario come quella fase che "comprende la raccolta dei dati e dei procedimenti di calcolo che consentono di individuare e quantificare gli elementi in ingresso e in uscita pertinenti di un sistema-prodotto".

In questa seconda fase si procede quindi alla costruzione di un modello in grado di rappresentare fedelmente il modello reale oggetto di studio.

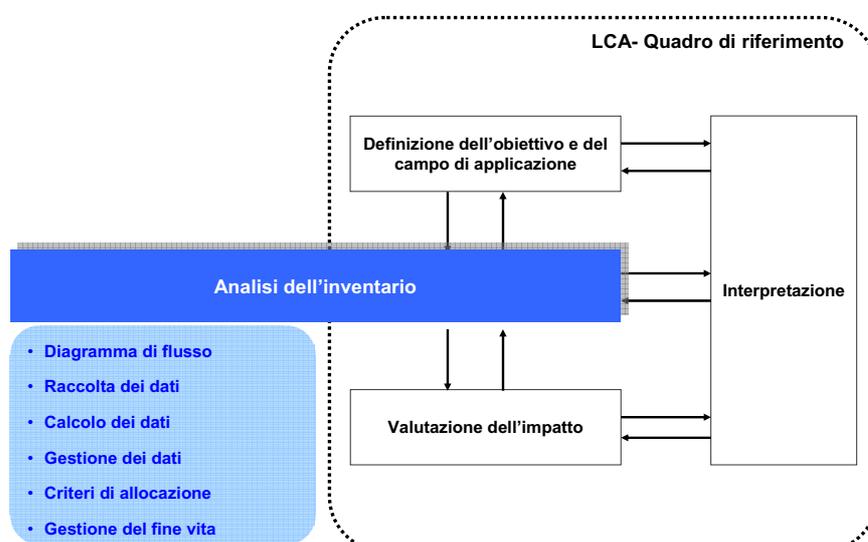


Figura 98 - Fase dell'analisi di inventario (fonte: elaborazione da UNI EN ISO 14040-14044: 2006)

Il procedimento per condurre l'analisi d'inventario, così come definito dalla norma UNI EN ISO 14044: 2006, è di tipo iterativo, infatti, man mano che i dati vengono raccolti e il sistema oggetto di studio viene modellizzato, possono comparire nuovi requisiti o limitazioni, che richiedono modifiche nelle procedure di raccolta dei dati, affinché siano soddisfatti gli obiettivi dello studio.

L'inventario costituisce dunque la parte centrale e più significativa dell'LCA e può essere suddiviso nelle parti di seguito descritte.

La prima operazione da compiere è la suddivisione del sistema in esame nelle operazioni unitarie che intervengono nella realizzazione del prodotto/servizio. Si procede quindi, per ciascuna operazione unitaria, alla definizione dei flussi in ingresso (energia, risorse e materie prime) e dei flussi in uscita (emissioni in aria, rilasci in acqua e nel suolo, produzione di rifiuti, prodotti intermedi) del sistema in esame. Tale operazione viene solitamente riassunta dalla rappresentazione grafica mediante un *flow chart* del sistema in esame.

Le fonti principali da cui è possibile attingere ai dati necessari all'analisi sono solitamente le seguenti:

- dati primari raccolti in sito tramite la compilazione di questionari;
- database contenuti negli specifici software di supporto alla LCA;
- manuali tecnici;
- bibliografia.

La qualità dei dati influisce notevolmente sull'attendibilità di uno studio LCA ed è quindi necessario specificarne sempre la provenienza; i dati possono infatti essere distinti nelle due tipologie seguenti:

- dati specifici provengono da rilievi diretti effettuati sulle attività produttive in esame oppure sono dati per i quali esiste un'esatta corrispondenza con operazioni contenute in banche dati LCA;
- dati generici sono ricavati dalla bibliografia e non trovano una esatta corrispondenza nelle voci delle banche dati LCA.

I dati possono anche essere suddivisi nelle seguenti due categorie:

- *primary data*, provenienti da rilievi diretti od ottenuti attraverso specifici questionari opportunamente compilati dagli operatori degli impianti oggetto di studio;
- *secondary data*, ricavati dalla letteratura, da manuali tecnici, da banche dati appositamente predisposte o da altri studi.

La maggior parte dei sistemi industriali produce, oltre ai prodotti utili, prodotti intermedi o di scarto, che possono anche essere riciclati, impiegandoli come materie prime. Occorre pertanto dividere il sistema oggetto dell'analisi LCA in sottosistemi, ognuno dei quali produca un singolo prodotto e tali che, una volta aggregati, portino ad un sistema di caratteristiche uguali a quelle del sistema di partenza. I flussi di materia ed energia devono quindi essere ripartiti tra i sottosistemi individuati secondo una procedura definita di allocazione (*allocation*). L'allocazione consiste pertanto nell'associare i carichi energetici, materiali ed ambientali ai vari coprodotti e sottoprodotti di un sistema.

In particolare l'allocazione deve garantire che i flussi in ingresso ed uscita del sistema siano ripartiti tra i differenti prodotti e sottoprodotti. L'allocazione può essere effettuata secondo le modalità seguenti:

- in base alle grandezze fisiche (massa, volume, energia) di ciascun prodotto (allocazione per via ponderale);
- in base al valore economico di ciascun prodotto (allocazione per valore economico);
- in funzione dell'importanza (qualità, quantità, costo e rilevanza strategica) dei vari prodotti.

L'allocazione deve essere ovviamente effettuata anche sugli impatti spettanti ai diversi prodotti (emissioni in aria, immissioni in acqua e suolo e produzione di rifiuti).

L'analisi di qualunque sistema, in ottica LCA, coinvolge anche lo studio delle modalità di trattamento e di gestione degli scarti di lavorazione e dei rifiuti. L'obiettivo è quello di poter individuare le modalità per la corretta gestione dei rifiuti, al fine di minimizzarne l'impatto e al fine di fornire utili indicazioni già nella progettuale di un processo o prodotto.

La gestione dei rifiuti può avvenire secondo le seguenti modalità (Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152-Testo Unico Ambientale- e s.m.i.):

- **smaltimento:** ogni operazione finalizzata a sottrarre definitivamente una sostanza, un materiale o un oggetto dal circuito economico e/o di raccolta e, in particolare, le operazioni previste nell'allegato B alla parte IV del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.:
 - messa in discarica
 - trattamento in ambiente terrestre (ad es. biodegradazione)
 - iniezioni in profondità
 - lagunaggio
 - immersione
 - incenerimento a terra e in mare
 - deposito permanente (ad es. in miniera abbandonata);
- **recupero/riciclo:** le operazioni che utilizzano rifiuti per generare materie prime secondarie combustibili o prodotti, attraverso trattamenti meccanici, termici, chimici o biologici, incluse la cernita o la selezione , e, in particolare, le operazioni previste nell'allegato C alla parte IV del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.:
 - utilizzo come combustibile
 - rigenerazione acidi e basi
 - recupero delle sostanze organiche e inorganiche
 - recupero dei metalli e loro composti
 - rigenerazione o reimpiego degli oli
 - spandimenti sul suolo a beneficio dell'agricoltura
 - messa in riserva per sottoporli alle operazioni di recupero su indicate.

Il riciclo (o riciclaggio) è senza dubbio l'operazione più importante ed interessante da analizzare e modellizzare in uno studio LCA. È, infatti, riconosciuta la sua funzione di portare al risparmio di energia e materie prime nonché alla diminuzione dell'inquinamento diretto e indiretto. Questo riconoscimento ha trovato anche un riscontro in sede legislativa, da quando i rifiuti riciclati sono stati considerati materia prima secondaria (m.p.s.), rendendo così anche economicamente vantaggioso un loro commercio.

L'importanza delle operazioni di riciclaggio e delle m.p.s. è stata riconfermata e ulteriormente sottolineata dalla recente normativa in tema di rifiuti (Testo Unico Ambientale e s.m.i.) e dalla strategia dell'Unione Europea IP/05/1673 del 22/12/2005 "*La nuova strategia sui rifiuti: fare dell'Europa una società che ricicla*".

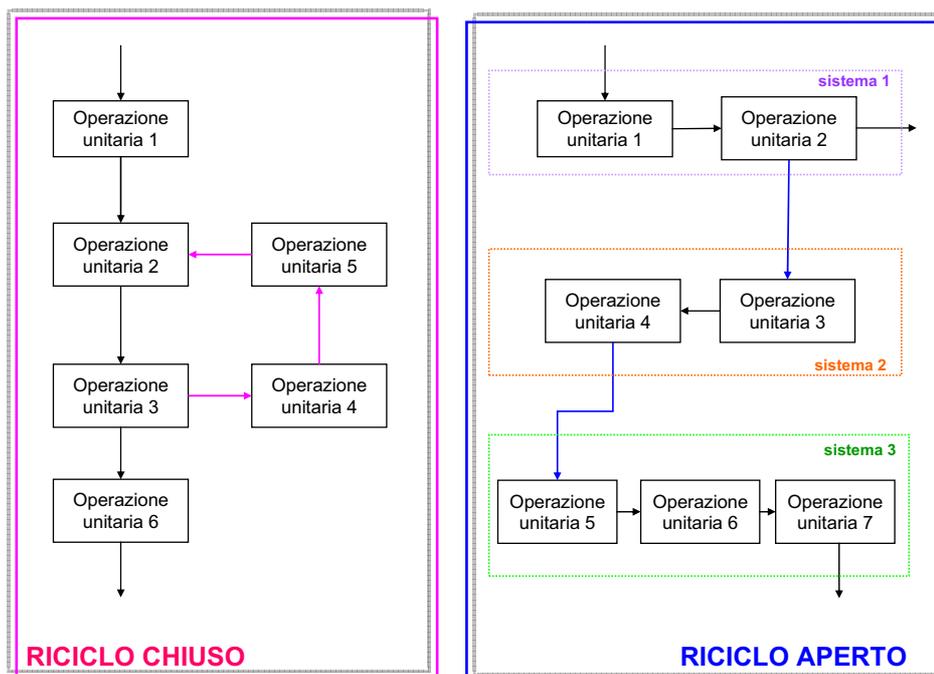


Figura 99 - Rappresentazione schematica del riciclo aperto e chiuso

Un sistema di riciclo può essere delle seguenti tipologie:

- **riciclo chiuso**, qualora il materiale recuperato, sottoposto a trattamento, venga immesso nuovamente nel medesimo processo produttivo, provocando degli effetti positivi in termini di riduzione del consumo delle risorse e quindi di riduzione dei relativi impatti ambientali;
- **riciclo aperto**, quando il prodotto riciclato verrà immesso in un nuovo processo così che i benefici conseguenti al trattamento saranno "assorbiti" dal nuovo processo.

Per quanto riguarda i dati relativi ai consumi di energia elettrica è necessario indicare qual è il contesto territoriale di riferimento (regionale, nazionale, Comunitario) per poter valutare il *mix* di combustibili che concorrono alla produzione dell'energia elettrica, l'efficienza globale del sistema ed i relativi impatti sull'ambiente.

I trasporti costituiscono un elemento fondamentale della maggioranza dei processi produttivi industriali e spesso la quantità di energia e gli impatti ad essi legati costituiscono una parte rilevante dei carichi energetici ed ambientali del sistema in esame.

La valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi al sistema di trasporto è quindi fondamentale in uno studio LCA di un sistema. Ne consegue che differenti modalità di trasporto causano impatti diversi per unità di prodotto trasportato, in particolare ciascun mezzo di trasporto impiegato ha diversi impatti ambientali. Ad esempio, un prodotto trasportato su un autocarro avrà, quale effetto indiretto sull'ambiente, un'emissione di NO_x pari a 1,033 g/km-t, mentre il trasporto del medesimo prodotto su ferrovia causerà un'emissione indiretta di NO_x pari a 0,04 g/km-t.

I risultati provenienti dall'inventario vengono solitamente raggruppati nelle principali categorie illustrate nella tabella seguente.

Tabella 40 - Categorie dei risultati provenienti dal LCI

Categoria	Parametri
Fonti di energia Primaria	Carbone, petrolio, gas, legno, en. idroelettrica e nucleare, ...
Materie prime	Ferro, legno, calcare, argilla, ghiaia e sabbia, acqua, ...
Emissioni in aria	Polveri, CO ₂ , SO _x , CH ₄ , CO, NO _x , ...
Emissioni in Acqua	COD, BOD, metalli, ...
Rifiuti solidi	Organici, inerti, pericolosi, riciclabili, ...
Emissioni nei suoli	Cadmio, zinco, rame, piombo, ...

La valutazione dell'impatto del ciclo di vita (Life Cycle Impact Assessment)

"La fase di valutazione dell'impatto della LCA (LCIA) ha lo scopo di valutare la portata di potenziali impatti ambientali utilizzando i risultati del LCI. In generale questo processo comporta l'associare i dati di inventario a specifiche categorie di impatti ambientali e indicatori di categoria e l'approfondire la comprensione di questi impatti. La LCIA fornisce informazioni per la fase di interpretazione del ciclo di vita" (UNI EN SIO 14040, par. 5.4)

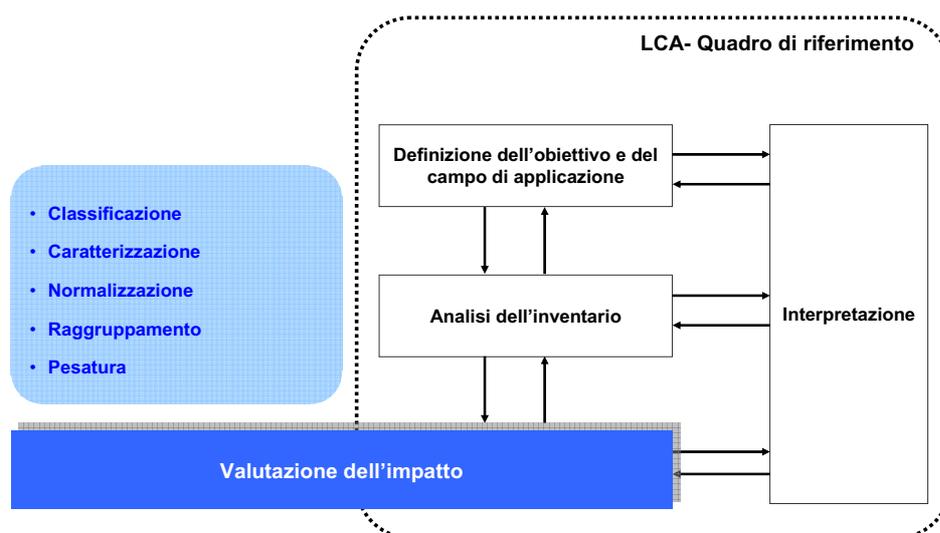


Figura 100 - Fase della valutazione dell'impatto del ciclo di vita (fonte: elaborazione da UNI EN ISO 14040-14044: 2006)

Nel contesto della LCA, viene definito *impatto ambientale* il risultato fisico immediato di una data operazione, consistente, in particolare, nell'emissione di certe sostanze, e che è associato con uno o più effetti ambientali. Nonostante questa fase si fondi sui risultati numerici forniti dalla LCI, non è possibile associare ad uno specifico impatto i suoi *effetti ambientali* e non è possibile quantificarli con esattezza. Questi ultimi, intesi come le modificazioni che l'ambiente subisce, potranno allora essere solo stimati sulla base di ipotesi e convenzioni da stabilire.

Secondo quanto detto sopra, la terza fase di uno studio LCA si occupa di quantificare gli effetti sull'ambiente e sull'uomo provocati dal sistema in esame. In particolare, ha lo scopo di imputare i consumi e le emissioni ottenuti dall'Analisi di Inventario a specifiche categorie di

impatto riferibili ad effetti ambientali conosciuti, tentando di quantificare, con opportuni metodi di caratterizzazione, l'entità del contributo complessivo agli effetti considerati. In questo modo l'impatto risulta rappresentato da valori numerici ottenuti elaborando i risultati dell'Inventario con operazioni di raggruppamento e classificazione: il suo collegamento con l'effetto consiste nel fatto che esso ne è causa potenziale.

Occorre segnalare che gli effetti ambientali sono classificati in base alle potenziali ricadute sulla salute dell'uomo e sull'ambiente, in funzione del tempo, dello spazio, della tipologia e gravità degli effetti, delle caratteristiche fisico-chimiche delle emissioni che li generano e del raggio d'influenza. In particolare, in base alla loro scala di azione, si dividono in *globali* (interessano tutto il pianeta), *regionali* (interessano un'area vasta qualche migliaio di chilometri intorno al luogo in cui si è manifestato l'impatto) e *locali* (interessano esclusivamente l'area immediatamente circostante il punto d'impatto).

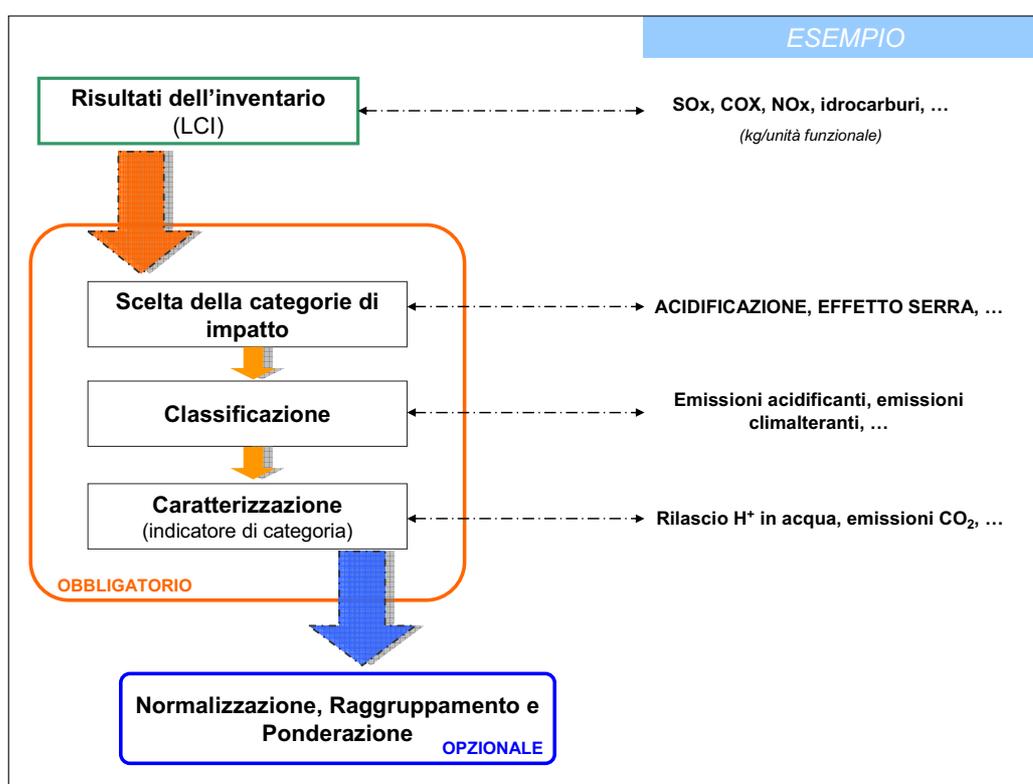


Figura 101 - Schema della LCIA (fonte: elaborazione da UNI EN ISO 14040-14044: 2006)

La norma UNI EN ISO 14044 definisce e standardizza la struttura della fase di LCIA nelle sotto fasi di seguito descritte.

1. Scelta e definizione delle categorie d'impatto

Nella prima sottofase del LCIA vengono identificate le tipologie d'impatto su cui agisce il sistema in esame. Le categorie d'impatto sono riferite ai potenziali effetti ambientali che scaturiscono dai risultati dell'*Inventary*. Ogni categoria è contraddistinta dal proprio indicatore.

Le categorie di impatto utilizzate negli studi LCA sono indicate nella tabella seguente, in cui sono riportate, per ciascuna di queste, una breve descrizione e la scala di influenza, definita secondo i criteri precedentemente esposti.

Tabella 41 - Caratteristiche delle categorie di impatto e relative scale di influenza
(fonte: ISO/ TR 14047)

Categorie di impatto	Descrizione	Scala
<p><i>Consumo di risorse</i></p> <p><i>Consumo di materiali</i></p> <p><i>Effetto Serra</i></p>	<p>Energia diretta consumata durante l'intero processo; in particolare le risorse vengono suddivise in rinnovabili e non rinnovabili.</p> <p>Materiali impiegati per la realizzazione dell'intero processo.</p> <p>È dovuto all'incremento della temperatura atmosferica in seguito all'aumento delle emissioni dei principali gas serra, quali vapor acqueo, CO₂, CH₄, N₂O ed O₃, che sono in grado di assorbire la radiazione infrarossa emessa dalla terra, contribuendo così al riscaldamento globale del pianeta ed ai conseguenti cambiamenti climatici.</p>	Globale
<p><i>Assottigliamento della fascia d'ozono</i></p>	<p>L'ozono è il gas che caratterizza la stratosfera ed ha la funzione di proteggere la Terra dai raggi ultravioletti del sole; la sua distruzione avviene a causa della presenza dei CFC (Cloro-fluoro-carburi) che, essendo molto stabili, raggiungono la stratosfera dove liberano il cloro che attacca le molecole di ozono. Le maggiori conseguenze di questo fenomeno riguardano soprattutto la salute dell'uomo (carcinomi, riduzione sistema immunitario, etc.).</p>	
<p><i>Acidificazione</i></p> <p><i>Formazione di smog foto-chimico</i></p>	<p>Consiste nell'abbassamento del pH dei laghi, fiumi, foreste e dei suoli; provocando conseguenze per la salute dell'uomo e per l'ambiente naturale. Le principali responsabili della acidificazione sono le emissioni provenienti dalla combustione di combustibili fossili, e in particolare di quelli ad elevato contenuto di zolfo.</p> <p>È causata dalla presenza degli idrocarburi incombusti e degli ossidi di azoto all'interno dei fumi di combustione del petrolio e derivati. Essi, reagendo tra loro in presenza della radiazione solare, producono ozono, che interagisce direttamente con l'organismo umano, creando un potenziale danno a causa della sua spiccata reattività chimica.</p>	Regionale
<p><i>Eutrofizzazione</i></p> <p><i>Tossicità per l'uomo e l'ambiente</i></p>	<p>Il massiccio apporto di sostanze come il fosforo e l'azoto (contenuti negli scarichi urbani e nei fertilizzanti) provoca un abbassamento del tenore di ossigeno nei suoli e nelle acque superficiali, limitando la crescita degli organismi viventi.</p> <p>È un effetto ambientale che riguarda la tossicità che può colpire qualsiasi organismo vivente o ecosistema. Poiché l'area d'influenza è in genere di tipo locale o al limite regionale, risulta molto complicato quantificare i vari contributi all'effetto complessivo; si ricorda che esistono comunque dei tentativi di standardizzazione per la potenziale tossicità che un determinato processo produttivo provoca.</p>	Regionale e Locale

2. Classificazione

La sottofase di classificazione consiste nell'organizzare i dati dell'Inventario, assegnando i valori di tutte le emissioni, gassose, solide e liquide, provocate direttamente ed indirettamente dal sistema considerato, alle varie categorie di impatto sopra definite.

In pratica, dopo avere individuato le tipologie di impatto da prendere in esame, si procede nell'organizzare e nell'assegnare una o più categorie di impatto ai dati dell'Inventario. Questa fase non è di facile esecuzione in quanto l'emissione di una singola sostanza può contribuire a più fenomeni d'impatto, provocando effetti a catena spesso difficilmente interpretabili. Ad esempio le emissioni in atmosfera di metano (CH₄) possono, nello stesso tempo, essere associate all'effetto serra, all'assottigliamento della fascia di ozono ed alla formazione di smog foto-chimico.

3. Caratterizzazione

Dopo aver completato la classificazione dei diversi impatti causati dal sistema in esame, i metodi di caratterizzazione permettono di determinare quantitativamente il contributo delle singole emissioni e di calcolare i valori degli indicatori di categoria.

In questo modo sarà possibile esprimere in un'opportuna unità di misura il contributo che l'operazione in esame fornisce ad ogni categoria prescelta. In questo modo l'impatto risulterà rappresentato da valori numerici ottenuti elaborando i risultati della LCI, tramite le operazioni di classificazione e caratterizzazione. I fattori di caratterizzazione dipendono dalla categoria d'impatto considerata.

Nella tabella seguente si riportano i fattori riferiti ai modelli di caratterizzazione relativi alle categorie di impatto riportati nelle norme ISO/TR 14047: 2003 e ISO/TS 14048: 2006.

Tabella 42 - Descrizione dei fattori di caratterizzazione in accordo con la norme ISO/TR 14047, ISO/TS 14048, ISO/TR 14025

Categoria di impatto	Indicatore	Caratterizzazione
Effetto serra	GWP – 100 anni <i>Global Warming Potential</i> [kg CO ₂ eq.]	I quantitativi di gas serra vengono espressi in kg di CO ₂ - equivalenti, attraverso un'operazione di standardizzazione basata sui potenziali di riscaldamento globale (<i>Global Warming Potentials</i> - GWPs). Il GWP di una sostanza è dato dal rapporto tra il contributo che il rilascio di 1 kg della sostanza in esame fornisce all'assorbimento della radiazione calda e quello fornito dall'emissione di 1 kg di CO ₂ .I GWP's sono calcolati per diversi periodi di esposizione. Nel caso della LCA si fa riferimento al GWP a 100 anni.
Consumo di risorse rinnovabili con contenuto energetico	Resources depletion [MJ] [kg materiali]	Si è soliti distinguere tra il consumo energetico da fonti rinnovabili diretto (espresso in MJ) ed il consumo di materie prime rinnovabili con contenuto energetico necessarie per lo svolgimento di un'operazione (espresso in kg di materia).
Consumo di risorse non rinnovabili con contenuto energetico	Resources depletion [MJ] [kg materiali]	Si è soliti distinguere tra il consumo energetico da fonti non rinnovabili diretto (espresso in MJ) ed il consumo di materie prime non rinnovabili con contenuto energetico necessarie per lo svolgimento di un'operazione (espresso in kg di materia).

Categoria di impatto	Indicatore	Caratterizzazione
Assottigliamento della fascia di ozono	ODP <i>Ozone Depletion Potential</i> [kg CFC-11 eq.]	La standardizzazione si basa sul potenziale di riduzione dell'ozono (ODP) e viene effettuata impiegando i fattori di conversione che trasformano i gas prodotti durante il processo in esame in kg di CFC-11 equivalenti.
Acidificazione	AP <i>Acidification Potential</i> [mol H ⁺ eq.]	Per la quantificazione di quest'impatto si impiegano fattori di standardizzazione che esprimono la tendenza delle singole emissioni a formare ioni di H ⁺ . L'acidificazione si esprime pertanto in termini di moli di ioni H ⁺ - equivalenti.
Eutrofizzazione	EP <i>Eutrophication Potential</i> [kg O ₂ eq.]	La standardizzazione dell'eutrofizzazione avviene riportando i quantitativi delle sostanze inventariate ai kg O ₂ -equivalenti, in base ad un potenziale di eutrofizzazione.
Formazione di smog foto-chimico	POCP <i>Photo-chemical Ozone Creation Potential</i> [kg C ₂ H ₄ eq.]	La quantità di ozono foto-chimico viene determinata attraverso una procedura che tiene conto della presenza di sostanze volatili. Il gas assunto come base di standardizzazione è l'etilene e pertanto le emissioni degli altri gas in grado di produrre potenzialmente ozono vengono espresse in kg di C ₂ H ₄ -equivalente, cioè riportate alla quantità di C ₂ H ₄ che può produrre la stessa quantità di ozono. L'unità di misura è quindi il kg di C ₂ H ₄ -equivalente.

Nel presente studio sono state scelte alcune delle categorie di impatto proposte riportate nella tabella precedente ed in particolare: il consumo di risorse energetiche, suddiviso in risorse non rinnovabili e rinnovabili, e l'effetto serra. Si tratta di categorie di impatto utilizzate da molti esperti LCA della comunità scientifica ed impiegate in modo significativo nella letteratura e nelle pubblicazioni di riferimento.

4. Normalizzazione, Raggruppamento e Ponderazione

L'ultima sottofase della LCIA è un'operazione opzionale, poiché non viene prescritta dalla UNI EN ISO 14040, e nasce dalla verifica della possibilità, sin dalle prime applicazioni della metodologia LCA, di esprimere i risultati della LCIA con dei fattori numerici, capaci di rappresentare quantitativamente in modo sintetico gli effetti ambientali del sistema oggetto di studio. È quindi interessante la prospettiva di normalizzare i risultati ottenuti, mediante la loro elaborazione per ottenere degli indici sintetici con cui valutare complessivamente il sistema in esame. Sono stati elaborati diversi metodi di normalizzazione, facenti riferimento a speciali parametri che rendono possibile l'aggregazione dei risultati delle diverse categorie di impatto.

Tabella 43 - Esempi di alcuni metodi di normalizzazione e pesatura

Metodo	Autore	Paese	Approccio
CML 1992	CML – University Leden	NL	Metodo basato sulla distanza da standard/target di riferimento.
CML 2000	CML – University Leden	NL	Metodo basato sulla distanza da standard/target di riferimento.
EPS 2000	IVL – Volvo-ABB	S	Monetario
EDIP/UMP96	DTU	D	Metodo basato sulla distanza da standard/target di riferimento
Eco-points 97	BUWAL	CH	Metodo basato sulla distanza da standard/target di riferimento
Eco-indicator 95	CE	NL	Metodo basato sulla distanza da standard/target di riferimento

Tra i diversi criteri di normalizzazione e pesatura (Tabella 43), nel presente studio è stato utilizzato il metodo degli Ecoindicatori (*Eco-indicator 99*), che risulta tra i più impiegati negli studi LCA reperiti in letteratura. Si è in oltre stabilito di utilizzare il metodo di caratterizzazione e normalizzazione CML 2000.

Il metodo degli Ecoindicatori è un metodo di pesatura e valutazione degli effetti ambientali che danneggiano gli ecosistemi o la salute umana a scala europea. Gli effetti presi in considerazione sono simili a quelli visti nella precedente fase di caratterizzazione: effetto serra, assottigliamento della fascia di ozono, acidificazione, eutrofizzazione, formazione di smog foto-chimico e sostanze tossiche, quali metalli pesanti, sostanze cancerogene o pesticidi. L'incidenza relativa dei diversi effetti ambientali viene stabilita attraverso un'operazione di pesatura con cui i risultati ottenuti vengono convertiti, mediante l'utilizzo di opportuni fattori numerici, in modo da determinare l'importanza di ogni singolo effetto e permettere il confronto della gravità e la determinazione di livelli di danno equivalente per i diversi impatti ambientali. Al fine, poi, di ottenere un risultato totale ed univoco dell'impatto ambientale del processo analizzato, si definisce l'Eco-indicator come somma degli Eco-indicator calcolati per i singoli impatti.

L'Interpretazione del ciclo di vita (Life Cycle Interpretation)

L'interpretazione è la fase della LCA "nella quale i risultati ottenuti nell'analisi di inventario e nella valutazione di impatto vengono combinati fra loro" (UNI EN ISO 14040: 2006, par. 5.5) in coerenza con l'obiettivo e il campo di applicazione definiti nella fase iniziale.

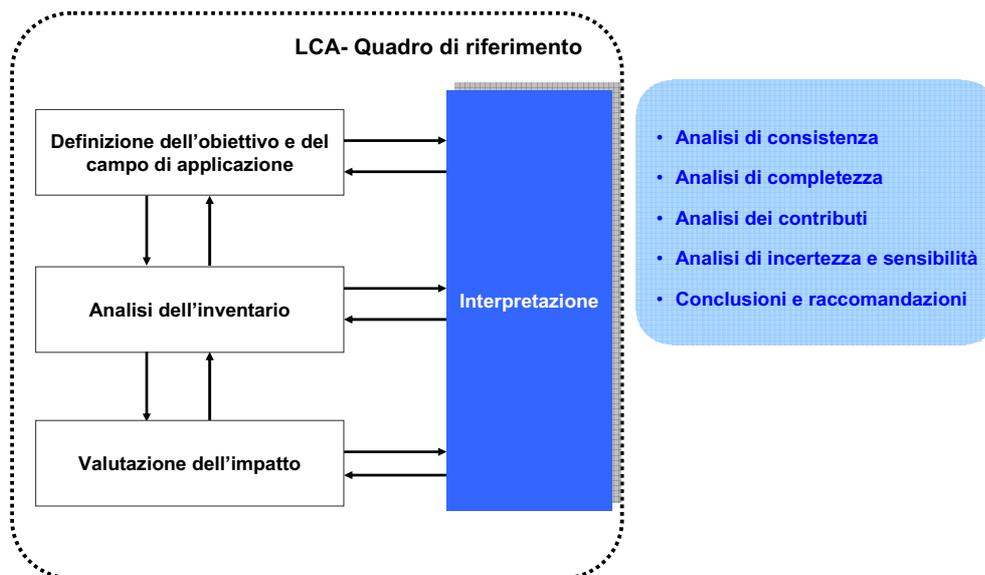


Figura 102 - Fase di Interpretazione del ciclo di vita (fonte: elaborazione da UNI EN ISO 14040-14044: 2006)

Tale fase compete il ciclo di analisi e valutazione di impatto ambientale, attraverso l'interpretazione dei risultati ottenuti, la proposta e la valutazione di azioni necessarie per migliorare le prestazioni ambientali del sistema oggetto di studio, in termini di modifiche o progettazione *ex novo*.

La fase di interpretazione e miglioramento si sviluppa attraverso i seguenti punti:

- *analisi di consistenza e completezza*: si verifica che i dati, le assunzioni, i metodi e i modelli siano completi e consistenti con lo scopo e l'obiettivo dello studio LCA;
- *analisi dei contributi*: lo scopo di tale analisi è stabilire il contributo delle varie operazioni unitarie/fasi/elementi/parametri ai risultati complessivi della LCA;
- *analisi di sensibilità e incertezza*: in tale fase si valuta l'influenza della variazione dei dati in ingresso, modificandoli, al fine osservare gli effetti che si generano sul risultato finale dello studio LCA; la variazione dei parametri può essere di tipo deterministico o probabilistico.
- *conclusioni e raccomandazioni*: si traggono le conclusioni dello studio effettuato, si propongono eventuali raccomandazioni ed azioni di miglioramento del sistema in esame, al fine di massimizzarne l'efficienza energetico-ambientale.

4.2.3. Generalità sull'applicazione della LCA ad un progetto

Nella presente sezione verrà fornita una descrizione sintetica delle fasi di sviluppo dell'applicazione della metodologia *Life Cycle Assessment* ad un progetto ingegneristico, in conformità ai requisiti delle norme UNI EN ISO 14040: 2006 e UNI EN ISO 14044:2006, al fine di illustrarne le attività operative e le connessioni con la fase di progettazione, mettendo in evidenza benefici ed informazioni che la LCA può portare alla fase di progettazione.

L'obiettivo di tale analisi è illustrare il percorso che ha portato a fornire linee guida e di indirizzo al progettista relativamente alle scelte progettuali e realizzative e gestionali del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo.

In generale, l'applicazione della LCA ad un edificio consiste nel suddividere le fasi principali del ciclo di vita in unità di processo per le quali vengono individuati e quantificati input ed output fisici, in termini di prelievi di energia e materiali dall'ambiente ed immissioni ed emissioni di reflui nell'ambiente (si tratta della cosiddetta fase di inventario).

In base ai requisiti indicati dalle norme di riferimento (UNI EN ISO 14040-14044: 2006), il modello LCA del progetto di un edificio comprende pertanto tutte le fasi principali riportate nello schema esemplificativo seguente.

Nel caso di un edificio i dati necessari sono quindi i seguenti:

- materiali costituenti l'involucro e le opere accessorie;
- materiali costituenti gli impianti;
- consumi energetici di cantiere;
- consumi di materiali ausiliari in cantiere;
- sfridi di cantiere;
- consumi di energia e materiali in fase d'uso (energia elettrica, combustibili, acqua, ecc.);
- materiali per manutenzione ordinaria;
- previsione della vita utile dell'edificio;
- consumi di energia e materiali in fase di smantellamento dell'edificio;
- previsione della gestione del fine vita e dei materiali risultanti.

Oltre a dati "diretti", definiti con il progettista, devono essere individuati i dati "indiretti" ovvero quelli relativi alla produzione dei materiali da costruzione ed alle fonti energetiche; in questo caso sono utilizzati solitamente studi pregressi, dati di letteratura e banche dati.

Devono essere inoltre formulate ipotesi di gestione del fine vita dell'edificio in conformità alle vigenti disposizioni normative in materia di rifiuti (nazionale ed europea) e facendo riferimento a *best practices*, anche in questo caso i dati di input e output relativi alle operazioni di dismissione sono solitamente reperiti in studi pregressi, banche dati e pubblicazioni tecnico-scientifiche.

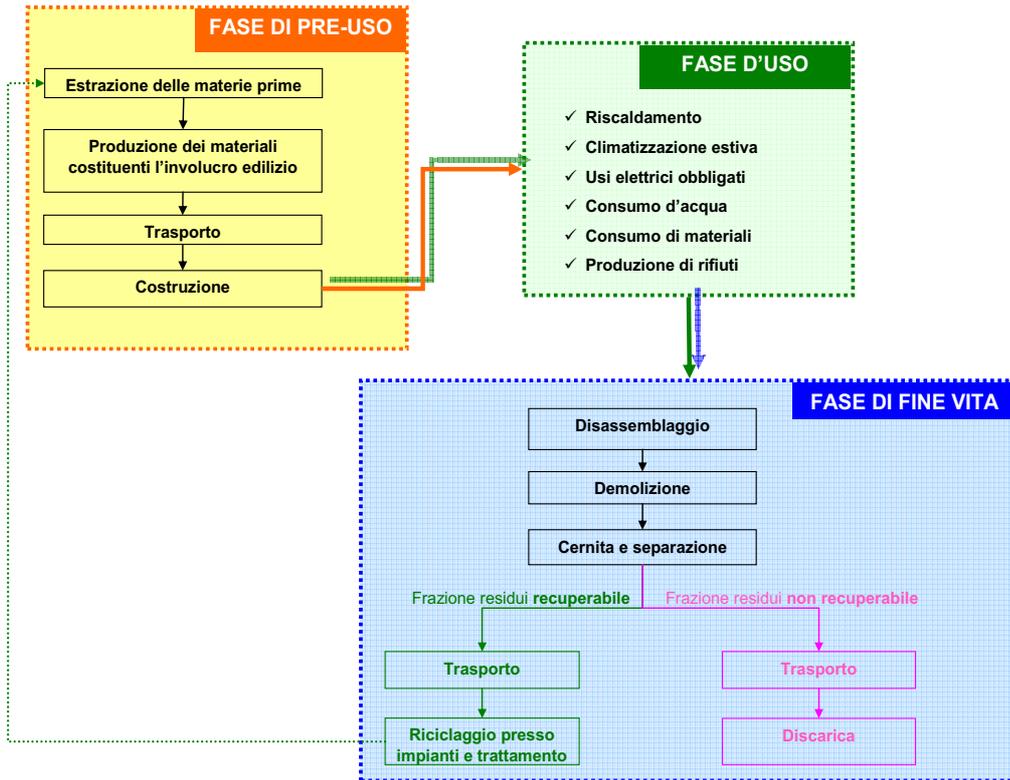


Figura 103 - Modello LCA di un generico edificio

Segue la descrizione delle fasi di uno studio LCA con riferimento alle interazioni tra i progettisti e il team di sviluppo della LCA, solitamente multidisciplinare, allo scopo di garantire una conoscenza approfondita delle varie fasi del ciclo di vita dell'edificio.

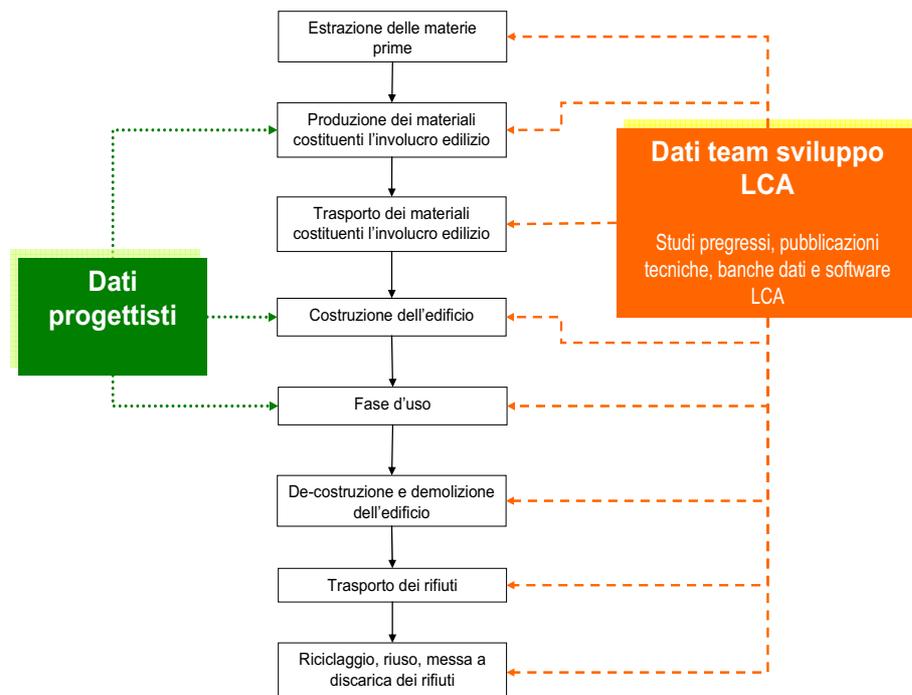


Figura 104 - Fasi dello studio LCA e ruolo del progettista e del team LCA

Fasi del ciclo di vita di un edificio

Per ciascuna fase dello studio LCA si fornisce l'indicazione delle attività da sviluppare.

1. Estrazione delle materie prime di base

I dati relativi a questa fase vengono solitamente reperiti in studi LCA pregressi, pubblicazioni tecniche, banche dati e software a supporto della LCA.

Le banche dati più facilmente reperibili sono quelle presenti nei software di supporto alla LCA. Si tratta di database internazionali sviluppati da università, centri di ricerca, enti ed agenzie governative.

Si citano di seguito le banche dati presenti nel software LCA, il SimaPro 7.1, utilizzato nel presente studio:

- BUWAL250 (1997) sviluppata dall'EMPA (agenzia di protezione dell'ambiente svizzera);
- ETH-ESU (1996) sviluppata dall'*Eidgenössische Technische Hochschule* di Zurigo;
- IDEMAT 2001 sviluppata dalla *Delft University of Technology*;
- FRANKLIN US LCI (2003) sviluppato negli USA;
- IVAM sviluppata dalla *University of Amsterdam*;
- Ecoinvent, sviluppata da sei istituti internazionali (ETH, PSI, EPA, EMPA, ART)

Quest'ultima è la banca dati più recente (2004) e contiene 2500 processi riferiti ai paesi europei, recentemente è stata pubblicata la versione 2.0 (dicembre 2007).

2. Produzione dei materiali da costruzione selezionati per l'edificio

I materiali da costruzione vengono definiti in base alle indicazioni fornite dai progettisti e talvolta possono essere anche ipotizzati facendo riferimento a studi pregressi. Gli eco-profili energetico-ambientali di tali materiali sono solitamente definiti da studi reperiti in letteratura, pubblicazioni tecniche, banche dati e software a supporto della LCA.

3. Trasporto dei materiali in cantiere

I dati relativi a questa fase vengono stimati dal team di sviluppo della LCA in collaborazione con i progettisti e possono essere eventualmente ridefiniti successivamente in fase di avvio del cantiere, mediante la realizzazione di una campagna di raccolta dati "*diretti*".

4. Costruzione dell'edificio

Per quanto riguarda il cantiere per la costruzione, le tempistiche, l'utilizzo di materie prime e ausiliarie, gli sfridi di cantiere ed il consumo di risorse ed energia vengono utilizzati dati e informazioni derivanti dall'esperienza dei progettisti, da studi pregressi e pubblicazioni tecniche. Successivamente alla fase di avvio del cantiere possono essere eventualmente ridefiniti i dati diretti raccolti con apposite interviste alle imprese esecutrici.

I materiali costituenti l'involucro edilizio vengono definiti o stimati sulla base delle indicazioni fornite dai progettisti e talvolta vengono anche ipotizzati con riferimento alle quantità necessarie alla realizzazione dell'edificio. In questo modo le valutazioni vengono riferite ad **1 m² di superficie netta calpestabile**.

Durante questa fase di sviluppo dell'analisi LCA possono essere effettuate anche alcune simulazioni, variando alcuni materiali costituenti l'involucro al fine di valutare le variazioni degli impatti totali ascrivibili alla fase di pre-uso ed al totale ciclo di vita dell'edificio.

La fase di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'edificio verrà determinata in base al numero di anni di servizio di ciascun componente dell'involucro e degli impianti.

5. Fase d'uso dell'edificio

I dati relativi alla fase d'uso dell'edificio oggetto di studio vengono desunti principalmente dal progetto e sono solitamente integrati e/o verificati con i dati seguenti:

- ricerche pregresse;
- consumi energetici del Piano Energetico della Regione Piemonte;
- consumi energetici del Piano Energetico della Provincia di Torino;
- statistiche nazionali dell'ENEA.

I consumi energetici in fase d'uso saranno previsti in riferimento a **1 m², all'anno**.

6. De-costruzione dell'edificio

I dati di tale fase vengono ricavati da ipotesi e stime effettuate sulla base di ricerche e studi pregressi, pubblicazioni tecniche, prescrizioni legali e *best practices* di riferimento.

In questa fase devono essere ipotizzate le operazioni per la de-costruzione degli elementi dell'involucro edilizio finalizzate al successivo riciclaggio/recupero dei materiali.

7. Riciclaggio - riuso - messa a discarica dei materiali derivanti dallo smantellamento/demolizione dell'edificio

In questa fase sono ipotizzate le operazioni per il riciclaggio/recupero dei materiali, includendo la collocazione a discarica dei materiali residui, facendo riferimento a studi pregressi, dati di letteratura ed a banche dati. In particolare recenti studi e ricerche hanno sottolineato la rilevanza della corretta gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione, definendo la gestione del fine vita di un edificio come una delle fasi del processo di costruzione con impatti ambientali positivi in termini energetici, di uso del territorio e di risparmio delle risorse e delle materie prime (Kilbert, 2006). La principale ipotesi di lavoro è solitamente che tutte le frazioni dei residui potenzialmente riciclabili siano avviate al recupero. In questo modo i carichi energetico-ambientali dei materiali riciclati verranno sottratti dagli impatti del ciclo di vita dell'edificio oggetto di studio, ovviamente al netto dei carichi determinati dalle operazioni di riciclaggio. Si fa notare che in questo modo gli impatti di questa fase in genere sono di segno opposto a quelli delle altre fasi. In altre parole, al crescere della percentuale di riuso e riciclaggio, si riducono gli impatti dell'edificio. In particolare le operazioni di riciclaggio dei vari materiali vengono derivate solitamente da studi LCA e dati reperiti in letteratura, banche dati e pubblicazioni tecniche di associazioni ed enti

(APAT, ANPAR, CNA, COREVE, ...). È anche interessante ed utile ipotizzare un diverso scenario di gestione del fine vita dell'edificio ed in particolare che tutte le frazioni merceologiche vengano inviate a discarica, così da poter valutare gli effettivi benefici derivanti dal recupero e dal riciclaggio dei rifiuti da costruzione e demolizione.

4.2.4. Applicazione della LCA al progetto preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa - Sanpaolo

Nel seguito si riportano le fasi dello sviluppo dell'applicazione della metodologia *Life Cycle Assessment* al progetto preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, conformemente ai requisiti delle norme di riferimento (riportati sinteticamente nel testo seguente, per ciascuna fase di sviluppo della LCA, mediante note in carattere corsivo):

- UNI EN ISO 14040: 2006, *Environmental management- Life cycle assessment- Principles and framework*;
- UNI EN ISO 14044: 2006, *Environmental management- Life cycle assessment- Requirements and guidelines*;
- UNI ISO/TS 14048: 2006, *Environmental management- Life cycle assessment-Data documentation format*;
- UNI ISO/TR 14047: 2003, *Environmental management- Life cycle impact assessment- Example of application of ISO 14042*.

Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

UNI EN ISO 14040:2006- par. 5.2 Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione.

L'obiettivo della LCA indica l'applicazione prevista, le motivazioni dello studio, il pubblico a cui è destinato e l'utilizzo dei risultati. Il campo di applicazione deve essere ben definito, al fine di assicurare che ampiezza, profondità e dettaglio dello studio siano compatibili con l'obiettivo stabilito e sufficienti per conseguirlo.

Il presente studio è relativo all'applicazione della metodologia LCA al **progetto preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo**, localizzato nel Comune di Torino, nell'area compresa tra Corso Vittorio Emanuele II e Corso Inghilterra, all'interno dell'Ambito 8.18/3 Spina 2 – Porta Susa.

L'applicazione utilizzata per l'analisi è il SimaPro 7, software realizzato negli anni '90 dalla Prè Consultants ed impiegato per l'analisi degli impatti ambientali causati da prodotti e servizi. All'interno del software sono presenti diverse banche dati internazionali (Ecoinvent, ETH ESU, Buwal 250, etc.) contenenti il profilo energetico/ambientale di numerosi prodotti e processi tra cui materiali, energia, trasporti, processi per lo smaltimento ed il trattamento dei rifiuti.

Obiettivi e campo di applicazione

Il presente studio LCA "dalla culla alla culla" del progetto preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo include tutte le fasi del ciclo di vita e pone particolare attenzione agli impatti associati ai materiali costituenti l'involucro edilizio ed alla gestione della fase di fine vita.

La metodologia LCA è stata applicata ai dati relativi al progetto preliminare dell'opera come strumento di supporto alla progettazione, allo scopo di fornire le linee guida ed i passi da seguire per individuare le soluzioni tecnico-progettuali più sostenibili dal punto di vista energetico-ambientale.

L'obiettivo generale dell'applicazione della metodologia LCA al progetto preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo è quindi quello di indirizzare le scelte progettuali definitive e realizzative, mediante la valutazione integrale dei carichi energetico-ambientali dei materiali, delle tecniche costruttive e delle tipologie degli impianti di servizio che, a livello complessivo e non di singolo componente, consentano i più bassi consumi possibili di risorse e la minore generazione di emissioni inquinanti e rifiuti.

Gli obiettivi specifici dello studio sono i seguenti:

- analizzare gli impatti ambientali associati al Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo lungo tutto il suo ciclo di vita, passando dalla fase di pre-uso (produzione dei materiali costituenti l'involucro, loro trasporto al cantiere, posa in opera ed edificazione), la fase d'uso e la fase di fine vita/dismissione;
- determinare il contributo di ciascuna fase del ciclo di vita alla formazione degli impatti globali;
- determinare il contributo dei materiali posti in opera agli impatti dell'involucro ed agli impatti globali del ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo;
- valutare i benefici derivanti da una corretta gestione del fine vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo ed in particolare derivanti dallo smantellamento e recupero del materiale di risulta;
- analizzare diverse alternative di gestione del fine vita;
- fornire indicazioni e raccomandazioni per la successiva fase di progettazione definitiva.

Nel presente lavoro verrà pertanto focalizzata l'attenzione sugli impatti associati a ciascuna fase del ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo ed associati ai materiali posti in opera soprattutto in relazione alla loro gestione al termine della vita utile dell'opera.

Unità funzionale

L'analisi bibliografica condotta ha messo in evidenza che l'unità funzionale comunemente adottata in studi LCA di edifici è la superficie dell'area calpestabile. Altre potenziali unità funzionali utilizzate sono anche l'involucro complessivo oppure il numero di occupanti; impiegando tali unità non sarebbe, tuttavia, possibile effettuare eventuali confronti oggettivi con analoghi studi LCA. Si tratta, infatti, di unità di misura variabili, soprattutto se si considera il ciclo di vita medio di un edificio (oltre 50 anni). Per tale ragione si è deciso di adottare come **unità funzionale 1 m² di area calpestabile**, per un periodo di **70 anni**. Durante le operazioni di *Life Cycle Inventory* i dati in ingresso sono stati riferiti all'intero edificio. Il Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo è un edificio a pianta rettangolare, di altezza complessiva 150 m (dal livello stradale), pari a 37 piani fuori terra, e di superficie interna complessiva di 40.121 m².

Confini del sistema

Le fasi del ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo incluse nel modello LCA sono la fase di pre-uso, la fase d'uso e la fase di fine vita.

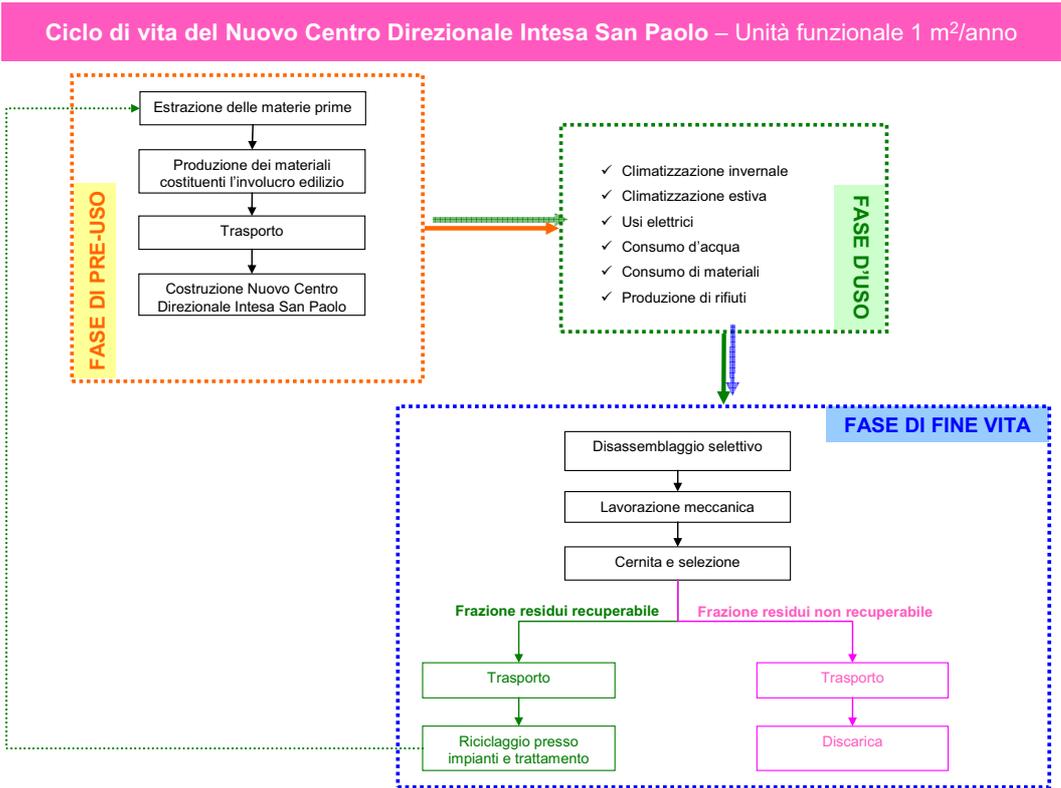


Figura 105 - Ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo

La **fase di pre-uso** è relativa alla produzione ed al trasporto di tutti i materiali da costruzione impiegati per la realizzazione del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo. Al fine di procedere alla quantificazione di tutti i materiali componenti l'involucro edilizio, nella documentazione del progetto preliminare, sono stati identificati i sistemi costitutivi l'involucro del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo.

Tabella 44 - Elementi costitutivi del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo

Elemento costitutivo	Componenti/materiali
Fondazioni e sottofondazioni	Calcestruzzo, armature, acciaio.
Strutture portanti (solai, pilastri, setti, ...)	Calcestruzzo, armature, acciaio.
Piani interrati	Calcestruzzo, armature, acciaio.
Involucro esterno e coperture	Vetro, legno, cemento, alluminio, lamiere acciaio.
Tamponamenti e partizioni orizzontali	Calcestruzzo, PVC, isolanti, polietilene, lana di vetro, cartongesso, cemento.
Finiture	Cemento, pietra/marmo, gres, ceramici, PVC, HDPE, legno vernici, acciaio, cartongesso, alluminio, lamiera acciaio, fibra minerale.
Impianti	Acciaio, alluminio, rame, HDPE, PVC, polietilene, cemento, calcestruzzo.
Giardini e aree verdi	Arbusti, alberi, essenze, fiori.

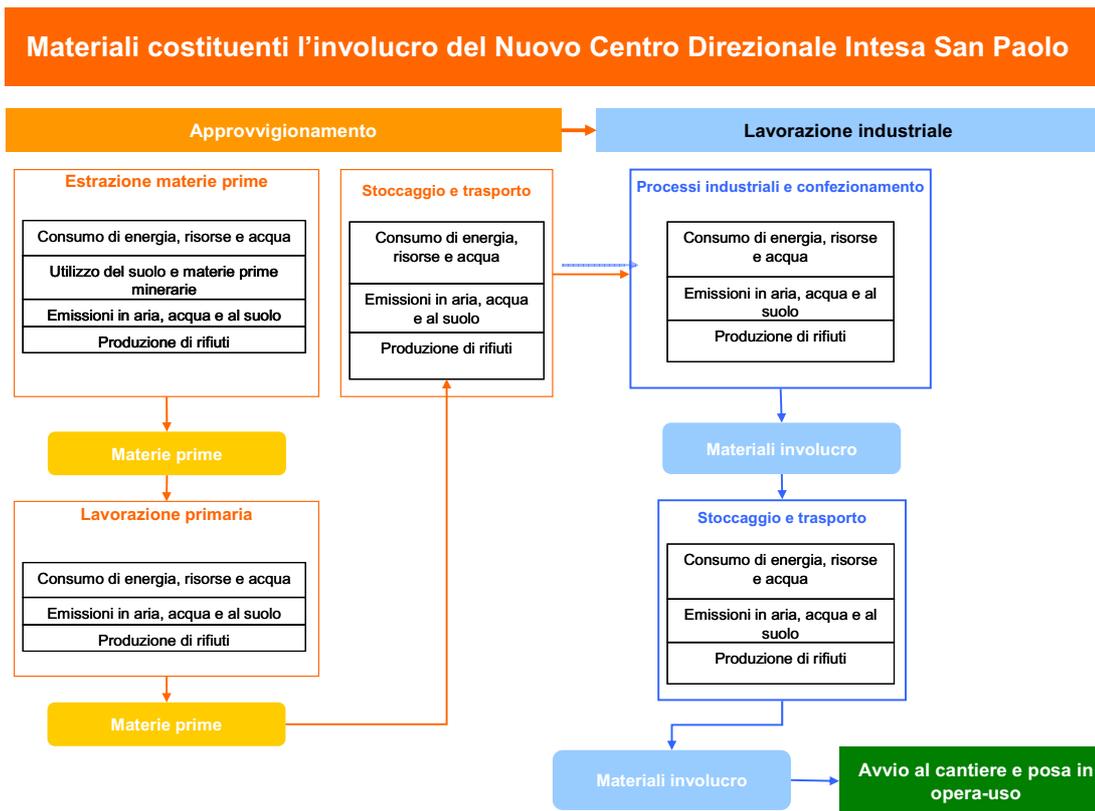


Figura 106 - Ciclo di vita dei materiali dell'involucro del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo

Gli eco-profilo della maggior parte dei materiali (Fig.5.2-12), che costituiscono l'involucro del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, sono stati inclusi nel modello e sono stati desunti da studi LCA pregressi, pubblicazioni tecniche (EPD – *Environmental Product Declaration*, ...), banche dati e dal software SimaPro 7.1, utilizzato nel presente studio. Nella fase di pre-uso si è anche tenuto conto delle tecniche di costruzione e dei consumi di risorse, energia e materiali ausiliari, nonché della produzione di rifiuti, sfridi e scarti di lavorazione.

La **fase d'uso** include tutte le attività relative all'uso del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, per un periodo di vita di 70 anni, ed è necessaria per rendere completa l'analisi LCA e determinare il contributo relativo di ciascuna fase. Gli aspetti predominanti che caratterizzano la fase d'uso del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo riguarderanno essenzialmente i consumi energetici, la manutenzione, i consumi di acqua potabile e irrigua e la produzione di rifiuti. Nel presente studio sono stati trascurati dalla fase d'uso i dati relativi alla produzione dei rifiuti oggetto di specifica analisi nella presente relazione. Sono stati altresì trascurati i dati relativi al consumo di acqua; l'analisi bibliografica di studi LCA pregressi ha messo in evidenza che l'impatto energetico-ambientale associato a tali consumi è trascurabile rispetto a quelli dell'intera fase d'uso e dell'intero ciclo di vita dell'edificio. Tutti i dati considerati sono stati desunti dalla documentazione del progettuale, da pubblicazioni tecniche, studi LCA pregressi, banche dati e statistiche ufficiali (nazionali e regionali).

La **fase di fine vita** è relativa al disassemblaggio ed allo smantellamento dell'involucro edilizio del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo ed alle operazioni di gestione delle varie tipologie di materiali residui ottenuti. In tale fase sono state incluse tutte le operazioni

necessarie per la realizzazione dello smantellamento, le operazioni accessorie, le eventuali lavorazioni meccaniche, la raccolta ed il trattamento delle diverse frazioni merceologiche ottenute, fino alla produzione delle materie prime secondarie. Nel caso del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo si è ipotizzato che tutte le frazioni merceologiche derivanti dallo smantellamento vengano avviate a recupero e riciclo ad eccezione di una frazione residua non recuperabile che verrà avviata a discarica. Tali ipotesi sono state effettuate tenendo conto delle modalità realizzative e della tipologia di materiali costituenti l'involucro, nonché delle normative vigenti in materia di rifiuti e della letteratura tecnica, oltre che di esempi di *best practices* sviluppati a livello internazionale. Sono state in particolare analizzate le seguenti linee guida e pubblicazioni tecniche:

- *High performance Building guidelines* della Municipalità di New York (1999);
- *Construction & Demolition Waste* della Municipalità di New York (2003);
- *High performance Infrastructure guidelines* della Municipalità di New York (2005);
- *A Report on The Demolition Protocol*, commissionato da London Remade e predisposto dall' EnviroCentre Ltd (2007);
- *National Waste Strategy, Scotland: draft briefing note for construction and demolition waste National best practice project* dell'Agenzia Scozzese per la Protezione dell'Ambiente (2005);
- *Sustainable Construction. Green Building Design and Delivery*, di C. J. Kibert (2006).

Qualità e categorie dei dati

Molti dati inseriti nel presente studio LCA sono stati derivati dagli eco-profilo di studi LCA pregressi, da banche dati e pubblicazioni tecniche. I dati relativi alla produzione ed al trasporto di materie prime ed alla produzione di combustibili e di energia sono stati desunti dalle banche dati presenti nel software SimaPro 7.1. Le quantità dei materiali che costituiscono l'involucro edilizio ed i dati relativi alla fase d'uso sono stati definiti sulla base dei dati tecnici del progetto preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo. I dati relativi alla fase di fine vita, definita in base alle ipotesi sopra descritte effettuate e facendo riferimento a letteratura scientifica, *best practices* e pubblicazioni tecniche, derivano da banche dati e studi pregressi reperiti in letteratura.

Analisi di Inventario

UNI EN ISO 14040:2006 - par. 5.3 Analisi di inventario del ciclo di vita (LCI)

L'analisi di inventario comprende la raccolta dei dati e i procedimenti di calcolo che consentono di quantificare gli elementi in ingresso e in uscita pertinenti di un sistema.

Il modello dello studio LCA del progetto preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo è schematizzato nella Figura 105.

L'involucro edilizio e la fase di costruzione

La costruzione dell'inventario relativo alla prima fase del ciclo di vita dell'edificio in esame ha previsto l'inserimento dei seguenti dati:

- le quantità di ciascun materiale costituente l'edificio;

- l'energia consumata in fase di costruzione.

Le quantità e le caratteristiche dei materiali costituenti l'involucro del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo sono state desunte dai dati presenti nella documentazione del progetto preliminare ed in particolare i dati sono quelli riportati nei documenti seguenti:

- Computo Metrico Estimativo delle Opere Edili e Strutturali (*Tekne Ingegneria/ Manens Intertecnica*);
- Computo Metrico Estimativo degli Impianti Elettrici Speciali (*Tekne Ingegneria/ Manens Intertecnica*);
- Computo Metrico Estimativo degli Impianti Meccanici (*Tekne Ingegneria/ Manens Intertecnica*);
- Analisi Energetica e Ambientale (*Manens Intertecnica*).

La figura seguente riporta la composizione media percentuale dell'involucro del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo. Il calcestruzzo e i materiali metallici rappresentano i materiali predominanti.

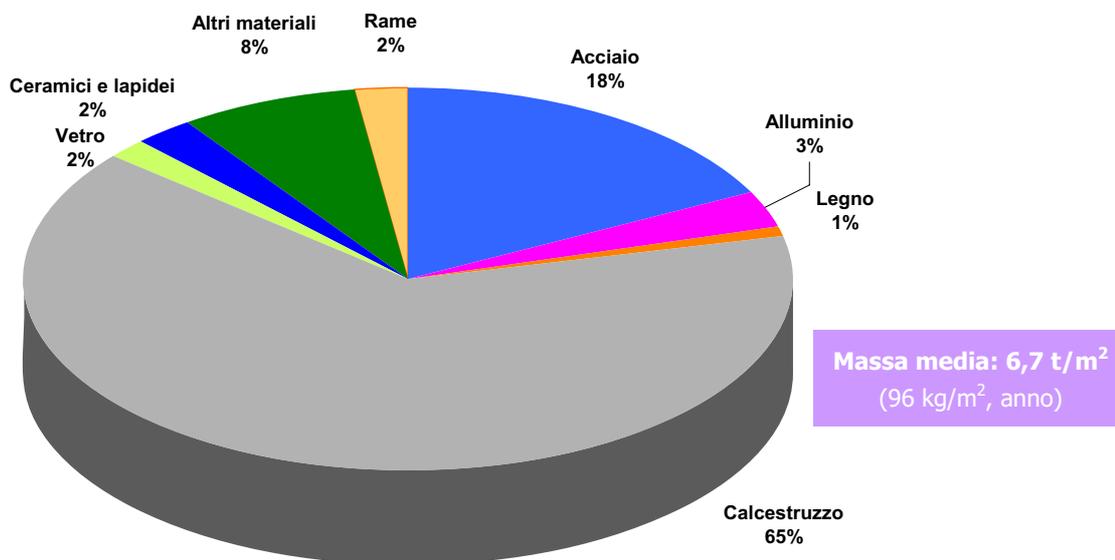


Figura 107 - Composizione media dell'involucro del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo

Si è ipotizzato che il trasporto dei materiali da costruzione al cantiere avvenga su autocarri con una portata variabile e lungo una distanza oscillante mediamente tra 20 e 150 km, a seconda del materiale.

L'installazione del cantiere e la costruzione del grattacielo in esame prevedono la predisposizione e la progettazione di aspetti logistici ed organizzativi (localizzazione baracche, servizi di cantiere, opere provvisorie, ...) e l'utilizzo di mezzi e macchinari (gru, piattaforme aeree, mezzi di scavo e movimento terra, compressori, impianti betonaggio, ...).

L'analisi degli aspetti logistici ed organizzativi non rientra nel campo di applicazione della LCA in quanto includono elementi solitamente riutilizzati dalle imprese esecutrici. Detti aspetti sono oggetto di analisi specifiche nella documentazione progettuale ed in particolare

nel Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC), previsto ai sensi dell'art. 100 e dell'allegato XV del D. Lgs. 81/2008.

Nell'inventario sono stati invece inclusi i consumi di energia e risorse per il funzionamento di macchinari, mezzi ed impianti impiegati. I dati specifici relativi a tali consumi sono stati desunti dalle indicazioni del progetto e del Piano di Sicurezza e Coordinamento (aspetti strutturali, costruttivi e impiantistici), integrati con dati tecnici di impianti, macchinari e mezzi presenti in commercio.

Al fine di tenere conto delle perdite di materiale in fase di posa in opera e della produzione di rifiuti e sfridi durante la fase di costruzione, si è ritenuto utile attribuire ai materiali costituenti l'involucro un fattore di efficienza. Si tratta, infatti, di un procedimento adottato nella maggior parte degli studi LCA di edifici analizzati in letteratura. In particolare detto procedimento consente di tenere conto del rendimento dei materiali e della quantità di sfridi prodotti durante il processo di edificazione, a causa di rotture, perdite, errori, rifacimenti, ... In letteratura si è riscontrato che solitamente i materiali più fragili (ad esempio ceramici e vetro) sono caratterizzati da rendimenti variabili tra il 90-95%, in quanto più soggetti a rotture, mentre calcestruzzo, materiali metallici, plastici ed isolanti sono caratterizzati da perdite inferiori e quindi da un rendimento del 95-97%.

Il fattore di efficienza dei materiali posti in opera nel Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo è stato posto pari a valori variabili dal 90% al 97%, con rendimento minore per i materiali fragili e rendimenti maggiori per gli altri materiali.

La fase d'uso

I dati relativi alla fase d'uso sono relativi ai consumi di energia per la climatizzazione (invernale ed estiva), illuminazione ed altri usi elettrici ed alla manutenzione dell'involucro del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo.

L'inventario dei consumi energetici riferiti alla fase d'uso è stato realizzato in base ai dati presenti nella documentazione del progetto preliminare ed in particolare nell'Analisi Energetica e Ambientale (*Manens Intertecnica*) e nelle relazioni di Computo Metrico Estimativo degli Impianti Elettrici Speciali e Meccanici (*Tekne Ingegneria/ Manens Intertecnica*).

I dati relativi alla manutenzione dell'involucro sono stati desunti ipotizzando quanto segue:

- gli impianti e le finiture esterne verranno sostituiti integralmente dopo 35 anni di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo;
- calcestruzzo, vetri dell'involucro ed acciaio strutturale subiranno interventi di ripristino e sostituzioni parziali lungo i 70 anni di vita dell'opera.

Le quantità di materiali da costruzione, necessarie per la manutenzione ed individuate secondo le ipotesi sopra indicate, sono state quindi inserite come incremento automatico delle quantità presenti nell'inventario dell'involucro.

La fase di fine vita

Come detto in precedenza, la definizione della fase di fine vita è avvenuta effettuando alcune ipotesi relativamente allo smantellamento dell'involucro edilizio del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo ed alle operazioni di gestione delle varie tipologie di materiali residui ottenuti.

I dati relativi alla fase di fine vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo sono stati ipotizzati in base alle sue modalità realizzative, al progetto preliminare, al Piano di Sicurezza e Coordinamento e facendo riferimento alle pubblicazioni tecniche, *best practices* e linee guida elencate precedentemente. Le ipotesi relative alla destinazione delle diverse tipologie di rifiuti prodotti sono state effettuate tenendo conto soprattutto delle prescrizioni legali nazionali ed anche delle possibili evoluzioni della legislazione, europea e nazionale, in materia di gestione dei rifiuti speciali e discariche.

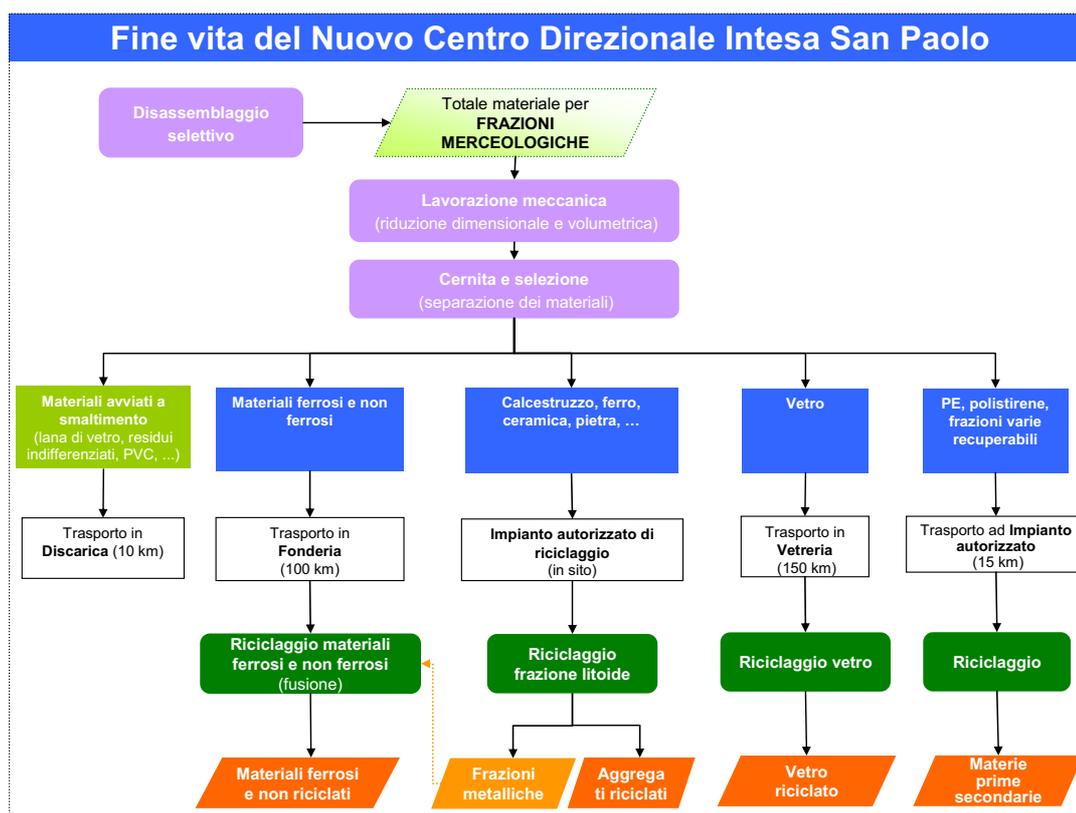


Figura 108 - Fase di fine di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo

Si è ipotizzato che il processo di disassemblaggio del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo avvenga secondo le fasi seguenti:

- smontaggio selettivo e rimozione dei vari materiali;
- separazione dei residui in specifiche categorie;
- cernita e separazione;
- operazioni accessorie;
- lavorazioni meccaniche per la riduzione dimensionale e volumetrica;
- deposito preliminare;
- carico ed avvio alle operazioni di recupero e smaltimento presso siti autorizzati.

Allo scopo di ottenere residui omogenei e di rendere il più elevata possibile la percentuale di rifiuti avviati al recupero ed al riciclaggio, verrà attuato lo smontaggio selettivo secondo le fasi seguenti:

- smontaggio e rimozione elementi interni (pavimentazioni, infissi, finiture, sanitari, elementi impianti, ...);
- smontaggio e rimozione rivestimento esterno e copertura;
- smontaggio e rimozione elementi in acciaio;
- demolizione delle opere in calcestruzzo;

Secondo lo scenario sopra ipotizzato, i residui del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo potranno essere avviati a recupero e riciclaggio per la produzione di materie prime secondarie da immettere nei cicli produttivi del settore delle costruzioni e più in generale dell'industria. In particolare il 90% delle frazioni metalliche e plastiche recuperabili verrà avviato al recupero presso centri autorizzati.

Il calcestruzzo e le frazioni ceramiche verranno recuperati integralmente mediante un impianto di trattamento per la produzione di aggregati riciclati. Si è ipotizzato che l'impianto di recupero venga localizzato presso il cantiere di smantellamento del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, viste le notevoli quantità di materiali da sottoporre a trattamento. In questo modo sarà possibile ridurre i trasporti presso impianti terzi e di conseguenza i relativi carichi energetico-ambientali ad essi associati.

Le frazioni ed i residui della separazione non recuperabili verranno avviati a discariche autorizzate.

I dati relativi alle operazioni di trattamento delle diverse tipologie di rifiuti sono stati desunti da pubblicazioni tecniche (APAT, ANPAR, ...), studi LCA pregressi e dalle banche dati presenti nel software SimaPro utilizzato.

L'installazione del cantiere di smantellamento del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo prevede la predisposizione e la progettazione di aspetti logistici ed organizzativi (servizi di cantiere, recinzioni, opere provvisorie, ...) e l'utilizzo di mezzi e macchinari (gru, cesoie, mezzi di scavo e movimento terra, compressori, impianti trattamento, ...).

I dati relativi ai mezzi, macchinari ed impianti impiegati sono stati desunti a partire dal progetto preliminare (aspetti costruttivi ed organizzativi) in base alle attività del processo di smantellamento sopra descritte. I consumi di risorse ed energia per il funzionamento dei mezzi e l'attuazione delle operazioni di smontaggio e disassemblaggio del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo sono stati desunti da banche dati LCA, pubblicazioni tecniche e dati tecnici di mezzi in commercio.

Criteri di allocazione

Al fine di determinare gli effettivi benefici derivanti dal riciclaggio è necessario adottare un criterio di allocazione. Nel presente studio è stato scelto il criterio di allocazione in base alla massa (*mass allocation*).

Analisi e valutazione degli impatti

UNI EN ISO 14040:2006 - par. 5.4 Valutazione dell'impatto del ciclo di vita (LCIA)

La fase di LCIA ha lo scopo di valutare la portata di potenziali impatti ambientali utilizzando i risultati del LCI. La LCIA comporta l'associare i dati di inventario a specifiche categorie di impatto ambientale e indicatori di categoria e l'approfondire la comprensione di questi impatti,

L'Analisi degli Impatti è stata effettuata secondo i requisiti indicati dalle norme di riferimento.

Prima di procedere all'analisi del progetto in esame si fa rilevare che la fase di determinazione degli impatti ambientali negli studi LCA è ancora caratterizzata presso la comunità scientifica da aspetti controversi che necessitano ancora di ulteriori approfondimenti scientifici (P. Neri, 2007). Per tale ragione a livello internazionale esistono diversi metodi di valutazione e quindi differenti categorie di impatto.

Nel presente lavoro sono stati scelti i metodi più impiegati, nel medesimo campo di applicazione (settore delle costruzioni), da enti e centri di ricerca di rilievo internazionale. In questo modo, sebbene non siano stati reperiti studi LCA di grattacieli, sarà possibile effettuare eventuali futuri confronti con casi studio analoghi. La scelta dei metodi di valutazione è stata inoltre determinata dalla possibilità di fornire indicatori di impatto significativi e consistenti rispetto agli obiettivi ed al campo di applicazione dello studio LCA (*Goal and Scope Definition* - par. 5.2.3.1).

Nel caso del progetto oggetto di studio, gli impatti sono stati calcolati con riferimento a differenti livelli di aggregazione dei risultati ottenuti in fase di inventario:

- in termini di caratterizzazione: i risultati sono presentati in termini di impatti disaggregati (indicatori di categoria), con particolare risalto ai **consumi energetici** (*Gross Energy Requirement* – GER, consumo di risorse energetiche rinnovabili e non rinnovabili) ed all'**effetto serra** (*Global Warming Potential* – GWP) in quanto ritenuti più significativi per quanto riguarda il presente studio;
- in termini di pesatura e raggruppamento attraverso il metodo *Ecoindicator 99* il quale permette di avere una più ampia visione in merito ai vari aspetti ambientali; gli impatti sono calcolati in termini di **Punteggio singolo [pt]**, dato dalla somma dei contributi di tre categorie di danno: **salute umana, qualità dell'ecosistema e consumo di risorse**.

Risultati della LCA del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo

Si presentano di seguito i risultati dell'applicazione della LCA al progetto preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, tenendo in considerazione gli obiettivi dello studio enunciati nella fase iniziale.

Tabella 45 - Indicatori di impatto delle singole fasi del ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo (dati riferiti al m2/ anno)

Fasi del ciclo di vita	Consumo di risorse energetiche non rinnovabili (MJ)	Consumo di risorse energetiche rinnovabili (MJ)	GER (MJ)	Effetto serra (GWP ₁₀₀) (kg CO _{2eq})
<i>Fase di pre- uso</i> (involucro e cantiere)	2.026,39	261,55	2.287,94	148,13
<i>Fase d'uso</i>	1.321,41	553,82	1.875,23	89,08
<i>Fase di fine vita</i>	-717,68	-47,18	-764,86	-45,44
Totale ciclo di vita	2.630,12	768,19	3.398,31	191,77

Dalla lettura dei risultati appare evidente che la fase di pre-uso (involucro-impianti e cantiere) è quella con gli impatti più elevati seguita dalla fase d'uso. Tali risultati dipendono essenzialmente dall'elevata quantità di materiali posti in opera, dalla loro tipologia e dal loro profilo energetico-ambientale, oltre che dalle dimensioni stesse dell'involucro oggetto di studio.

La fase di fine vita ha un contributo algebrico di segno negativo, che corrisponde ad una mitigazione degli impatti complessivi del ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo. Tale risultato dipende dalle ipotesi di gestione dei rifiuti, avviati in massima parte al recupero ed al riciclaggio, per la produzione di materie prime secondarie da immettere nel settore delle costruzioni ed in generale in vari settori dell'industria (meccanico, lavorazione materie plastiche, ...). Il maggior contributo alla mitigazione degli impatti è dovuto al recupero dei metalli e delle materie plastiche. Nel caso delle frazioni litoidi, sebbene le operazioni di trattamento e recupero non contribuiscano ad una mitigazione degli impatti ambientali considerati (GER e GWP) sono da ritenersi una buona pratica di gestione di tale tipologia di rifiuti. In questo modo è possibile ottenere, a livello locale, notevoli benefici ambientali ed in particolare: produzione di materie prime secondarie (aggregati riciclati) e conseguente riduzione del consumo di risorse naturali, riduzione dell'uso e del degrado del territorio a causa delle discariche.

Il contributo significativo della fase d'uso è giustificato dalle dimensioni e dalla destinazione d'uso dell'edificio. Sebbene sia importante il ricorso alle fonti energetiche rinnovabili, privilegiate nel progetto del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, al fine di ridurre il consumo di fonti fossili e quindi le emissioni di gas serra della fase d'uso.

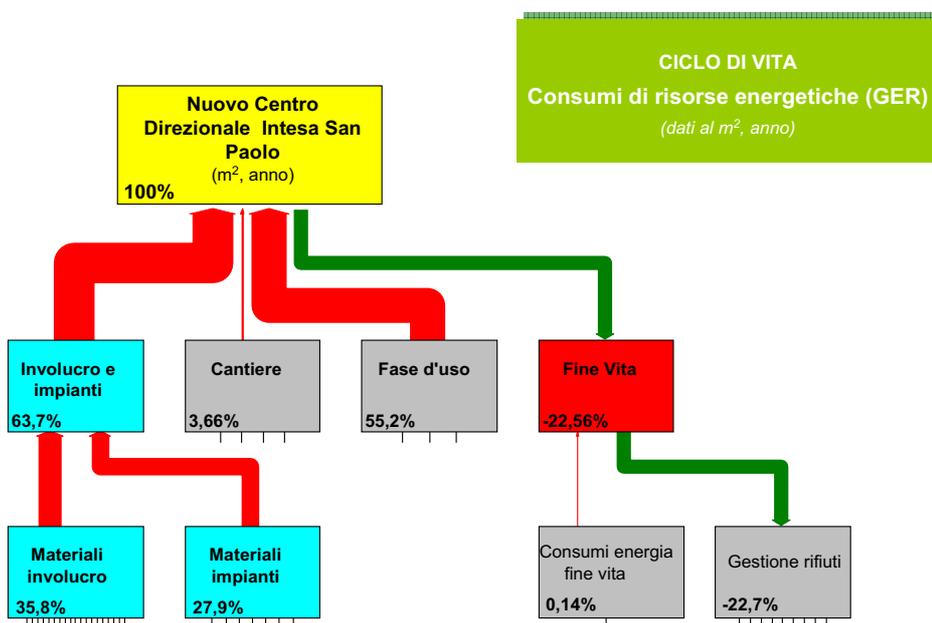


Figura 109 - Contributo delle fasi del ciclo di vita al consumo di risorse energetiche (GER)

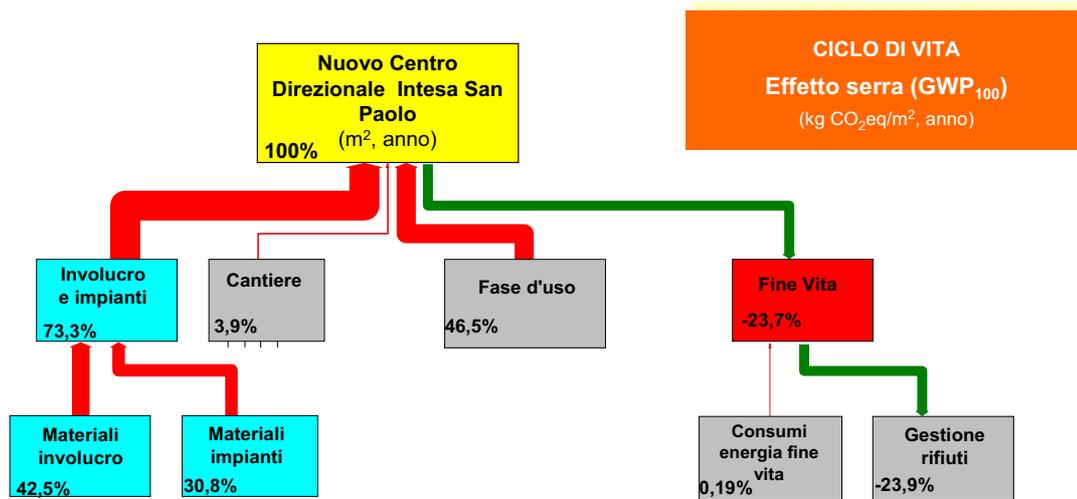


Figura 110 - Contributo delle fasi del ciclo di vita al consumo di emissioni di gas serra (GWP)

L'elaborazione secondo il metodo Ecoindicator (in termini di punteggio singolo) ha portato ai risultati riportati nella figura seguente.

Anche in questo caso si rileva che la fase di pre-uso (involucro-impianti e cantiere) ha il contributo più rilevante alla formazione degli impatti del totale ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo e la fase di fine vita corrisponde ad una mitigazione degli impatti ambientali.

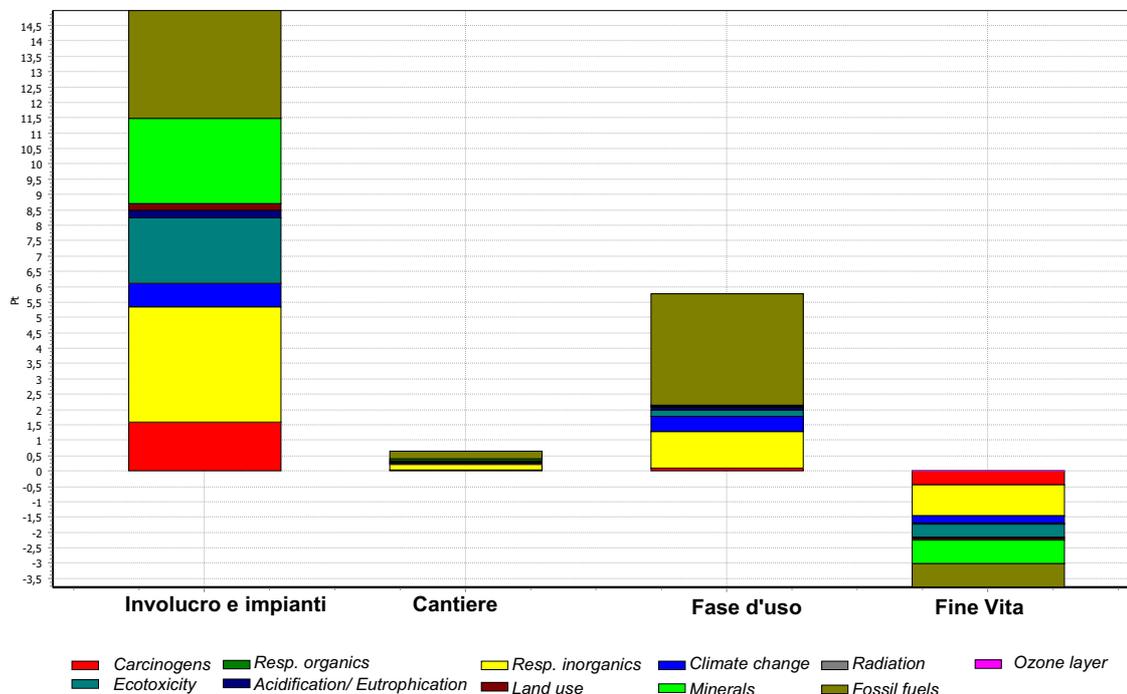


Figura 111 - Elaborazione secondo il metodo Ecoindicator 99 - Contributo delle fasi del ciclo di vita alle categorie di impatto (valori espressi in punteggio singolo)

Interpretazione e miglioramento

UNI EN ISO 14040:2006 - par. 5.5 Interpretazione del ciclo di vita

In questa fase I risultati del LCI e del LCIA vengono combinati tra loro, in coerenza con l'obiettivo e il campo di applicazione definiti, al fine di fornire indicazioni e raccomandazioni.

La fase di interpretazione è stata sviluppata in accordo con gli obiettivi dello studio individuati nella fase iniziale di *Goal and Scope Definition* (ISO 14040: 2006).

Contributo dei materiali da costruzione

È stata effettuata un'analisi del contributo dei materiali costituenti l'involucro agli impatti complessivi della fase di pre-suo del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo.

Si può osservare che i materiali predominanti, in termini di contributo agli impatti dell'involucro del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, sono l'alluminio, l'acciaio, il rame e i materiali plastici. Tali risultati possono essere spiegati tenendo conto del fatto che, avendo un contributo in massa significativo, dopo il calcestruzzo, si tratta di materiali con carichi energetico-ambientali, associati alla loro produzione, estremamente elevati.

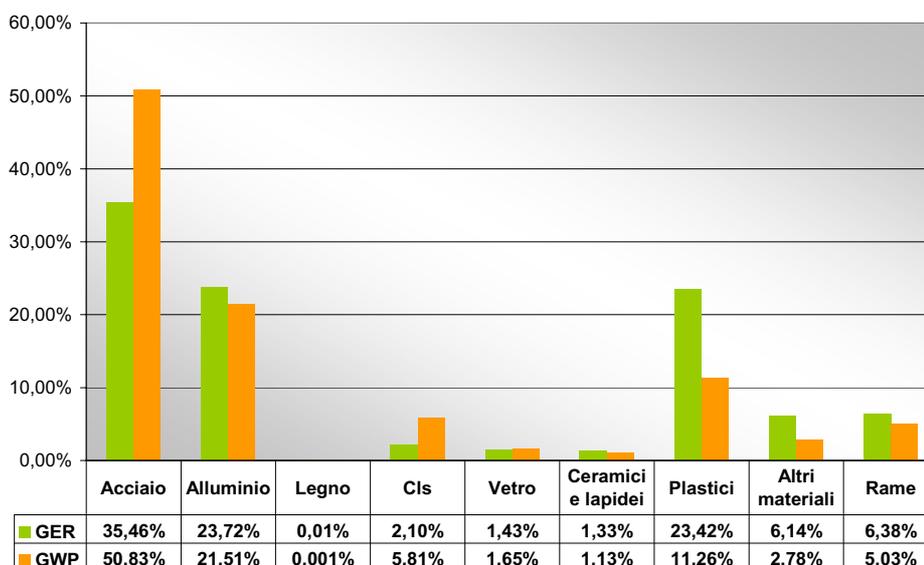


Figura 112 - Contributo percentuale dei materiali costituenti agli impatti complessivi dell'involucro (GER e GWP)

Le considerazioni appena esposte mettono in evidenza che l'impatto associato ai materiali posti in opera ha un contributo rilevante alla formazione degli impatti globali della fase di pre-uso del ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo. Si tratta, infatti, di un edificio caratterizzato dal significativo impiego di materiali con un elevato carico energetico-ambientale che, come si vedrà di seguito, può essere mitigato da un'adeguata progettazione del fine vita.

Alternative di gestione del fine vita e analisi dei benefici del riciclaggio

Al fine di evidenziare i benefici e l'importanza di una corretta gestione del fine vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, sono stati ipotizzati ed analizzati diversi scenari. In particolare si è ipotizzato che, al termine della fase disassemblaggio e smantellamento, il materiale di risulta venga inviato totalmente in discarica (scenario denominato SC1).

In particolare si è ipotizzato l'invio, in una discarica speciale localizzata, in Provincia di Torino, a 20 km dal sito di demolizione.

Il confronto dei due scenari di gestione dei rifiuti derivanti dallo smontaggio e dallo smantellamento del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, mettono in evidenza che l'avvio dei rifiuti ad opportuni trattamenti di recupero e riciclaggio forniscono un beneficio complessivo in termini di riduzione dei consumi energetici del 22% circa e di riduzione delle emissioni di gas serra del 23% circa.

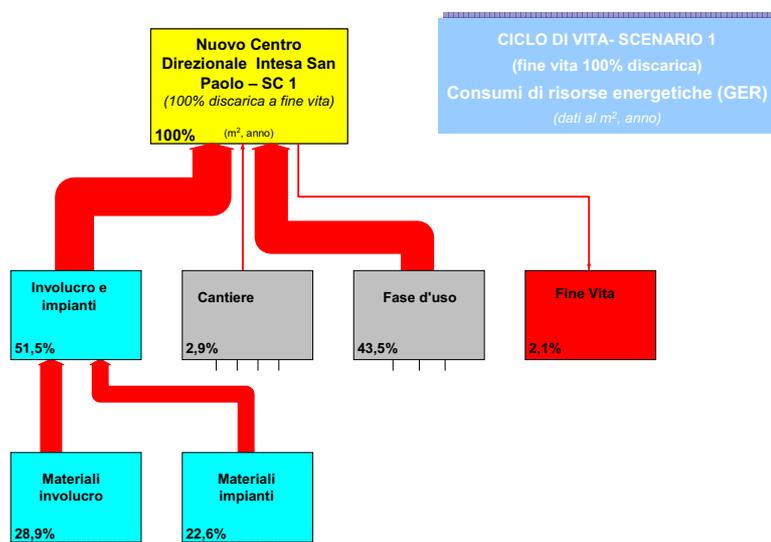


Figura 113 - Contributo delle fasi del ciclo di vita al GER, con lo scenario di gestione rifiuti ipotizzato: 100% discarica (SC1)

Il confronto del ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo con due diversi scenari di gestione dei rifiuti derivanti dallo smontaggio e smantellamento mette in evidenza che l'avvio dei rifiuti ad opportuni trattamenti di recupero e riciclaggio forniscono un beneficio complessivo in termini di riduzione di gas serra e consumo di risorse energetiche.

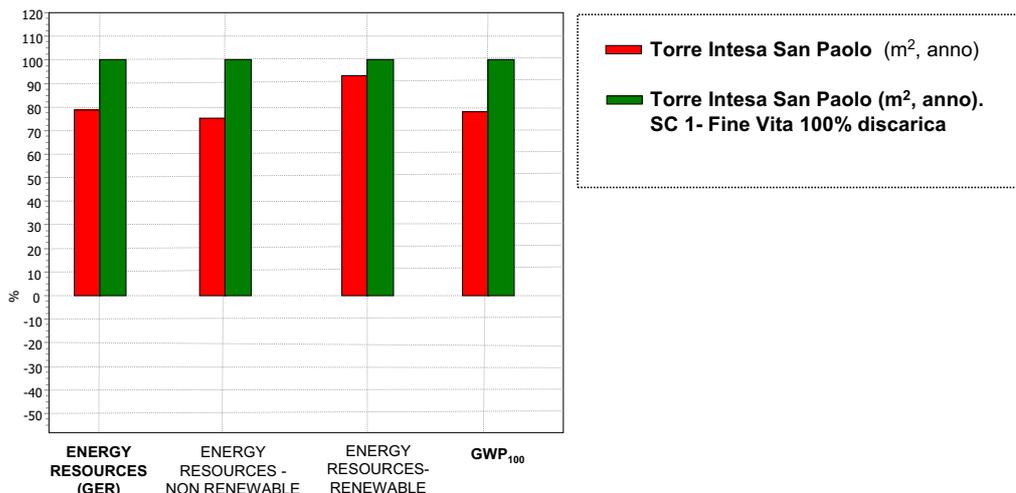


Figura 114 - Confronto degli impatti (GER e GWP) del ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo secondo due scenari di gestione

L'elaborazione secondo il metodo Ecoindicator 99 ha portato ai risultati riportati nella figura seguente. In particolare si può osservare che l'avvio a scarica di tutti i materiali derivanti dalla smantellamento del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo a fine vita causa un incremento degli impatti ambientali associati al totale ciclo di vita dell'edificio. L'elaborazione secondo il metodo Ecoindicator ribadisce quanto già detto sopra circa la necessità di gestire il fine vita attraverso opportuni trattamenti di recupero e riciclaggio dei rifiuti.

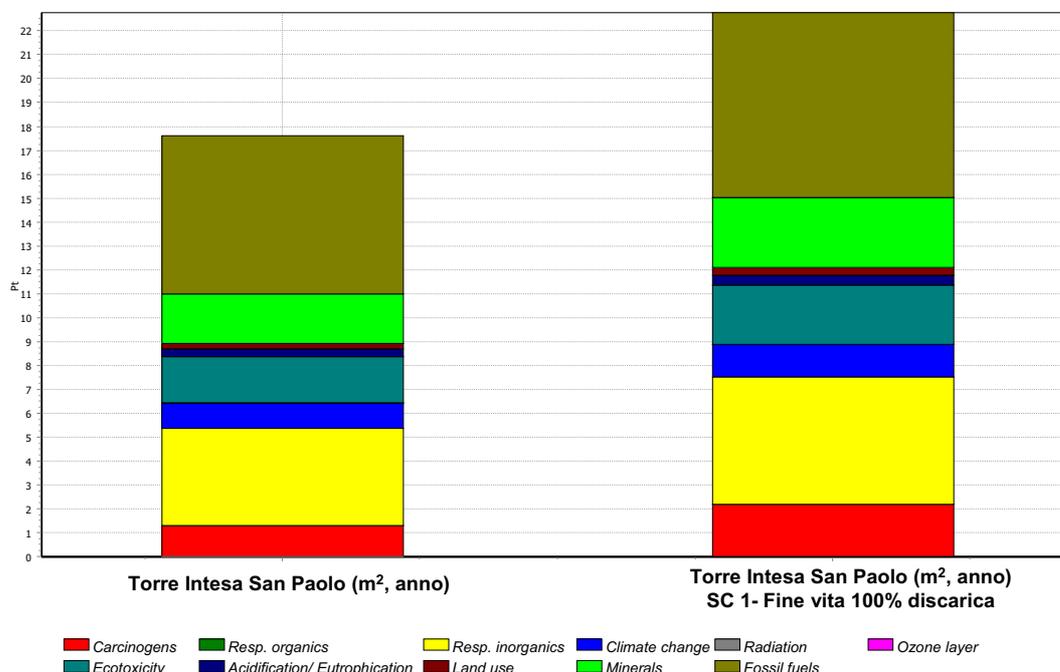


Figura 115 - Confronto degli impatti totali del ciclo di vita del Palazzo della Regione secondo i due scenari di fine vita (dati riferiti al m², anno).

I benefici apportati dalla corretta gestione del fine vita da questa prima analisi potrebbero apparire piuttosto ridotti, se riferiti al totale ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, caratterizzato da una fase di pre-uso e uso con notevoli impatti ambientali, sia in termini di consumi energetici (GER) sia in termini di emissioni di gas serra (GWP) sia in termini di danni all'ecosistema ed alla salute umana (Ecoindicator 99).

Per quanto appena esposto, appare evidente che la corretta gestione del fine vita dell'opera in esame, tenuto conto delle sue dimensioni, della sua composizione e delle sue modalità realizzativo-gestionali, apporta notevoli benefici sia in termini di consumi energetici sia in termini di emissioni di gas serra, oltre alla riduzione dell'occupazione del suolo e del consumo di risorse minerarie, garantita dalla produzione di materie prime secondarie a fine vita.

Quindi in un edificio come il Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo la corretta progettazione e l'appropriata gestione del fine vita diviene strategica al fine di ridurre gli impatti complessivi del suo ciclo di vita.

Analisi di sensibilità

Prima di procedere alla sintesi dei risultati dell'applicazione della LCA al progetto preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, occorre procedere ad un'analisi di sensibilità. Gli studi LCA presentano, infatti, diverse fonti di incertezza e di variabilità, causate principalmente dalle ipotesi e dalle assunzioni modellistiche effettuate, dalle variazioni del modello reale rispetto a quello studiato e dalla mancanza di dati diretti.

Per limitare le conseguenze dell'incertezza e della variabilità, occorre valutare, mediante analisi di sensibilità, l'influenza sui risultati finali di alcune variazioni dei parametri in ingresso al modello LCA.

Nel caso in esame l'analisi è stata condotta su alcuni parametri in ingresso al modello, ritenuti i più significativi, in quanto responsabili di importanti impatti ambientali.

Tabella 46 - Parametri ai quali è stata applicata l'analisi di sensibilità

Parametro variato	Variazione
Quantità di calcestruzzo in ingresso	+30%
Quantità di acciaio strutturale in ingresso	+30%
Consumi di energia (climatizzazione invernale ed estiva)	+30%

La variazione contemporanea dei parametri scelti secondo le modalità sopra schematizzate è stata applicata al modello ed è stato portato in termini di consumi di energia ed emissioni di gas serra ai risultati sotto indicati.

Tabella 47 - Analisi di sensibilità: variazioni al GER e al GWP del totale ciclo di vita del Palazzo della Regione (dati riferiti al m², anno)

Categorie di impatto	Scenario progettuale originario	Scenario con variazione di alcuni parametri in ingresso
GER (MJ)	3.398,31	4.000
Effetto serra (GWP₁₀₀) kg CO_{2eq})	191,77	223

Come si evince dai risultati dell'analisi di sensibilità, la variazione contemporanea dei parametri in ingresso scelti, ha un'incidenza variabile dal 16% al 18%. Questo accade poiché i parametri variati sono relativi a materiali con un significativo carico energetico-ambientale.

4.2.5. Considerazioni conclusive sull'applicazione della LCA

Il progetto preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo è stato sottoposto alla valutazione ambientale in ottica di ciclo di vita mediante le fasi della metodologia LCA, standardizzata dalla norma ISO 14040: 2006. Attraverso un primo momento di raccolta dati e informazioni ed analisi di inventario ed un secondo momento di analisi degli impatti, è stato possibile identificare le fasi del ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo ed i materiali in cui si concentrano i maggiori impatti energetici ed ambientali. Si è sviluppata quindi la fase conclusiva della LCA dell'interpretazione dei risultati e di miglioramento dei punti critici. Si tratta di un momento fondamentale dell'applicazione della metodica in quanto consente di valutare preliminarmente possibili aspetti critici ed eventuali proposte di miglioramento, mediante la realizzazione di simulazioni. In questo modo, così come indicato dalla stessa norma ISO 14040, è possibile proporre utili raccomandazioni e miglioramenti, valutandone in anticipo l'effettivo beneficio.

Il punto fondamentale di un'analisi Life Cycle Assessment, applicata ad un progetto, risiede quindi nella possibilità di indirizzare le scelte tecniche in relazione alla fase d'uso e di fine vita, effettuare valutazioni approfondite sui materiali che compongono l'involucro, al fine di indirizzare la successiva progettazione definitiva verso le soluzioni più sostenibili ed efficienti.

La LCA è stata quindi uno strumento che ha consentito di valutare lo scenario progettuale preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo e di fornire indirizzi per le successive fasi di progettazione.

Rispetto ai tradizionali strumenti e tecniche di valutazione ambientale, in virtù della sua articolazione e standardizzazione, l'applicazione della LCA al progetto preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo non ha fornito in termini assoluti un risultato positivo o negativo dello stesso. La metodica ha consentito piuttosto di evidenziare le criticità progettuali e di valutare possibili criticità, così da indirizzare la progettazione definitiva verso la massimizzazione dell'efficienza in termini energetico-ambientali.

Passando ai risultati ottenuti dall'applicazione della LCA al progetto preliminare del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, si rileva quanto segue:

- la fase di pre-uso (involucro-impianti e cantiere) è caratterizzata dagli impatti più elevati (oltre il 50% del totale ciclo di vita);

- la fase di fine vita corrisponde ad una mitigazione degli impatti complessivi del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo grazie ad una appropriata e corretta gestione dei rifiuti, mediante operazioni di riciclaggio e recupero;
- l'involucro è caratterizzato dall'utilizzo di materiali con un elevato carico energetico-ambientale (principalmente metalli, acciaio, vetro e calcestruzzo);
- l'avvio al recupero ed al riciclaggio di tutte le frazioni recuperabili consente di ottenere elevati benefici netti in termini di consumo di risorse naturali ed energia, di emissioni di gas serra e di occupazione del suolo;
- la corretta progettazione e gestione del fine vita è fondamentale per la mitigazione degli impatti complessivi dello stesso;
- un alternativo scenario di fine vita, che preveda l'avvio di tutti i rifiuti a discarica, incrementa gli impatti complessivi del ciclo di vita del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo e mette in evidenza l'importanza di massimizzare la percentuale delle frazioni da avviare a recupero.

Il Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo è caratterizzato quindi da elevati impatti energetico-ambientali nella fase di pre-uso causati sostanzialmente dalla sua composizione.

I risultati della LCA hanno tuttavia mostrato che è possibile mitigare tali impatti attraverso la progettazione adeguata del fine vita, così da massimizzare la quantità di rifiuti da avviare a riciclo/riuso e recupero finalizzati alla produzione di materie prime secondarie da immettere nuovamente nei cicli produttivi del settore delle costruzioni e dell'industria in generale.

Inoltre la scelta progettuale di porre in opera materiali composti a partire da materie prime naturali miscelata a frazioni di materiali riciclati (acciaio, calcestruzzo, isolanti, polietilene, ...) consente di ottenere benefici ambientali, come emerge nell'applicazione preliminare del Protocollo SBC, ed in particolare di ridurre ulteriormente gli impatti del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, non solo in ottica globale, ma anche in termini di uso ed occupazione del suolo, consumo di risorse minerarie, etc.

Occorre quindi che nella fase di progettazione definitiva i risultati emersi nel presente studio LCA siano fonte attiva delle conoscenze ed in particolare si consiglia di definire i criteri di posa in opera di materiali, strutture ed impianti al fine di consentire, a fine vita, di avviare tutte le frazioni possibili a riciclo e recupero.

Gli impatti associati alla fase d'uso hanno un contributo inferiore alla fase di pre-uso, nonostante le volumetrie da riscaldare/raffrescare ed i servizi elettrici da fornire siano notevoli. Questo può essere spiegato dall'attenta progettazione degli impianti di servizio ed il ricorso a fonti energetiche alternative e rinnovabili, privilegiato già nel progetto preliminare dell'opera in esame.

4.3. Protocollo SBC

Il progetto definitivo del Nuovo Centro Direzionale di Intesa Sanpaolo è stato sottoposto all'esame del "Protocollo SBC", sistema valutazione della sostenibilità ambientale che deriva dal GBC (Green Building Challenge) istituito nel 1996 e a cui partecipano più di 20 nazioni. In Italia, le attività di certificazione e il sistema di valutazione GBC, denominato "Protocollo SBC", sono gestite dall'Organizzazione non-profit iSBE Italia, diramazione nazionale dell'iSBE (International Initiative for a Sustainable Built Environment), con il supporto tecnico del ITC - CNR di Milano e dell'Environment Park di Torino.

I risultati dell'analisi sono interamente riportati nell'Allegato XI. Si sintetizzano di seguito gli aspetti più rilevanti in merito alla sostenibilità energetico-ambientale dell'edificio.

Come indicato nella figura seguente, l'analisi è stata svolta sui criteri di verifica appartenenti alle aree di valutazione da B ad E: consumo di risorse, carichi ambientali, qualità ambientale indoor e qualità del servizio. Il criterio A (selezione del sito) è stato tralasciato in quanto vincolato alle previsioni urbanistiche.

A. Selezione del Sito, Project Planning e Pianificazione Urbanistica	
A.1 Selezione del sito	
B. Energia e Consumo di Risorse	
B.1 Energia non rinnovabile richiesta durante il ciclo di vita	
B.1.2a	Previsione del fabbisogno di energia primaria utilizzata in fase operativa per la climatizzazione invernale
B.1.2b	Previsione del fabbisogno di energia primaria utilizzata in fase operativa per il raffrescamento
B.3 Energia rinnovabile	
B.3.1	Energia rinnovabile prodotta fuori dal sito
B.3.2	Energia rinnovabile prodotta in sito
B.4 Materiali	
B.4.6	Uso di materiali riciclati
B.4.7	Uso di materiali prodotti da fonti rinnovabili
B.5 Acqua Potabile	
B.5.2	Uso di acqua potabile per usi interni
B.6 Raffrescamento	
B.6.1	Controllo della radiazione solare
B.6.2	Capacità dell'involucro di controllare le oscillazioni degli apporti solari
C. Carichi Ambientali	
C.1 Emissioni effetto serra	
C.1.2	Emissioni effetto serra prodotte annualmente per l'esercizio dell'edificio
C.6 Impatto sull'ambiente circostante	
C.6.3	Effetto isola di calore: aree esterne pavimentate
C.6.4	Effetto isola di calore: coperture
D. Qualità ambientale interna	
D.3 Temperatura dell'aria e umidità relativa	
D.3.1	Temperatura dell'aria e umidità relativa in ambienti riscaldati meccanicamente
D.3.3	Temperatura dell'aria e umidità relativa in ambienti raffrescati meccanicamente
D.4 Illuminazione naturale e artificiale	
D.4.1	Illuminazione naturale negli ambienti principali
E. Qualità del servizio	
E.3 Controllabilità	
E.3.5	BACS (Building Automation and Control System) e TBM (Technical Building Management)

Figura 116 - Elenco dei criteri di valutazione

Nella figura sottostante sono rappresentati i punteggi ottenuti nelle quattro aree di valutazione (da B ad E) e il punteggio pesato generale, che risulta essere pari a 3,4.

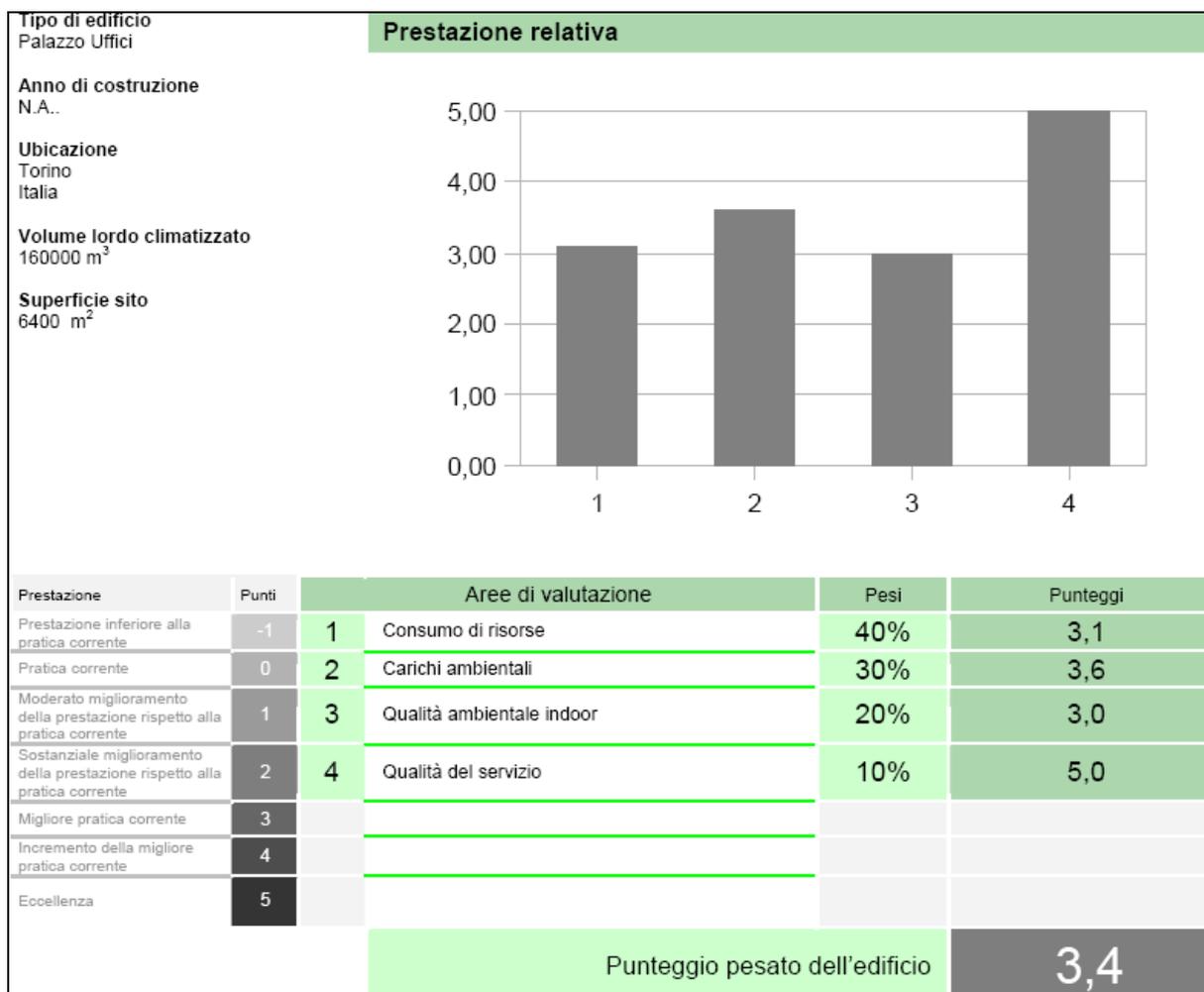


Figura 117 - Punteggi ottenuti dall'edificio

Il punteggio 3,4 ottenuto, rapportato alla scala da -1 a +5, corrispondente alla migliore pratica corrente e dimostra scelte progettuali sostenibili dal punto di vista energetico-ambientale.

La scelta di un involucro ad elevate prestazioni, differenziato a seconda dell'esposizione e in grado di adattarsi alle condizioni climatiche esterne, e la scelta di un sistema impiantistico che utilizza in modo quasi esclusivo fonti energetiche rinnovabili fanno del sistema edificio impianti della torre una macchina in grado di coniugare le esigenze di comfort ambientale e luminoso e le necessità connesse al risparmio energetico. Per la descrizione del sistema di facciata e degli impianti si rimanda al paragrafo 2.2 (Principali soluzioni tecnologiche impiantistiche).

Si evidenziano in particolare alcuni risultati che si ritengono positivi in relazione alla conformazione a torre ed alla destinazione d'uso a uffici (Tabella 48).

Tabella 48 - Risultati notevoli in relazione alla conformazione a torre ed alla destinazione d'uso a uffici

Criterio	Descrizione	Valore	Punteggio del singolo criterio
B.1.2b	Previsione del fabbisogno di energia primaria utilizzata in fase operativa per il raffrescamento	11,40 kWh/m ³	5,00
B.3.1	Energia rinnovabile prodotta fuori dal sito	100%	5,00
B.3.2	Energia rinnovabile prodotta in sito	100%	5,00
B.6.1	Controllo della radiazione solare	0,05	4,96
B.6.2	Capacità dell'involucro di controllare le oscillazioni degli apporti solari	Categoria I	3,00
C.1.2	Emissioni effetto serra prodotte annualmente per l'esercizio dell'edificio	0,00	5,00

I punteggi elevati ottenuti in relazione all'involucro sono resi possibili grazie all'articolato sistema di schermature fisse e mobili e grazie al funzionamento della doppia pelle.

I punteggi elevati ottenuti in relazione al contenimento dei consumi energetici e delle emissioni di gas serra sono dovuti principalmente all'utilizzo di sistemi impiantistici che utilizzano fonti energetiche rinnovabili prodotte in sito (fotovoltaico) o fuori dal sito (centrali idroelettriche).

L'applicazione del Protocollo SBC riguarderà le successive fasi progettuali, fino anche alla realizzazione dell'edificio; tale strumento rappresenta un elemento di garanzia della sostenibilità del processo.

4.4. Impatti in fase di cantiere

Il cantiere dell'area di intervento è sito tra Via Cavalli, Corso Inghilterra, Corso Vittorio Emanuele II ed il parcheggio interrato a servizio del Palagiustizia. Esso prevede un numero di uomini giorno pari a 310.000; si stima una presenza contemporanea giornaliera di circa 350 addetti.

4.4.1. Cronoprogramma

I lavori sono regolati da una programmazione temporale che ha l'obiettivo di pianificare i tempi di evoluzione delle operazioni costruttive, per permettere di prevenire l'insorgere di sovrapposizioni o connessioni lavorative che possano causare un aumento dei rischi del cantiere.

Le prescrizioni operative risultanti dalla programmazione dei tempi del cantiere si riferiscono unicamente al rispetto, da parte delle imprese esecutrici, dello sviluppo temporale delle fasi e le sottofasi di lavoro, così come descritto nel diagramma che segue.

La sequenza delle fasi lavorative è stata definita seguendo criteri di valutazione e prevenzione del rischio e tenendo conto delle logiche tecniche e costruttive necessarie alla realizzazione dell'opera.

Per tutta la durata dell'attività, prevista della durata di circa 36 mesi, deve essere svolto un costante e continuo aggiornamento della programmazione dei lavori e, in funzione dell'andamento dei lavori e dei livelli di rischio presenti, la programmazione potrà essere variata dal Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione (CSE), previa comunicazione scritta.

Il cronoprogramma di Figura 118 ha quindi la funzione di offrire un'idea di massima delle sequenze e delle interferenze ipotizzabili in fase di progetto definitivo.

Come si evince dal cronoprogramma, la fase relativa agli scavi ed alla posa in opera dei diaframmi ha avuto inizio nel mese di gennaio 2009 e risulta ad oggi in corso.

Servizi igienico-assistenziali

Con l'inizio dei lavori, dovranno essere impiantati e gestiti, a cura di ciascuna impresa esecutrice, i necessari servizi igienico-assistenziali commisurati al numero possibile di addetti presenti. Si è ipotizzata una presenza massima contemporanea per ogni turno di lavoro di 350 addetti.

Tali servizi, collocati in baracche coibentate, illuminate, condizionate durante la stagione calda e riscaldate durante la stagione fredda, dovranno avere la necessaria cubatura e tutte le condizioni di microclima richieste per i luoghi di lavoro nel rispetto delle normative vigenti. In particolare, per quanto riguarda i requisiti di: ufficio di cantiere, spogliatoi, servizi igienici, refettorio/mensa si rimanda al documento Piano di Sicurezza e Coordinamento relativo al progetto in esame.

Servizi generali e impianti

Vista la realtà del cantiere, la predisposizione di tali servizi dovrà essere assicurata predisponendo nuovi allacciamenti degli impianti.

Gli impianti di cui dovrà essere dotato il cantiere sono:

- Impianto elettrico
- Impianto elettrico di terra
- Protezione contro le scariche atmosferiche
- Impianto di alimentazione idrica

Aree di deposito

Si sono individuate le aree di stoccaggio previste dal coordinatore della sicurezza in fase di progettazione per il deposito dei materiali in arrivo e per il loro assemblaggio. Altre aree adibite a deposito diverse da quelle sopra citate dovranno essere individuate, autorizzate e convalidate dal CSE.

L'area di cantiere si sviluppa anche sopra il parcheggio interrato Palagiustizia, il cui solaio ha una portata di 1000 kg/m². Non è pertanto consentito utilizzare tale solaio per deposito di materiale pesante. Si dovrà verificare di volta in volta la possibilità di deposito presso tale area.

Presso le aree di lavoro si sono definite due aree di deposito e assemblaggio ai lati del parcheggio sotterraneo e un'altra presso Corso Inghilterra. Altre aree adibite a deposito diverse da quelle sopra citate dovranno essere individuate, autorizzate e convalidate dal CSE.

4.4.3. Pressioni e impatti ambientali trasmessi del cantiere verso l'ambiente esterno

Il cantiere è un luogo produttivo sottoposto ad ampie variazioni dal punto di vista temporale, di risorse e di spazi fisici utilizzati; come tale la fase di cantiere richiede un particolare sistema di gestione degli impatti negativi sull'ambiente che devono essere controllati e minimizzati. Per l'opera in esame si ritiene che la fase di cantiere sia di particolare importanza nella valutazione della compatibilità dell'intervento anche in relazione ai tempi di realizzazione.

Rumore

Gli impatti acustici in fase di cantiere rappresentano un problema rilevante, tanto più in un centro urbano, come nel presente caso.

Per minimizzare l'impatto acustico il primo elemento è sicuramente la programmazione attenta ed eventuale riduzione dei tempi di esecuzione delle attività rumorose. Questa attenzione si concretizza poi nella scelta di attrezzature che garantiscano livelli sonori adeguati alle soglie espresse dalla legislazione vigente, nel rispetto degli orari imposti dai regolamenti comunali e nell'utilizzo di un'adeguata schermatura.

Il Comune di Torino può autorizzare l'attività di cantieri edili in deroga ai limiti vigenti in campo di inquinamento acustico ai sensi della L. 447/95 art. 6 e della L.R. 52/00 art. 9 e sulla base di quanto previsto dal Regolamento Comunale in materia di tutela dall'inquinamento acustico in vigore dal 19 giugno 2006.

Le autorizzazioni vengono concesse facendo riferimento al titolo IV del Regolamento Comunale.

La domanda di autorizzazione in deroga dovrà essere redatta dall'impresa appaltatrice e dovrà essere predisposta una valutazione di impatto acustico a firma di Tecnico Competente in Acustica Ambientale comprendente:

- stima dei livelli sonori previsti durante le singole lavorazioni e/o fasi operative nelle quali si articola l'attività del cantiere in corrispondenza dei ricettori più esposti;
- individuazione degli accorgimenti, anche organizzativi, necessari a minimizzare l'impatto acustico del cantiere sugli ambienti di vita circostante;
- valutazione dei livelli di rumore residuo riscontrabili nell'area negli orari di apertura del cantiere, con particolare riferimento ai ricettori più esposti.

In generale si dovrà sempre operare con modalità tali da limitare al massimo le emissioni di rumore, ricorrendo tassativamente all'impiego di macchinari opportunamente silenziati. L'impresa dovrà verificare se esistono fonti di rumore tali da incrementare il livello sonoro proprio del cantiere stesso, in tale caso si potrebbe rendere necessaria una prova strumentale per la misurazione del livello di esposizione. Tale prova sarà alla base per l'adozione di eventuali misure di protezione. Si ricorda che tutte le imprese nel proprio Piano Operativo di Sicurezza dovranno allegare la valutazione del rumore emesso durante le lavorazioni relative al cantiere in oggetto, per permettere al CSE di elaborare, se necessario, ulteriori misure di protezioni (DPI, procedure, ecc).

Nel caso in cui non ci fosse corrispondenza tra la valutazione presuntiva e la situazione effettiva, il CSE potrà prescrivere misure strumentali di controllo sul campo, a carico delle imprese esecutrici, che provvederanno all'adozione delle eventuali misure di protezione conseguenti a tale controllo. A queste condizioni non si esclude la possibilità di estendere il periodo di lavorazione rispetto alla situazione attualmente prevista.

L'azione prioritaria deve comunque tendere alla riduzione delle emissioni alla fonte, con interventi sia sulle attrezzature, impianti, ecc., sia di tipo gestionale. Soddisfatto questo requisito, si può passare a considerare gli interventi "passivi" in grado di intervenire sui cammini di propagazione sorgente-ricettore.

Vibrazioni

Poiché le vibrazioni possano arrecare danni strutturali è necessario che le esse raggiungano livelli tali da non causare forme di danno strutturale, anche di entità definita "di soglia". I danni di soglia si presentano sottoforma di fessure, accrescimenti di fessure già esistenti, danneggiamenti di elementi architettonici: nella terminologia anglosassone questi danni si indicano come "danni estetici" ("cosmetic damage").

Si dovranno predisporre misure strumentali delle vibrazioni provocate dal cantiere verso l'esterno, finalizzate a:

- riconoscimento del problema: per valutare se i livelli di vibrazione riscontrati possano determinare danni;
- verifiche o controlli: per rapportare il livello delle vibrazioni ai limiti suggeriti o imposti da normative specifiche, relative per esempio alle condizioni di esercizio di apparecchiature;

Le metodologie da seguire durante le misurazioni, il trattamento dei dati e la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici sono dettati dalla norma UNI 9916:2004 la quale identifica inoltre le possibili sorgenti di vibrazione e i fattori che influenzano la risposta strutturale dell'edificio alle vibrazioni.

I risultati di tale campionamento dovranno essere tempestivamente trasmessi al CSE che valuterà la necessità di intraprendere le necessarie azioni correttive. Dovrà essere posta particolare attenzione a non deteriorare le aree limitrofe e confinanti del cantiere. Nel caso in cui si verificassero dei danni questi dovranno essere immediatamente ripristinati.

Traffico

In linea generale i cantieri possono presentare due linee di criticità: una legata alla presenza di veicoli pesanti per la movimentazione dei materiali, l'altra legata alle restrizioni dell'offerta stradale conseguenti nell'installazione del cantiere.

Nel caso del grattacielo Intesa Sanpaolo il primo aspetto è legato soprattutto alla movimentazione delle terre dovute agli scavi e non presenta, stante il numero di mezzi pesanti coinvolti nelle operazioni, criticità alcuna per il loro inserimento nel traffico esistente. Analogo discorso per quel che concerne la fornitura dei materiali edili. La movimentazione delle travi e delle altre parti a grande volumetria andrà necessariamente gestita come evento puntuale di trasporto eccezionale.

È pertanto il secondo aspetto, quello legato alle restrizioni dell'offerta, quello più critico e meritevole di maggiore attenzione nella programmazione del cantiere. L'occupazione della carreggiata ovest (controviale) di corso Inghilterra obbliga a realizzare in forma definitiva (4 corsie per senso di marcia) la carreggiata centrale del medesimo al fine di convogliarvi il traffico proveniente da nord e diretto verso corso Vittorio Emanuele II. L'occupazione della carreggiata sud di via Cavalli è un evento da valutare con la massima attenzione, al fine di valutare gli effetti positivi (in termini di accessibilità) e negativi (in termini di criticità) dell'introduzione del doppio senso di marcia sulla carreggiata nord. L'alternativa potrebbe essere costituita dal mantenimento della situazione attuale lungo la carreggiata nord e dal demandare il senso opposto a via Avigliana dopo aver eliminato una fila di sosta oppure realizzare la situazione diametralmente opposta.

Infine l'utilizzo della banchina alberata del controviale nord di corso Vittorio Emanuele II, visto il relativamente elevato numero di veicoli oggi transitanti, potrebbe causare effetti

negativi anche sotto il profilo della sicurezza stradale, vista anche la vicinanza dell'imbocco della strozzatura con l'area di incrocio tra corso Vittorio Emanuele II e corso Inghilterra.

La valutazione delle problematiche sopra accennate e delle possibili alternative dovrà necessariamente essere condotta con strumenti di modellizzazione a scala locale.

Polveri

Si dovrà operare in modo da limitare al massimo le emissioni di polveri durante le fasi lavorative provvedendo a mantenere il giusto grado di umidità della superficie del cantiere. Su richiesta del CSE potranno essere attivate procedure di monitoraggio ambientale delle polveri aerodisperse.

Se necessario il CSE potrà richiedere all'impresa di provvedere a bagnare costantemente, anche mediante impianti di irrigazione provvisori, le superfici ed i percorsi dei mezzi meccanici provvedendo eventualmente anche alla manutenzione dello strato bituminoso.

Nei pressi dell'uscita dei mezzi dal cantiere dovrà essere predisposta un'area attrezzata per il lavaggio dei mezzi stessi. Tale lavaggio potrà essere realizzato mediante idranti ed una vasca attrezzata per la gestione e lo smaltimento dei fanghi.

Suolo e sottosuolo

Il rischio per la matrice suolo e sottosuolo è dovuto a potenziali sversamenti di sostanze inquinanti dovuti alle più svariate fasi dell'attività di cantiere: dispersioni di olii, scarichi, operazioni di lavaggio, caduta accidentale di materiali dagli autocarri, ecc.

Sono quindi da predisporre opportune misure atte a prevenire sversamenti accidentali e misure di gestione e trasporto dei materiali in sicurezza.

Acque e gestione dell'acquifero in fase di cantiere

L'area dell'interrato verrà sottoposta a dewatering durante la fase dei lavori temporanei. L'acqua verrà pompata dalla "scatola" creata dai muri di sostegno dell'interrato, che agiscono da cut-off. Il livello della falda è stato misurato essere tra i 226m e i 227m s.l.m., ma è stato ipotizzato che possa aumentare fino a 230m s.l.m. Come discusso nella relazione geotecnica interpretativa, tale livello è stato stimato sulla base di informazioni storiche sul territorio ed è compatibile con il valore di progetto usato per il muro della RFI, che si estende al di sotto di tale livello.

Gestione rifiuti

Si dovrà garantire il rispetto della normativa vigente, a partire dal cantiere fino allo smaltimento definitivo in discariche autorizzate, garantire la compilazione, la registrazione e la conservazione della documentazione prevista dalla normativa vigente oltre a promuovere la raccolta differenziata.

È assolutamente vietato abbandonare, bruciare o interrare i rifiuti prodotti in cantiere.

È responsabilità dell'impresa predisporre adeguate aree per il deposito rifiuti, definirne la composizione (tipo di rifiuto raccolto) e la modalità di raccolta oltre a garantire l'applicazione delle modalità operative previste in cantiere.

Le aree individuate per lo stoccaggio dei rifiuti dovranno essere concepite in relazione al tipo di rifiuto che vi sarà stoccato, in modo da evitare dispersioni nell'ambiente circostante a

causa di agenti atmosferici, rotture di contenitori ed ogni tipo di fuoriuscita accidentale. Tali aree dovranno essere chiaramente contrassegnate e mantenute in idonee condizioni.

Sarà compito dell'impresa esecutrice fornire eventuali istruzioni anche alle imprese subappaltatrici.

Le ditte che gestiranno il trasporto e/o lo smaltimento dei rifiuti del cantiere dovranno essere qualificate; a tal fine sarà necessario conservare copia delle autorizzazioni di ciascuna ditta e verificarne l'iscrizione all'Albo Nazionale relativamente alla tipologia di rifiuto trattato.

4.4.4. Attività critiche e mitigazioni

Nella tabella seguente è riportata una checklist delle attività critiche in fase di cantiere e la risposta in termini di azioni mitigative applicabili in funzione delle azioni previste per la salvaguardia delle diverse componenti ambientali.

RUMORE E VIBRAZIONI	ATTIVITÀ POTENZIALMENTE CRITICHE	MISURE MITIGATIVE
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operazioni di costruzione e montaggio; ▪ transito e attività di macchine operatrici gommate e cingolate; ▪ messa in funzione degli impianti ausiliari di cantiere; ▪ uso di macchine azionate da motori a combustione interna; ▪ operazioni di scavo e carico-scarico dumper; ▪ generazione di vibrazioni localizzate e diffuse; ▪ operazioni di piegatura e lavorazioni degli acciai. ▪ utilizzo di attrezzature manuali e portatili da taglio e per la realizzazione degli intonaci (pompe); ▪ operazioni di taglio mediante attrezzature elettriche. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Il rispetto degli orari imposti dai regolamenti comunali e dalle normative vigenti per lo svolgimento delle attività rumorose; ▪ la scelta di attrezzature che garantiscano livelli sonori adeguati alle soglie espresse dalla legislazione vigente; ▪ privilegiare l'impiego di pale caricatrici gommate rispetto ad escavatori per il caricamento e la movimentazione del materiale di scavo e dello smarino; ▪ privilegiare l'impiego di macchinari di scavo a rotazione anziché a percussione; ▪ localizzazione delle aree di stoccaggio provvisorio di inerti e di impianti maggiormente rumorosi in posizione meno sensibile rispetto ai ricettori sensibili; ▪ orientare gli impianti con caratteristiche di emissione direzionale verso i ricettori meno sensibili; ▪ mantenimento della pavimentazione stradale in condizioni ottimali, al fine di ridurre il sobbalzo dei carichi; ▪ programmazione attenta delle attività con riduzione dei tempi di esecuzione delle attività rumorose utilizzando attrezzature e personale per periodi brevi; ▪ la schermatura, tramite l'utilizzo di barriere fonoassorbenti provvisorie, di elementi sensibili, a protezione dell'area urbanizzata; questo accorgimento può contestualmente essere applicato ad elementi necessari per il cantiere (quali la recinzione) e limitare l'impatto visivo del cantiere stesso.

	ATTIVITÀ POTENZIALMENTE CRITICHE	MISURE MITIGATIVE
TRAFFICO, POLVERI ED EMISSIONI IN ATMOSFERA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emissione di fumi di combustione dagli scarichi dei motori; ▪ dispersione in aria di polveri durante: <ul style="list-style-type: none"> - la preparazione dei cementi; - la movimentazione dei mezzi; - la trivellazione per l'esecuzione delle palificazioni, - la preparazione dei cementi e delle malte; - il taglio dei materiali (ad es. pannelli); - il montaggio dei pannelli di copertura; - la realizzazione delle tracce nella fase di costruzione degli impianti; - la movimentazione dei mezzi; ▪ emissione di gas di scarico delle macchine operatrici durante i getti; ▪ fumi di saldatura; ▪ dispersione in aria di vapori di solventi durante le operazioni di verniciatura e bitumatura. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pavimentazione delle aree di transito dei mezzi di cantiere, di piazzali e aree di deposito; ▪ l'inumidimento di aree e materiali prima degli interventi di scavo; ▪ la protezione dei materiali polverosi depositati in cantiere (es. cementi, sabbia ecc.) con teli, tettoie, contenitori o imballaggi; ▪ localizzazione di aree di deposito di materiali sciolti lontano da turbolenze di aria e in aree protette dal vento; ▪ il divieto di accendere fuochi in cantiere o di frantumare in cantiere materiali che potrebbero produrre polveri e fibre dannose per l'ambiente senza opportune misure di prevenzione atte ad evitare dispersioni nell'aria; ▪ la recinzione delle aree di lavoro ove viene prodotta polvere, con barriere piene; tale misura può contestualmente servire a limitare gli impatti acustici; ▪ la limitazione dell'utilizzo di mezzi e macchinari con motori a scoppio per lo stretto necessario alle operazioni di cantiere e manutenzione dei dispositivi di scarico; ▪ realizzazione di accessi e uscite tenendo separati i flussi dei mezzi da quelli delle persone; ▪ il lavaggio dei mezzi pesanti prima dell'uscita dall'area di cantiere nelle aree appositamente attrezzate; ▪ copertura con teloni appositi e bagnatura dei carichi polverulenti in uscita.
SUOLO E SOTTOSUOLO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spandimento sul terreno di prodotti inquinanti; ▪ dispersione di olio durante l'utilizzo e la manutenzione delle macchine operatrici; ▪ eventuali scarichi da fossa biologica; ▪ modifica della capacità di drenaggio del suolo; ▪ sversamenti di calcestruzzo sul terreno durante i trasporti ed i getti; ▪ presenza di acque torbide e contenenti sostanze potenzialmente inquinanti sul terreno; ▪ potenziale insudiciamento delle strade dovuto alla caduta di materiale dagli autocarri durante il trasporto e al rilascio di materiali dai pneumatici sporchi; ▪ ribaltamento dei mezzi e potenziali danni ambientali dovuti all'instabilità del suolo; ▪ formazione di ruggine che può inquinare il terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Opportune misure atte a prevenire lo spandimento sul terreno di sostanze quali polveri, fibre e vernici (il deposito dei materiali polverulenti e dei materiali ferrosi, è da prevedersi, per quanto possibile, al coperto); ▪ eventuale utilizzo di teli di protezione, stoccaggio dei fusti in apposite aree al coperto dotate di bacino di contenimento; ▪ trasporto dei materiali effettuato in sicurezza sia come mezzi che come percorsi (rampe di accesso, percorsi) in modo tale da evitare rovesciamenti e ribaltamenti di materiali e sostanze potenzialmente inquinanti; ▪ gestione delle aree di sosta e manutenzione delle macchine operatrici (impermeabilizzazione o intervento con materiali per l'assorbimento delle sostanze pericolose in caso di fuoriuscita accidentale).

	ATTIVITÀ POTENZIALMENTE CRITICHE	MISURE MITIGATIVE
ACQUA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumi eccessivi; ▪ destinazione errata delle acque effluenti; ▪ possibile produzione di acque torbide; ▪ potenziale inquinamento delle acque durante la realizzazione delle fondazioni e delle opere in c.a.; ▪ possibile produzione di acque torbide superficiali per il dilavamento dei prodotti polverulenti e durante la realizzazione delle opere in muratura e dei pavimenti; ▪ inquinamento delle acque dovute al versamento di vernici, bitumi e solventi negli scarichi civili e al lavaggio dei contenitori; ▪ inquinamento da scarichi fognari durante gli allacciamenti e le demolizioni. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'attenzione ad evitare l'accumulo di acque piovane e stagnanti in cantiere; ▪ predisposizione di sistemi di evacuazione delle sostanze inquinanti per il loro conseguente trattamento o la raccolta; ▪ predisposizione di tutti gli accorgimenti tecnologici per evitare inutili sprechi di acqua.
SOSTANZE PERICOLOSE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizzo di sostanze classificate come pericolose che possono dare origine ad inquinamenti di vario genere (in particolare cementi, schiumogeni e oli disarmanti); ▪ ribaltamento dei mezzi e conseguenti danni ambientali. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lo stoccaggio degli oli, dei solventi, del gasolio, delle vernici e delle sostanze pericolose in genere deve avvenire in contenitori e serbatoi adeguati, secondo quanto previsto dalla normativa vigente; in particolare occorrerà prevedere bacini di contenimento contro gli sversamenti accidentali nel terreno; ▪ occorre prevedere la pulizia completa delle aree di lavoro e la rimozione delle sostanze pericolose rimaste al termine delle attività di cantiere.
RIFIUTI	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produzione di rifiuti di vario genere: <ul style="list-style-type: none"> - materiali di imballo: legno, plastica, cartone, metalli; - contenitori metallici e di plastica per vernici, prodotti chimici, oli; - vetro; - residui di prodotti per la preparazione dei cibi; - residui di cibo ▪ produzione di rifiuti e sfridi di materiale ferroso durante la preparazione delle armature e durante il taglio degli elementi delle strutture; ▪ produzione di sfridi durante la predisposizione delle cassature (legno, metallo, polistirolo ecc.), durante il taglio delle piastrellature e del legname e durante la preparazione dei pannelli di coibentazione; ▪ produzione di sfridi durante la predisposizione delle tubazioni, dei cavi, dei supporti e degli impianti in genere (plastica, metallo, legno, polistirolo, stracci ecc.); ▪ produzione di rifiuti durante la preparazione degli impasti; ▪ produzione di rifiuti da intonacature mediante macchina. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evitare la frantumazione degli scarti di elementi da costruzione in cantiere; ▪ scegliere, quando possibile, materiali riciclabili o riciclati; ▪ minimizzare gli imballaggi dei materiali da costruzione; ▪ applicazione di tutte le misure necessarie per limitare la produzione di rifiuti in cantiere, compreso il riutilizzo dei materiali di risulta e di demolizione; ▪ effettuazione della raccolta differenziata dei rifiuti in cantiere, predisponendo contenitori separati e chiaramente identificabili per legno, carta/cartone, metallo, vetro, plastica, inerti, oli ecc.; ▪ divieto di abbandono, bruciamento e interrimento dei rifiuti prodotti in cantiere.

4.5. Monitoraggio

Una volta definito un progetto e verificata la sua compatibilità ambientale, è necessario procedere periodicamente con un ulteriore controllo per assicurare che le condizioni in atto siano ancora adatte al perseguimento degli obiettivi ambientali proposti e che l'infrastruttura effettivamente costruita (nel caso specifico il grattacielo Intesa Sanpaolo) risulti aderente alle indicazioni progettuali fornite in fasi precedenti e il suo utilizzo non comporti impatti indesiderati sull'ambiente anche nel lungo periodo.

A questo scopo occorre adottare una procedura di monitoraggio.

Il monitoraggio è l'attività di raccolta e di trattamento delle informazioni riguardanti il progetto ritenute utili per testarne la conformità al disegno originario e la rispondenza agli obiettivi ambientali. I compiti del monitoraggio sono quindi esclusivamente informativi e non certificativi, e sono assolti utilizzando dati di base classificati, ordinati ed organizzati secondo modelli interpretativi utili al controllo svolto dal decisore.

In questo documento verranno quindi fornite indicazioni sulla struttura generale di questo strumento di analisi e alcuni suggerimenti pratici per la messa in opera.

I contenuti e le modalità di attuazione in particolare saranno specificati sulla base dei seguenti elementi:

- individuazione delle componenti a maggior grado di sensibilità;
- individuazione delle differenti modalità di realizzazione del piano di monitoraggio in funzione delle fasi del progetto: fase di cantiere e fase di esercizio dell'opera.

4.5.1. Struttura del monitoraggio

L'obiettivo del monitoraggio è sistematizzare informazioni che permettano di tenere sotto controllo l'efficacia delle prescrizioni del progetto oggetto di analisi della presente relazione. Questa attività, perché sia operativa, deve rispondere ad alcune caratteristiche:

- Deve essere un'attività che si svolge secondo scadenze prefissate; è quindi necessario affiancare alla procedura di monitoraggio proposta una tempistica che permetta un controllo efficace e ripetibile nel tempo;
- deve essere coerente con gli obiettivi di compatibilità ambientale previsti in fase di progettazione, si deve prevedere quindi l'utilizzo di un'unica terminologia, di logiche e criteri coerenti;
- occorre definire a priori le attività da tenere sotto controllo e le modalità operative; sarà necessario svolgere una selezione per individuare le azioni considerate più significative e meglio finalizzate allo scopo per cui il monitoraggio è messo in opera;
- occorre definire a priori e avere chiaro da subito quali saranno i soggetti preposti al monitoraggio (coloro i quali, cioè, si occuperanno della periodica raccolta e diffusione dei dati, ad esempio strutture interne preposte ad hoc oppure Enti pubblici quali ad esempio l'Arpa) e se esistono eventuali soggetti a cui rivolgersi per confronti sui dati medesimi.

Esistono diversi approcci che portano a procedure di monitoraggio differenti; si è scelta, nel caso in esame, una procedura di monitoraggio basata sull'applicazione di un sistema di indici e indicatori nel tempo, questo per permette di effettuare confronti tra i dati raccolti negli anni ed evidenziare così eventuali trend che si vadano a generare.

Inoltre, è importante sottolineare che il monitoraggio deve interessare sia la fase di cantiere dell'opera, fase che per talune componenti può risultare particolarmente critica (si pensi ad esempio al rumore oppure alle polveri), che la fase di esercizio.

Per quanto riguarda l'edificio in questione, si è scelto di optare per un monitoraggio su un arco temporale pari alla durata di vita dell'opera, con cadenza annuale per alcune componenti e con tempistiche più stringenti per altre e, come detto, si prevede il monitoraggio sia durante la fase di cantiere che per quanto riguarda la fase di utilizzo.

La scelta di prolungare il monitoraggio per tutto il ciclo di vita dell'opera, oltre a rispondere alle indicazioni normative, deriva dalla volontà di creare (e quindi di verificarne l'efficacia nel tempo) circoli virtuosi in grado di garantire il mantenimento della qualità ambientale nelle fasi di utilizzo dell'opera.

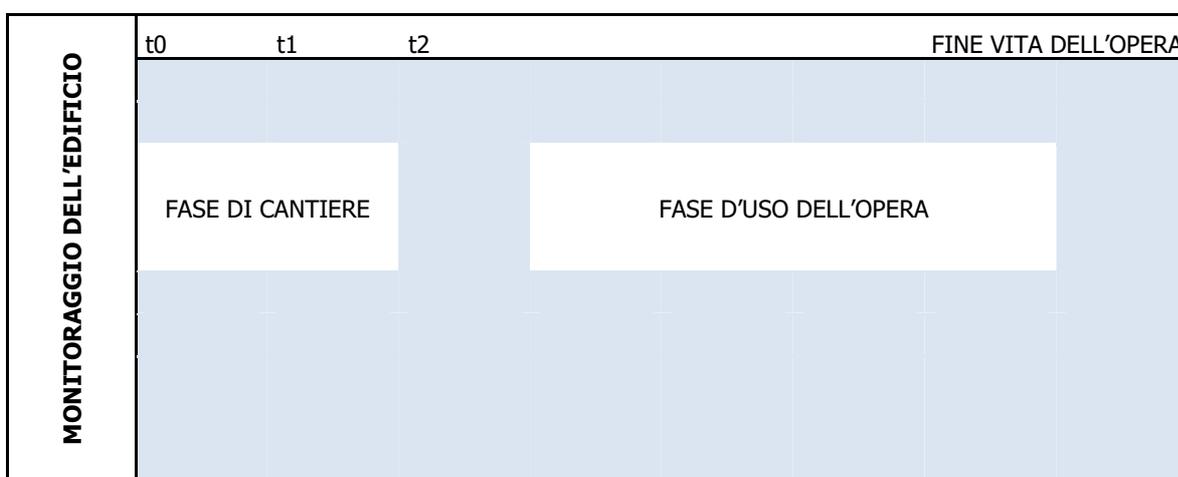


Figura 120 - Sviluppo del monitoraggio

Legenda:

FASE DI CANTIERE: le valutazioni durante la fase di cantiere devono verificare il rispetto delle condizioni prescritte durante tutta la durata della fase di costruzione dell'opera; per la natura della fase in questione, è possibile che talune situazioni risultino critiche, ma bisogna tenere conto del fatto che si tratta di un periodo limitato nel tempo. A questo proposito è doveroso sottolineare che la durata prevista del cantiere è di 33 mesi, come indicato nel cronoprogramma di riferimento.

FASE D'USO DELL'OPERA: le valutazioni eseguite durante la fase di uso dell'opera devono portare ad un'analisi critica dei dati raccolti nel tempo durante le diverse fasi di monitoraggio. Hanno come obiettivo la misurazione del grado di raggiungimento degli obiettivi ambientali del progetto e la segnalazione di eventuali criticità al fine di intervenire per porvi rimedio. Il primo ciclo di monitoraggio è indispensabile per testare il funzionamento degli indicatori utilizzati e per esprimere un primo giudizio rispetto alla validità del progetto in relazione alla realizzazione dello stesso e alla coerenza rispetto agli obiettivi prefissati, i cicli successivi avranno lo scopo di verificarne il mantenimento nel tempo.

Si sottolinea in questa sede che le attività di misura e raccolta dei dati saranno onere esclusivo dell'Appaltatore.

Per quanto riguarda gli attori preposti allo sviluppo del monitoraggio sia dal punto di vista della raccolta e dell'elaborazione dei dati che della stesura dei report, per la fase di cantiere si prevede che se ne occupi l'impresa costruttrice mentre per la fase di uso dell'opera è

prevista una struttura esterna che si occupi del coordinamento di risorse interne come il Facility / Energy / Mobility Manager, ed enti esterni. Tale struttura elaborerà annualmente un documento che sviluppi una serie di analisi sulla base delle indicazioni del piano di monitoraggio. I valori degli indicatori dovranno essere determinati contestualmente alla fine di ogni periodo di verifica (anno solare); la committenza si riserva la facoltà di richiedere l'effettuazione con proprio personale o ente terzo incaricato di uno specifico audit al fine di verificare la correttezza dei dati pubblicati.

4.5.2. Indicatori per il monitoraggio

Gli obiettivi di sostenibilità propri del progetto sono il dato di input rispetto al quale sviluppare il monitoraggio. Nella scelta degli indicatori si è deciso di privilegiare indicatori semplici dal punto di vista dei dati necessari ma significativi rispetto alle tematiche trattate.

Di particolare rilievo è il controllo delle criticità per quanto riguarda la fase di costruzione dell'opera, in quanto il cantiere risulterà essere collocato in una zona ad elevata densità di traffico e le tempistiche di realizzazione sono relativamente lunghe. In questo senso si ritiene utile misurare alcuni fenomeni (quali ad esempio l'inquinamento atmosferico) potenziando la rete di centraline attualmente operante sul territorio.

La figura che segue illustra il sistema di indicatori proposto per garantire la sostenibilità dell'intervento nel tempo. In particolare, con riferimento agli obiettivi generali che l'alternativa di progetto scelta si prefigge di seguire, lo schema individua le componenti ambientali da monitorare, definisce nel dettaglio la natura di ogni indicatore, indica il valore previsto alla scadenza temporale scelta come riferimento, le tempistiche ritenute adatte e l'ente di riferimento.

È importante evidenziare come il programma rappresentato nello schema possa garantire il mantenimento degli obiettivi del progetto e la possibilità di metter in atto eventuali correttivi coerentemente con quanto prescritto a livello europeo.

Tabella 49 - Sistema di indicatori proposti per il monitoraggio della fase di cantiere

FASE DI CANTIERE							
Componente ambientale interessata	Descrizione	Indicatore	Unità di misura	Target	Rilievo dati	Ente	
Traffico	Razionalizzazione flussi di traffico	Indice di criticità (1)	n.	< 0.8	Mensile	Società a cui sono appaltati i lavori	
Clima acustico	Compatibilità con il Regolamento comunale per la tutela dell'inquinamento acustico	Livello di emissioni	dBa	Limiti coerenti con Regolamento comunale per la tutela dell'inquinamento acustico	Mensile	Società a cui sono appaltati i lavori	
Rumore	Rispetto dei limiti normativi tramite la scelta di attrezzature che garantiscono livelli sonori adeguati e la schermatura tramite l'utilizzo di barriere fonoassorbenti provvisorie degli elementi sensibili, a protezione dell'area urbanizzata	Livello di emissioni	dBa	Limiti coerenti con PZA	Mensile	Società a cui sono appaltati i lavori	
Tempistiche di realizzazione	Coerenza con le indicazioni riportate nel cronoprogramma	Tempistiche di realizzazione progetto/tempistiche riportate nel cronoprogramma (2)	/	≤ 1	Mensile	Società a cui sono appaltati i lavori	
Atmosfera	Monitoraggio sulle polveri emesse (PST e/o PM10)	Livello di emissioni polveri (3)	mg/mc µg/mc	Rispetto dei limiti di legge o mantenimento dei livelli attuali dove esiste già un superamento (fare confronto con rilevamenti da centralina più vicina, ad oggi TO-Consolata)	Mensile	Società a cui sono appaltati i lavori	
Acque sotterranee	Monitoraggio sul verificarsi o meno di interferenze con la falda	Interferenza	SI/NO	No interferenza	Mensile	Società a cui sono appaltati i lavori	

Tabella 50 - Sistema di indicatori proposti per il monitoraggio della fase di utilizzo dell'opera

FASE DI USO DELL'EDIFICIO						
Componente ambientale interessata	Descrizione	Indicatore	Unità di misura	Target	Rilievo dati	Ente
Traffico	Razionalizzazione flussi di traffico	Indice di criticità (1)	n.	< 0.8	Mensile	5T
Traffico/Atmosfera	Lavoratori che utilizzano i mezzi di trasporto pubblico per raggiungere la sede di lavoro	Percentuale di lavoratori che utilizzano i mezzi di trasporto all'anno	%	50%	Mensile	Mobility Manager
Atmosfera	Monitoraggio sui livelli di inquinamento aggiunti dovuti all'aumento del traffico.	Concentrazioni di SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , CO, benzene, PM10, piombo in atmosfera	mg/mc µg/mc	Rispetto dei limiti di legge dove possibile, o mantenimento dei livelli attuali dove esiste già un superamento (fare confronto con rilevamenti da centralina più vicina, ad oggi TO-Consolata)	Mensile	Arpa
Acque	Abbassamento della linea di falda	Abbassamento della falda	m	< 2	Mensile	Ente esterno
	Prelievo annuale di acqua potabile	Volume di acqua prelevata	m ³	Interno (4)	Mensile	Ente esterno
Clima acustico	Compatibilità con il piano di zonizzazione acustica (PZA) comunale	Livello di emissioni	dba	Limiti coerenti con PZA	Mensile	Arpa
Fabbisogno energia primaria	Soddisfacimento del fabbisogno di energia per produrre acqua calda sanitaria da fonti rinnovabili	Percentuale di acqua calda prodotta da fonti rinnovabili	%	80%	Mensile	Energy Manager
Energia	Razionalizzazione del consumo energetico	% di utilizzo energetico derivante da energie rinnovabili	%	30%	Mensile	Energy Manager
	Verifica della reale sostenibilità dell'edificio	Scostamento massimo dei consumi reali dal fabbisogno energetico stimato (5)	KWh/mq annui	15% (4)	Mensile	Energy Manager

	Verifica dei consumi annuali di energia per usi finali	Energia termica per climatizzazione spazio ufficio	KWh/m ² annui	33	Mensile	Energy Manager
	Verifica dei consumi annuali di energia per usi finali	Energia frigorifera per climatizzazione spazio uffici	KWh/m ² annui	41	Mensile	Energy Manager
	Verifica dei consumi annuali di energia per usi finali	Energia elettrica per illuminazione spazio ufficio	KWh/m ² annui	14	Mensile	Energy Manager
	produzione di energia fotovoltaica	Energia fotovoltaica prodotta	KWh/anno	100.000	Mensile	Energy Manager
Avifauna	Numero di esemplari ritrovati morti nei pressi dell'edificio suddivisi per tipologia	Numero di esemplari morti/anno	n	< 50 casi/anno (6)	Mensile	Ente esterno
Rifiuti	Attivazione di un programma di differenziazione dei rifiuti in funzione della tipologia al fine di limitare la frazione di rifiuti conferita in discarica	Percentuale di rifiuti recuperati	%	65%	Mensile	Amiat/Ente esterno

(1) L'indice di criticità è definito come il rapporto tra il flusso orario presente su una strada e la capacità totale oraria della strada stessa. Tanto più l'indice di criticità è prossimo al valore uno, tanto più il flusso tende ad avvicinarsi alla capacità della strada. Un indice di criticità maggiore di uno indica che la strada non è in grado di smaltire, nell'ora (o più in generale, nel periodo temporale di riferimento) il flusso veicolare presente e va incontro a stati di congestione. L'indicatore vuole fornire un'idea sulle condizioni di alterazione all'accessibilità urbana dovute alla presenza del cantiere; in realtà, è possibile risolvere il problema predisponendo delle vie di percorrenza alternative, dove ciò è possibile.

(2) Un valore pari a uno testimonia il rispetto delle indicazioni temporali riportate nel cronoprogramma e quindi rappresenta una situazione di coerenza con le ipotesi progettuali; tanto più l'indicatore assume un valore maggiore di uno, tanto più le tempistiche di realizzazione si dilatano rispetto a quelle ipotizzate con il sopraggiungere di una serie di problematiche correlate (aumento dei costi, ingombro dell'area per la presenza del cantiere etc.); risulta quindi auspicabile un valore dell'indicatore il più prossimo possibile all'unità.

(3) L'indicatore vuole fornire un'indicazione relativa all'inquinamento atmosferico dovuto al transito di mezzi pesanti per la fase di cantiere; uno studio approfondito dei livelli di traffico della zona in esame probabilmente metterà in luce come, a fronte di un già presente elevatissimo numero di veicoli nell'area oggetto dello studio, il contributo dei mezzi pesanti può essere considerato irrilevante.

(4) per questo indicatore non esistono in letteratura parametri di riferimento. Si ritiene utile, tuttavia, monitorare questo dato al fine di operare, nel tempo, un'ottimizzazione ed una minimizzazione dei prelievi di acqua potabile.

(5) Ipotizzato pari a 76 kWh/mq per la climatizzazione estiva e 41 kWh/mq per la climatizzazione nella stagione invernale (dati a maggio 2008, da Analisi energetica e ambientale condotta da Manens intertecnica)

(6) Da confronto con altri studi realizzati ad oggi per casi simili (ad es. da studi effettuati nella città di Toronto, in cui è stata stilata una lista dei 30 peggiori casi) si è preso a riferimento tale target per non rientrare tra i valori riportati, ma si consiglia di approfondire con eventuali studi relativi al territorio di interesse.

5. SINTESI E RAPPORTO CON LA V.I.A.

Presupposto che:

- il progetto preliminare del nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo segue un percorso di valutazioni ambientali che hanno orientato il processo al perseguimento degli obiettivi di sostenibilità;
- gli elaborati presentati, anche in termini di misure mitigative, hanno un livello di approfondimento sufficiente rispetto agli impatti generati.

Si ritiene, quindi, in base agli elementi sviluppati, che il progetto per il nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo non debba essere sottoposto a procedura di Valutazione di Impatto Ambientale.

Elenco delle tavole

Tavola 1	Planimetria
Tavola 2	Piante
Tavola 3	Prospetti
Tavola 4	Stralcio del PRG
Tavola 5	Ortofotocarta
Tavola 6	Dossier fotografico
Tavola 7	Viabilità esistente
Tavola 8	Stato del suolo
Tavola 9	Sezione geologica
Tavola 10	Vincoli ambientali
Tavola 11	Vincoli monumentali e paesaggistici
Tavola 12	Tutele in atto e preesistenze
Tavola 13	Linee di sviluppo storico
Tavola 14	Inquadramento degli edifici alti all'interno dell'area metropolitana torinese e indicazione dei punti di vista più significativi per i fotoinserimenti
Tavola 15	Fotoinserimenti
Tavola 16	Intervisibilità e fotoinserimenti in contesto urbano
Tavola 17	Fotoinserimenti in contesto urbano