

ALLEGATO 10**VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE EDIFICI 3A-3B
PARCO COMMERCIALE "POMARI"**

D.Lgs. 3 Aprile 2006 n. 152 e ss.mm.ii.
Legge Regionale del Veneto 18 Febbraio 2016 n. 4

CONSULENZA AMBIENTALE

INTEGRAZIONI AI SENSI DELL' ARTICOLO 37 BIS, COMMA 5,
del D.LGS. n.152/2006 e ss.mm.ii.
PROT. n. 2233 del 17 Gennaio 2020

OGGETTO :

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE

TAV. N.

AM-RE 16

SCALA

DATA

Dicembre 2020

FILE

V_20-POMARI/PB74

REDATTORE :

Dott.ssa Diletta Galvanin
Ri.Pa Engineering S.r.l.
Piazza del Comune, n. 14
36051 Creazzo (VI)

REDATTORE :



Viale del Lavoro, 6
36030 Monte di Malo (VI)

Ing. Paolo Franchetti
Piazza della Vittoria, n. 7
36071 Arzignano (VI)

PROPONENTE:

AGRIFUTURA S.r.l.
Via dell'Economia, n. 84
36100 Vicenza

PROGETTISTA:

Arch. Gaetano Ingui
Via dell'Economia, n. 90
36100 Vicenza (VI)
Tel: 0444 961818

COORDINATORE V.I.A.:

Dott. Andrea Treu
Ri.Pa Engineering S.r.l.
Piazza del Comune, n. 14
36051 Creazzo (VI)

Sommario

1. PREMESSA	4
2. L'APPROCCIO DEL CICLO DI VITA (LCA)	5
3. FASE A - Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione	10
4. FASE B - ANALISI DELL'INVENTARIO (LCI) DEL CICLO DI VITA	12
4.1. LA MATRICE PROGETTUALE	12
4.2. ATTRIBUZIONE QUANTITATIVA DEI FLUSSI	13
5. FASE C - VALUTAZIONE DI IMPATTO DEL CICLO DI VITA	19
5.1. SELEZIONE DELLE CATEGORIE DI IMPATTO	19
5.2. MODELLO DI CARATTERIZZAZIONE	22
6. FASE D - INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	28
6.1. Il riscaldamento globale (GWP)	32
7. CONFRONTO CON CASI SIMILI (BENCHMARKING)	34
8. CONCLUSIONI	37
9. BIBLIOGRAFIA	39

1. PREMESSA

Tra le osservazioni presentate all'interno della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale per il progetto di costruzione degli edifici 3A e 3B - P.I.R.U.E.A. Pomari nel Comune di Vicenza, vi è stata la richiesta di valutare la sostenibilità ambientale dell'intervento proposto.

Il calcolo dell'impatto ambientale, in genere relativo ad un prodotto, può essere effettuato con differenti metodi di misurazione, alcuni più completi di altri. Attraverso le differenti metodologie disponibili vengono raccolte, catalogate e elaborate le informazioni su un prodotto per capire quali sono le conseguenze legate alla sua creazione, al suo utilizzo, al suo smaltimento.

Tra i metodi più conosciuti per misurare l'impatto ambientale di un prodotto vi sono l'impronta di carbonio, l'impronta ecologica e la valutazione del ciclo di vita (o LCA, dall'inglese Life-Cycle Assessment), in ordine di complessità crescente e quindi anche di impegno nei calcoli. Infatti, se l'impronta di carbonio si focalizza sulla misurazione dell'emissione complessiva di gas serra proveniente da tutte le fasi di produzione di un oggetto, l'impronta ecologica prende in considerazione anche l'uso del suolo, dell'energia e delle risorse naturali. In aggiunta a questi aspetti, l'analisi del ciclo di vita (LCA) utilizza ulteriori indicatori, quali l'acidificazione dei terreni, il consumo dell'ozono, la tossicità per l'ambiente e l'uomo, l'eutrofizzazione, la creazione di polveri sottili. L'analisi del ciclo di vita considera quindi un ampio spettro di impatti ambientali legati all'esistenza di un oggetto ed essendo così precisa ed articolata, può essere considerata "unica", ossia specifica per quel prodotto in quel particolare contesto (produrre lo stesso oggetto in un altro luogo della terra cambierebbe così tante dimensioni da rendere l'analisi originale inutile).

La presente relazione è stata elaborata con lo scopo di analizzare in maniera quanto più completa e specifica la sostenibilità ambientale del progetto proposto per gli edifici 3A e 3B nell'ambito del P.I.R.U.E.A. Pomari, adottando l'approccio del ciclo di vita (Life Cycle Assessment - LCA). L'analisi è stata condotta seguendo le principali indicazioni delle norme ISO 14040, ISO 14044, ISO 14072; EN 15804 e EN 15978. Per effettuare le procedure di calcolo, richieste dalle principali norme, è stato utilizzato il software di calcolo SimaPro 9, comunemente utilizzato per gli studi di LCA.

Si precisa che per garantire affidabilità e tracciabilità delle informazioni, nonché attestare la conformità alle norme tecniche, è prassi consolidata affidare l'asseverazione di qualsiasi dichiarazione ambientale, in merito agli studi di LCA, alla verifica di un ente terzo indipendente. Per tali motivi questo report non certifica aspetti ambientali, aspetti tecnico prestazionali e ogni altro regolamentato legislativo (nazionale e/o europeo).

2. L'APPROCCIO DEL CICLO DI VITA (LCA)

Un approccio del ciclo di vita (LCA) affronta gli aspetti e i potenziali impatti ambientali che caratterizzano il ciclo di vita di un prodotto, di un edificio, di un servizio o di un'organizzazione. I vantaggi che potrebbero derivare dalla metodologia LCA sono:

- aiutare ad individuare le opportunità di miglioramento delle prestazioni ambientali;
- guidare verso l'individuazione delle priorità operative e supportare le opere di miglioramento;
- comunicare ai decisori politici del settore industriale o delle organizzazioni governative riguardo la necessità di attuare pianificazioni strategiche;
- può diventare essenziale per consolidare o costruire la reputazione aziendale guidando le imprese verso strategie di comunicazione delle proprie attività.

La necessità di uniformare le metodologie degli studi LCA che si è resa necessaria nel corso degli anni, soprattutto per evitare un utilizzo improprio dei risultati o al fine di renderli confrontabili, ha portato gli enti di normazione nazionali e internazionali a sviluppare delle norme che fornissero un supporto, una guida o un riferimento a tutti coloro che volessero produrre una valutazione di ciclo di vita. Il riferimento normativo internazionale per gli studi di LCA oggi è rappresentato dalle norme ISO della serie 14040:

- UNI EN ISO 14040:2006 - Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Principi e quadro di riferimento;
- UNI EN ISO 14044:2018 - Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida;
- UNI EN ISO 14072:2015 – Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Requisiti e linee guida per la valutazione del ciclo di vita delle organizzazioni.

La struttura di una valutazione di ciclo di vita può essere suddivisa in quattro macro step (Figura 1):

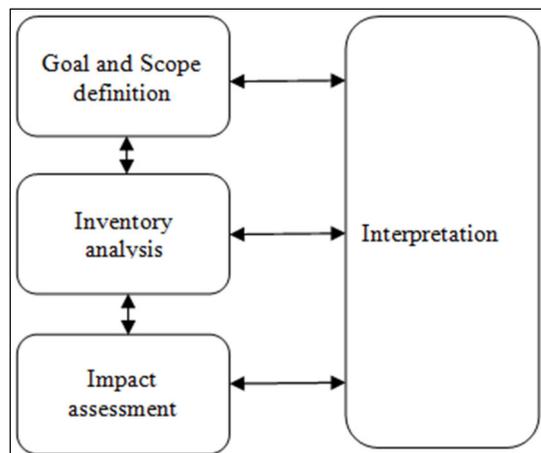


Figura 1 - LCA framework

A. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

È la fase preliminare che definisce la profondità e l'estensione dello studio, ne determina lo scopo e gli obiettivi da raggiungere, esplica le motivazioni che spingono ad intraprendere una valutazione del ciclo di vita e individua i principali elementi che saranno l'oggetto di analisi come l'unità funzionale, i confini del sistema studiato, il fabbisogno di dati, le assunzioni e i limiti. L'obiettivo dell'LCA indica:

- L'applicazione prevista;
- Le motivazioni che hanno portato a condurre lo studio;
- Il tipo di pubblico a cui è destinata la divulgazione dei risultati;
- Se i risultati sono destinati all'elaborazione di asserzioni comparative fra prodotti o servizi da comunicare esternamente all'utente indicato.

Il campo di applicazione invece, deve essere definito con sufficiente dettaglio affinché la profondità e l'ampiezza dello studio siano tali da soddisfare gli obiettivi, Questa fase dell'LCA costituisce le fondamenta dello studio poiché in essa sono inclusi i seguenti elementi:

- Il sistema di studio: ossia l'insieme dei processi unitari. Un processo unitario rappresenta il più piccolo elemento considerato nell'analisi dell'inventario del ciclo di vita per il quale i dati in entrata e in uscita sono quantificati;
- Funzione e unità funzionale: Lo scopo principale dell'unità funzionale è di fornire un riferimento a cui legare gli elementi in ingresso e in uscita, affinché venga assicurata la comparabilità dei risultati dell'LCA eseguendo i calcoli su una base comune;
- I confini del sistema: lo studio di LCA si basa su una modellazione dei processi coinvolti nel ciclo di vita che consente una descrizione del sistema fisico considerato e l'individuazione dei parametri da calcolare;
- Le procedure di allocazione;
- Le ipotesi e le limitazioni;
- I requisiti iniziali di qualità dei dati: i dati devono rispondere a determinati requisiti di copertura geografica, tecnologica e temporale, devono essere cioè rappresentativi del sistema analizzato; devono inoltre avere l'adeguato livello di precisione, consistenza e completezza affinché le incertezze siano minimizzate e la metodologia sia applicata omogeneamente alle varie fasi dell'analisi.

B. Analisi dell'inventario del ciclo di vita (LCI)

L'analisi dell'inventario consiste nell'identificazione e nella quantificazione dei flussi in entrata e uscita rispetto ogni processo unitario incluso nei confini del sistema studiato. Le informazioni raccolte vengono organizzate e convertite in forma standardizzata per fornire una descrizione completa delle caratteristiche fisiche del modello rappresentativo del sistema. Il procedimento è funzionale ai processi che riguardano il sistema studiato e deve

rispettare determinati requisiti di qualità dei dati in termini di precisione, completezza e rappresentatività. Qualora i dati raccolti diventino più precisi e il sistema meglio conosciuto, possono essere identificati nuovi requisiti o limitazioni che potranno comportare cambiamenti nelle procedure di raccolta affinché siano soddisfatti l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio. Gli aspetti principali di questa fase sono:

a. Raccolta dei dati: è una fase complessa poiché la mole di informazioni da gestire può essere elevata. È di fondamentale importanza quindi che nel rapporto dello studio, più precisamente nella definizione del campo di applicazione, si tenga conto delle eventuali difficoltà pratiche riscontrate in tale fase. I dati per ogni processo unitario entro il confine del sistema sono classificabili nelle seguenti macro-categorie:

i. Input: materie prime, materiale ausiliario, energia proveniente da varie fonti prodotta e/o importata o altre entità fisiche in ingresso;

ii. Output: prodotti, coprodotti, emissioni in aria, acqua o suolo e rifiuti;

iii. Altri aspetti ambientali.

b. Calcolo dei dati: dopo aver raccolto le informazioni necessarie a costruire il modello del sistema oggetto di studio, si procede coi seguenti calcoli:

i. Validazione dei dati;

ii. Correlazione dei dati ai processi unitari;

iii. Correlazione dei dati al flusso di riferimento dell'unità funzionale;

c. Allocazione: ripartizione dei flussi in entrata o in uscita coinvolti in un processo facente parte del sistema studiato.

Nella maggior parte dei casi la fase di Analisi dell'Inventario è resa difficoltosa per via dall'enorme quantità di dati da gestire e rintracciare. Per ovviare a tale problematica sono stati sviluppati specifici software di calcolo e banche dati che possono fornire un notevole supporto in tale fase e minimizzare gli errori. Il risultato dell'LCI assume quindi la forma di una grande matrice contenente centinaia di "flussi elementari" che rappresentano le emissioni o le estrazioni da e verso l'ambiente generate dal sistema analizzato.

C. Valutazione di Impatto del Ciclo di vita (LCIA)

Questa fase ha lo scopo di valutare i potenziali impatti ambientali dovuti al sistema studiato correlando i dati dell'inventario a problemi di carattere ambientale ad essi riconducibili. Questo processo comporta la classificazione dei risultati dell'inventario in opportune categorie di impatto ambientale a cui corrispondono specifici fattori fisici (detti fattori di caratterizzazione) tramite i quali si converte il valore dell'inventario in dato di impatto (Figura 2).

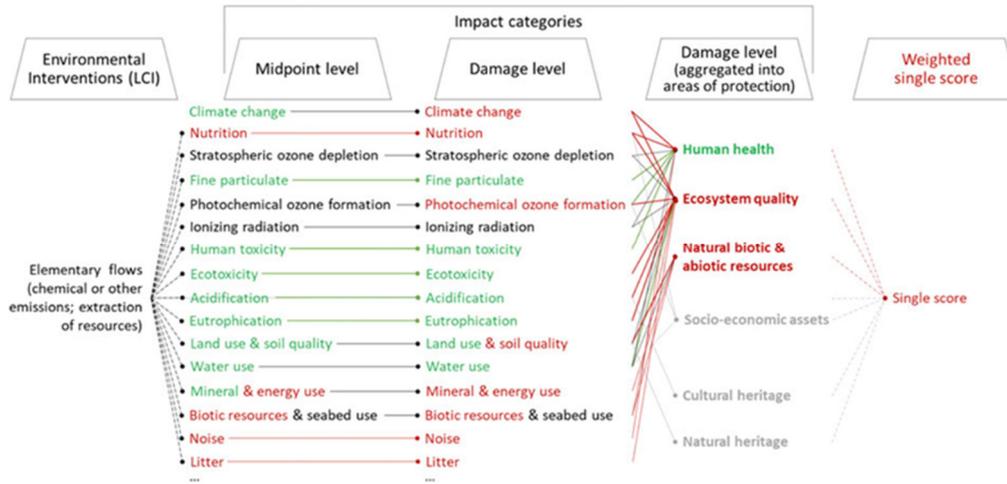


Figura 2: Fasi del LCIA

La fase di valutazione dell'impatto del ciclo di vita si compone quindi di:

- Elementi obbligatori:

i. Selezione delle categorie di impatto e dei modelli di caratterizzazione: è uno step preliminare che prepara il calcolo dell'impatto ambientale. Le categorie di impatto rappresentano in un certo senso le problematiche ambientali associate al sistema di studio. La loro scelta perciò, oltre a soddisfare l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio, deve essere rappresentativa delle caratteristiche fisiche del sistema analizzato. I modelli di caratterizzazione sono invece modelli di calcolo sviluppati da appositi centri di ricerca o enti certificati (come l'IPCC) che permettono l'elaborazione di fattori numerici di conversione, specifici e caratteristici di ciascuna categoria di impatto. Nella fase di caratterizzazione, il metodo assegna ad ogni flusso in ingresso o in uscita, definito nell'inventario, un fattore che permette di calcolare l'impatto relativo, causato da sostanze emesse nell'aria e i loro effetti sull'ecosistema e sulla salute umana. In questa fase, i valori delle diverse categorie di impatto devono essere espressi nelle unità di ciascuna categoria.

ii. Assegnazione dei risultati dell'LCI - classificazione: consiste nella collocazione dei vari flussi materiali o energetici contenuti nell'inventario, rispetto le varie categorie di impatto precedentemente selezionate in base alla capacità delle sostanze, o delle attività, di contribuire ai diversi problemi ambientali. Per costruire le categorie d'impatto si utilizzano differenti categorie di danno: nella macrocategoria "ecologia" sono ad esempio compresi gli effetti sulle specie viventi e sull'ecosistema, gli effetti sulla salute e sicurezza dell'uomo; nella macrocategoria "risorse" è ad esempio compreso l'esaurimento di fonti energetiche e materiali.

iii. Calcolo dei risultati degli indicatori di categoria - caratterizzazione: ad ogni categoria di impatto sono assegnati, in base al modello di caratterizzazione scelto, una serie di fattori di conversione determinati su una base scientifica ben consolidata e documentata. La caratterizzazione è il passaggio matematico che trasforma il dato di inventario in dato di impatto.

- Elementi opzionali:

iv. Normalizzazione: i risultati della valutazione di impatto del ciclo di vita vengono divisi per un "valore di riferimento" in modo da poter stabilire la magnitudo di ciascun effetto ambientale rispetto a quel valore di riferimento;

v. Ponderazione: Attraverso la ponderazione (pesatura), che consiste nel moltiplicare i risultati della valutazione dell'impatto del ciclo di vita per un fattore che li rende adimensionali, è possibile effettuare un comparazione di dati omogenei.

D. Interpretazione del ciclo di vita

L'ultima delle quattro fasi dell'LCA è l'interpretazione, un procedimento sistematico volto all'identificazione, qualifica, verifica e valutazione dei risultati delle fasi di inventario e di valutazione degli impatti, al fine di presentarli in forma tale da soddisfare i requisiti dell'applicazione descritti nell'obiettivo e nel campo di applicazione, nonché di trarre conclusioni e raccomandazioni.

Ciascuna delle fasi del ciclo di vita vengono descritte in riferimento agli edifici 3A e 3B nei seguenti capitoli.

3. FASE A – Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

Il settore delle costruzioni risulta responsabile di un discreto consumo di risorse naturali¹, di energia e della produzione di rifiuti connessi all'attività di costruzione, mantenimento e demolizione degli edifici.

Per tale motivo, i decisori a livello nazionale e internazionale hanno sviluppato e promosso prassi e buone pratiche per raggiungere un uso più efficiente delle risorse, e per migliorare le performance degli edifici durante le fasi del ciclo di vita degli stessi.

Tali fasi vengono rappresentate attraverso dei blocchi (moduli). Seguendo questo approccio metodologico (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), i potenziali impatti ambientali che potrebbero verificarsi durante il ciclo di vita di un edificio sono associati alla fase (modulo) nella quale si verificano, garantendo trasparenza e comparabilità dei risultati.

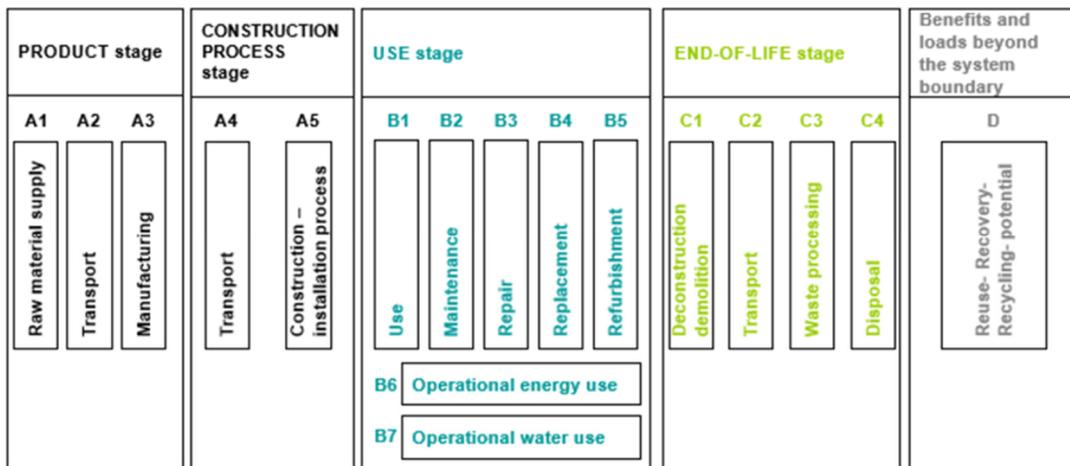


Figura 3: Modularità del ciclo di vita (EN 15804, EN 15978)

L'obiettivo dell'analisi è comparare l'eco profilo degli edifici 3A e 3B (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) attraverso l'approccio del ciclo di vita. L'area dell'edificio 3A è compresa tra il centro commerciale Auchan (recentemente divenuto Emisfero) a nord e le strade via G. Pieropan e via G. Soldà (rispettivamente a est e sud). L'area dell'edificio 3B confina a est con via Monsignor Onisto Arnoldo, a nord con via Soldà, a ovest con via Enrico Fermi e a sud con un impianto sportivo.

¹ Nello specifico gli edifici sarebbero responsabili dell'estrazione di circa il 50% di tutti i materiali estratti dalla terra. In relazione ai materiali da costruzione più diffusi, il calcestruzzo utilizzato negli edifici rappresenta circa il 75% del consumo totale, l'uso di materiali aggregati rappresenta circa il 65% e l'uso di acciaio e legno negli edifici rappresenta rispettivamente il 21% e il 37,5% circa.



Figura 4: Ubicazione geografica dell'area di indagine (in rosso l'edificio 3A e in blu l'edificio 3B)

4. FASE B - ANALISI DELL'INVENTARIO (LCI) DEL CICLO DI VITA

4.1. LA MATRICE PROGETTUALE

Il sistema edificio presenta una certa complessità a livello di analisi del ciclo di vita. Rispetto ad un ciclo di vita classico, il manufatto edilizio in uscita da uno stabilimento produttivo non è il prodotto finale, ma una componente che deve essere integrata all'interno del sistema edificio; inoltre l'integrazione solitamente avviene in loco, durante la fase costruttiva e può richiedere materiali aggiuntivi che rischiano di non essere conteggiati nell'inventario.

Un'ulteriore differenza rispetto ad una analisi LCA tradizionale è rappresentata dalle operazioni di manutenzione e pulizia, da eventuali ristrutturazioni e adeguamenti impiantistici (B1-B7).

L'analisi può riferirsi ad un edificio già esistente (approccio *top down*) oppure concentrarsi sulla fase di scelta dei materiali in fase di progetto (approccio *bottom up*) in modo da rendere l'analisi LCA uno strumento di supporto decisionale nella fase ante-operam.

Perché lo studio LCA possa dare una visione completa degli impatti dell'edificio sarebbe opportuno che l'analisi prendesse in considerazione l'intero ciclo di vita della costruzione, cioè che fosse di tipo "*cradle to grave*". Nel settore edilizio si possono prendere a riferimento le norme UNI EN 15804:2019 e UNI EN 15978:2011.

Il ciclo di vita di un edificio viene suddiviso in moduli (cfr. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) che possono essere raggruppati nelle seguenti fasi:

- Fase di produzione dei materiali (A1-A3): considera gli impatti per il reperimento delle materie prime, il trasporto al sito produttivo e i processi di produzione;
- Fase di costruzione (A4-A5): considera i trasporti dei materiali dal sito di produzione al cantiere ed i consumi idrici ed elettrici per la costruzione dell'edificio;
- Fase d'uso (B1-B7): considera gli impatti che si hanno durante la fase d'uso dovuti alle diverse componenti dell'edificio, le operazioni di manutenzione, sostituzione, riparazione e ristrutturazione. Vengono conteggiati anche gli impatti dovuti ai consumi idrici ed elettrici presenti in questa fase;
- Fine vita (C1-C4): considera gli impatti dovuti allo smantellamento, al trasporto ed ai processi di smaltimento.
- Benefici e carichi oltre i confini del sistema (D), moduli informativi: considera il potenziale di riutilizzo, recupero e/o riciclo, espresso in termini di impatti e benefici netti.

Attraverso il LCI (Life Cycle Inventory) si procede nella raccolta dei dati di attività, ossia l'identificazione e la quantificazione dei relativi flussi materiali ed energetici in ingresso e in uscita a ogni processo unitario entro i confini del sistema studiato, in relazione all'unità funzionale. Una volta caratterizzata la raccolta dati, si possono tracciare i bilanci di massa e di energia, che diventano l'inventario vero e proprio del sistema complessivo. Il procedimento per condurre l'analisi d'inventario è iterativo. Via via che i dati raccolti diventano più approfonditi e il sistema meglio conosciuto, possono essere identificati nuovi requisiti o limitazioni, che potranno anche comportare cambiamenti nelle procedure di raccolta dei dati, affinché siano ancora soddisfatti gli obiettivi dello studio. Il primo passo per la costruzione dell'inventario è la stesura di una matrice progettuale contenente tutti i dati utili alle valutazioni successive. Per il caso corrente sono stati ipotizzati i flussi materiali ed energetici che serviranno durante le fasi di produzione, costruzione e di utilizzo dell'edificio.

Per ciascun edificio, la fase di utilizzo ha considerato due scenari (A e B). Lo scenario A prevede una maggiore frequenza di sostituzione dei materiali rispetto allo scenario B, a parità di durata di vita dell'edificio, ipotizzata pari a 50 anni. A titolo di esempio, se il rifacimento delle aree asfaltate avviene con frequenza pari a 8 anni nello Scenario A, nello scenario B si è ipotizzato che tale intervento avverrà con minor frequenza, ossia ogni 10 anni. La frequenza di sostituzione dei materiali nei due scenari è stata individuata dall'esame di informazioni specifiche di settore, come riportato nelle fonti.

Tabella 1: Matrice progettuale per l'edificio 3A e 3B – moduli considerati

FASE DI PRODUZIONE			FASE DI COSTRUZIONE		FASE DI UTILIZZO						
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
Approvvigionamento materie prime	Trasporto	Fabbricazione	Trasporto	Messa in opera	Utilizzo	Manutenzione	Riparazione	Sostituzione	Ristrutturazione	Consumo di energia durante utilizzo	Consumo di acqua durante utilizzo
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

4.2. ATTRIBUZIONE QUANTITATIVA DEI FLUSSI

L'analisi dell'inventario consiste nell'identificazione e nella quantificazione dei flussi in entrata e uscita rispetto ogni processo unitario incluso nei confini del sistema studiato. Il procedimento è funzionale ai processi che riguardano il sistema di studio e deve rispettare determinati requisiti di qualità dei dati in termini di precisione, completezza e rappresentatività.

È bene sottolineare che i requisiti per la qualità dei dati forniti in EN15804 e EN15978 si basano sui requisiti forniti dalla norma ISO14044, quali:

- Copertura temporale;
- Copertura geografica;
- Copertura tecnologica;
- Completezza.

I dati sugli aspetti ambientali devono essere quanto più specifici possibili e devono essere rappresentativi del processo studiato. I dati sul ciclo di vita dei materiali o degli input energetici possono essere classificati in tre categorie: dati specifici, generici selezionati dati e dati proxy, definiti come segue:

- dati specifici (detti anche "dati primari" o "dati specifici del sito") - dati raccolti dall'effettivo stabilimento di produzione/cantiere;
- dati generici (a volte indicati come "dati secondari"), suddivisi in:
 - dati generici selezionati - dati da fonti di dati comunemente disponibili (ad es. database commerciali e gratuiti database) che soddisfano le caratteristiche di qualità dei dati prescritte per precisione, completezza e rappresentatività;

- dati proxy - dati da fonti di dati comunemente disponibili (ad es. database commerciali e gratuiti database) che non soddisfano tutte le caratteristiche di qualità dei dati "dati generici selezionati".

Nel caso in esame i dati utilizzati sono stati ricavati da informazioni fornite direttamente dal cliente, fonti di letteratura e stime effettuate su edifici simili. Sono di seguito riportate le tabelle caratterizzanti il LCI andando a definire ove possibile (in termini di disponibilità di dati e di possibilità di eseguire le stime) il relativo flusso quantitativo.

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 2: Attribuzione quantitativa dei flussi emergenti dalla matrice progettuale (edificio 3A)

IN FASE DI CANTIERE	U.M.	QUANTITA'
Asfalto	mq	3.039
Pavimentazione stradale drenante	mq	2.532
Pavimentazione in betonelle drenanti	mq	3.035
Pavimentazione in betonelle	mq	813
Strisce segnaletiche	ml	1.300
Aree a prato	mq	8.070
Alberi (nuove piantumazioni)	n.	178
Essenze e fasce arbustive per delimitazione tipo siepe	ml	562
Tubazioni approvvigionamento idrico	ml	980
Tubazioni fognatura acque nere	ml	464
Tubazioni fognatura acque bianche cls	ml	801
Tubazioni fognatura acque bianche pvc	ml	315
Tubazioni linee elettriche, telecom, fibra,	ml	330
Pali illuminazione elettrica	n.	10
Fari illuminazione elettrica	n.	25
Tubazioni linea antincendio	kg	18.000
Finestre, porte e portoni in vetro	mq	1.013
Calcestruzzo sottofondazioni	kg	910.000
Calcestruzzo gettato in opera	kg	6.720.000
Calcestruzzo elementi prefabbricati	kg	4.530.000
Alluminio	kg	7.700
Acciaio	kg	418.000
Macchine escavatrici	mc movimentati	10.860
Consumo idrico	mc	690
Consumo gasolio	mc	27,9
Consumo elettrico	kWh	21.450
Rifiuti - Materiali misti a recupero energetico	kg	9.670
Rifiuti - Legno a riciclaggio	kg	4.900

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 3: Attribuzione quantitativa dei flussi emergenti dalla matrice progettuale (edificio 3A – Scenario A e B)

IN FASE DI ESERCIZIO	U.M.	QUANTITA' SCENARIO A	QUANTITA' SCENARIO B
Asfalto ¹	mq	18.994	15.195
Pavimentazione stradale drenante ¹	mq	15.825	12.660
Pavimentazione in betonelle drenanti ²	mq	7.588	6.070
Pavimentazione in betonelle ²	mq	2.033	1.626
Strisce segnaletiche	ml	13.000	9.286
Sfalcio area a prato	mq	2.421.000	1.210.500
Potatura alberi	n.	8.900	8.900
Manutenzione essenze e fasce arbustive per delimitazione tipo siepe	ml	28.100	28.100
Tubazioni linee elettriche, telecom, fibra, ³	ml	413	367
Pali illuminazione elettrica	n.	20	17
Fari illuminazione elettrica	n.	125	83
Tubazioni linea antincendio ³	kg	30.000	22.500
Finestre, porte e portoni in vetro ³	mq	2.026	1.688
Alluminio ³	kg	12.833	11.000
Consumo idrico	mc	493.908	493.908
Consumo elettrico	kWh	15.599.239	15.599.239
Rifiuti da Raccolta Differenziata a riciclaggio	kg	1.883.381	1.883.381
Rifiuto secco a recupero energetico	kg	1.255.587	1.255.587

Fonti:
¹: ANAS - Gruppo FS Italiane, 2019. I Quaderni tecnici per la salvaguardia delle infrastrutture. Volume V. Quaderno Tecnico n.17 - Le Pavimentazioni stradali
²: CEDA, 2016. Scheda Tecnica Prodotto "Drain Stone"
³: SMV (Associazione Svizzera Inquilini), 2015. Tabella della durata di Vita

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 4: Attribuzione quantitativa dei flussi emergenti dalla matrice progettuale (edificio 3B)

IN FASE DI CANTIERE	U.M.	QUANTITA'
Asfalto	mq	1.633
Pavimentazione stradale drenante	mq	2.837
Pavimentazione in betonelle drenanti	mq	2.896
Pavimentazione in betonelle	mq	660
Strisce segnaletiche	ml	2.000
Aree a prato	mq	7.020
Alberi (nuove piantumazioni)	n.	154
Essenze e fasce arbustive per delimitazione tipo siepe	ml	490
Tubazioni approvvigionamento idrico	ml	925
Tubazioni fognatura acque nere	ml	524
Tubazioni fognatura acque bianche cls	ml	953
Tubazioni fognatura acque bianche pvc	ml	296
Tubazioni linee elettriche, telecom, fibra,	ml	320
Pali illuminazione elettrica	n.	15
Fari illuminazione elettrica	n.	15
Tubazioni linea antincendio	kg	16.900
Finestre, porte e portoni in vetro	mq	854
Calcestruzzo sottofondazioni	kg	810.000
Calcestruzzo gettato in opera	kg	6.100.000
Calcestruzzo elementi prefabbricati	kg	4.110.000
Alluminio	kg	6.900
Acciaio	kg	378.000
Macchine escavatrici	mc movimentati	3.930
Consumo idrico	mc	630
Consumo gasolio	mc	25,2
Consumo elettrico	kWh	19.400
Rifiuti - Materiali misti a recupero energetico	kg	9.670
Rifiuti - Legno a riciclaggio	kg	4.900

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 5: Attribuzione quantitativa dei flussi emergenti dalla matrice progettuale (edificio 3B - Scenario A e B)

IN FASE DI ESERCIZIO	U.M.	Scenario A	Scenario B
Asfalto ¹	mq	10.206	8.165
Pavimentazione stradale drenante ¹	mq	17.731	14.185
Pavimentazione in betonelle drenanti ²	mq	7.240	5.792
Pavimentazione in betonelle ²	mq	1.650	1.320
Strisce segnaletiche	ml	20.000	14.286
Sfalcio area a prato	mq	2.106.000	1.053.000
Potatura alberi	n.	7.700	7.700
Manutenzione essenze e fasce arbustive per delimitazione tipo siepe	ml	24.500	24.500
Tubazioni linee elettriche, telecom, fibra, ³	ml	400	356
Pali illuminazione elettrica	n.	30	25
Fari illuminazione elettrica	n.	75	50
Tubazioni linea antincendio ³	kg	28.167	21.125
Finestre, porte e portoni in vetro ³	mq	1.708	1.423
Alluminio ³	kg	11.500	9.857
Consumo idrico	mc	452.513	452.513
Consumo elettrico	kWh	13.187.946	13.187.946
Rifiuti da Raccolta Differenziata a riciclaggio	kg	1.695.839	1.695.839
Rifiuto secco a recupero energetico	kg	1.130.559	1.130.559
Fonti: ¹ : ANAS - Gruppo FS Italiane, 2019. I Quaderni tecnici per la salvaguardia delle infrastrutture. Volume V. Quaderno Tecnico n.17 - Le Pavimentazioni stradali ² : CEDA, 2016. Scheda Tecnica Prodotto "Drain Stone" ³ : SMV (Associazione Svizzera Inquilini), 2015. Tabella della durata di Vita			

5. FASE C – VALUTAZIONE DI IMPATTO DEL CICLO DI VITA

5.1. SELEZIONE DELLE CATEGORIE DI IMPATTO

Per la valutazione delle performance (LCIA – *Life Cycle Impact Assessment*) sono state selezionate le seguenti categorie di impatto secondo UNI EN 15804:2019 (e UNI EN 15978:2011). Le categorie indagate sono riportate in Tabella 6. Per l'elaborazione è stato impiegato il software di calcolo SimaPro (SimaPro 9).

Tabella 6: Elenco delle categorie di impatto utilizzate in accordo con la norma di riferimento e relativi fattori di caratterizzazione

CATEGORIA	Fattore di caratterizzazione	
Climate change	GWP - Total	kg CO ₂ eq
Climate change - Fossil	GWP-fossil	kg CO ₂ eq
Climate change - Biogenic	GWP-biogenic	kg CO ₂ eq
Climate change - Land use and LU change	GWP-luluc	kg CO ₂ eq
Ozone depletion	ODP	kg CFC11 eq
Acidification	AP	mol H+ eq
Eutrophication, freshwater	EP-freshwater	kg P eq
Eutrophication, marine	EP-marine	kg N eq
Eutrophication, terrestrial	EP-terrestrial	mol N eq
Photochemical ozone formation	POCP	kg NMVOC eq
Resource use, minerals and metals	ADP-minerals&metals	kg Sb eq
Resource use, fossils	ADP-fossil	MJ
Water use	WDP	m ³ depriv.
Particulate matter	PM	disease inc.
Ionising radiation	IRP	kBq U-235 eq
Ecotoxicity, freshwater	ETP-fw	CTUe
Human toxicity, non-cancer	http-c	CTUh
Human toxicity, cancer	http-nc	CTUh
Land use	SQP	Pt

Si riporta di seguito una breve descrizione delle categorie di impatto analizzate.

Climate change / Global warming: Comprende le emissioni di gas serra. Il contributo maggiore è generalmente la combustione di combustibili fossili come carbone, petrolio e gas naturale. Le conseguenze includono un aumento delle temperature globali medie e improvvisi cambiamenti climatici regionali.

L'indicatore viene calcolato attraverso il **GWP (Global Warming Potential)**: è espresso in **kg CO₂ eq.**, ossia un'unità di misura data dal rapporto tra l'impatto causato da un gas in un determinato lasso di tempo rispetto a quello provocato nello stesso periodo dalla stessa quantità di biossido di carbonio (l'indice GWP del biossido di carbonio ha valore uguale a 1).

Ozone layer depletion: Lo strato di ozono stratosferico (O₃) ci protegge dalle radiazioni ultraviolette pericolose (UV-B). Il suo assottigliamento può avere conseguenze pericolose sotto forma di aumento dei casi di cancro della pelle nell'uomo e danni alle piante. L'esaurimento stratosferico dell'ozono è un impatto che colpisce l'ambiente su scala globale. L'indicatore utilizzato è l'**ODP (Ozone depletion Potential)** ed è espresso in **kg CFC11 eq.**: esso fornisce un'idea della misura dell'effetto distruttivo sull'ozono da parte di una sostanza comparato con una sostanza di riferimento (come standard è assunto il triclorofluorometano (R-11), cui viene dato il valore di ODP pari a 1,0).

Acidification: l'acidificazione può colpire la flora terrestre e la fauna marina. L'acidificazione può essere causata da emissioni nell'atmosfera, nell'acqua e nel suolo. Le fonti più significative sono i processi di combustione (elettricità, riscaldamento) e trasporti. Il contributo all'acidificazione è maggiore quando i carburanti contengono un alto livello di zolfo. L'acidificazione è valutata con l'indicatore **AP (Acidification potential)**: esso è espresso in **mol H⁺ eq**, ovvero il numero di moli di H⁺ che possono essere potenzialmente rilasciate da una mole di sostanza.

Eutrophication: L'eutrofizzazione ha un impatto sugli ecosistemi a causa di sostanze contenenti azoto (N) o fosforo (P). Questi nutrienti causano una crescita di alghe o piante specifiche e limitano la disponibilità di ossigeno. L'eutrofizzazione è un impatto che influenza l'ambiente a livello locale e regionale. L'eutrofizzazione in ambienti acquatici è valutata con l'indicatore **EP- freshwater, EP-marine (EP= Eutrophication potential)**: essa è espressa generalmente in **kg eq** e indica l'aumento della concentrazione di composti a base di fosforo (**kg P eq.**) o azoto (**kg N eq.**). L'eutrofizzazione nel suolo (**EP- terrestrial**) è invece espressa in **mol N eq.**

Photochemical oxidation: Mentre l'ozono stratosferico ci protegge, l'ozono nella troposfera è dannoso per gli organismi viventi e può aumentare la frequenza dei problemi respiratori. Lo smog fotochimico è generato da un insieme d'inquinanti, tra i quali: idrocarburi, ossidi di azoto (NO_x), ossido di carbonio e aldeidi.

L'indicatore viene calcolato attraverso il **POCP (Photochemical ozone creation potential)**: tutte le emissioni sono espresse in **kg di NMVOC eq.**, ovvero un'unità di misura che esprime il potenziale di formazione dell'ozono di ciascun gas in rapporto agli NMVOC (non-methane volatile organic compounds).

Abiotic depletion (elements e fossil fuel): La terra contiene una quantità finita di risorse non rinnovabili, come metalli, minerali e combustibili fossili come carbone, petrolio e gas. L'idea alla base è che l'estrazione di un'alta concentrazione di risorse oggi costringerà le generazioni future a estrarre una concentrazione più bassa o risorse di valore inferiore.

L'indicatore con cui viene valutato è l'**ADP-fossil (Depletion of abiotic resources – fossils)**: esso viene espresso in **mega joule** (in sigla MJ), unità di misura normalmente utilizzata per misurare la forza del lavoro e dell'energia derivante dalla reazione di una determinata materia prima.

Per le risorse non fossili viene utilizzato invece l'indicatore **ADP-minerals&metals** espresso con **kg Sb eq**: tale unità di misura deriva dal rapporto tra la produzione annuale mondiale di una risorsa generica e il quadrato della sua riserva finale rispetto ad una sostanza di riferimento (antimonio: Sb).

Water Use: Valuta la potenziale privazione dell'acqua, per l'uomo o per gli ecosistemi, basandosi sul presupposto che meno acqua rimanga disponibile per area, più è probabile che un altro utente venga privato. L'unità di misura è il metro cubo di acqua equivalente.

L'indicatore utilizzato è la **WDP (Water user deprivation potential)**: viene espresso in **m³ depriv.**, unità di misura utilizzata per misurare la possibile privazione di acqua (sia umana che per gli ecosistemi). Essa si basa sull'assunzione che meno acqua rimane disponibile in un'area, più probabile è che un altro utilizzatore ne rimanga privato.

Particular Matter: Potenziale impatto sulla salute delle persone causato dal particolato. Esso viene valutato con l'indicatore **PM (Particulate Matter)** e dipende dall'incidenza di contrarre una determinata patologia.

Ionising radiation: Radiazioni ionizzanti potenzialmente rilasciate da materiali da costruzione e rifiuti. La prolungata esposizione a queste radiazioni potrebbe aumentare il potenziale rischio per la salute.

L'indicatore utilizzato è l' **IRP (Potential ionizing radiation)** ed è espresso in **kBq U235 eq**, ovvero la capacità da parte di un materiale da costruzione di rilasciare radiazioni ionizzanti rispetto all'isotopo di riferimento uranio-235 (U235).

Ecotoxicity, freshwater: l'ecotossicità valuta gli effetti tossici degli agenti chimici e fisici sugli organismi viventi, riuniti in comunità all'interno di definiti ecosistemi; essa comprende anche lo studio delle modalità di diffusione di questi agenti e le loro interazioni con l'ambiente. Per ambienti di acqua dolce viene valutata con l'indicatore **ETP-fw (Potential freshwater ecotoxicity)** ed è espressa in **CTUe (Comparative Toxic Units ecotoxicity)** in grado di fornire una stima dell'impatto ambientale di determinate sostanze tossiche nei corsi d'acqua.

Human toxicity (non cancer e cancer): Il potenziale di tossicità umana (HTP), un indice calcolato che riflette il potenziale danno di un'unità di sostanza chimica rilasciata nell'ambiente, si basa sia sulla tossicità intrinseca di un composto che sulla sua dose potenziale.

L'indicatore con cui viene valutata è l'**HTP c** o l'**HTP nc**: vengono espressi in **CTU (Comparative Toxic Unit)** e forniscono un'idea della misura degli effetti negativi sulla salute degli esseri umani (**h**) causati dall'assunzione di sostanze tossiche per inalazione di aria, ingestione di cibo/acqua, penetrazione cutanea nella misura in cui si tratta di sostanze cancerogene o di sostanze non cancerogene non causate da particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche o da radiazioni ionizzanti.

Lande Use: Potenziale trasformazione del territorio e occupazione del suolo. L'indicatore elabora differenti informazioni relative alla qualità e agli utilizzi del suolo, anche in termini di capacità di fornire servizi ecosistemici (**Soil Quality Potential**), a cui viene assegnato un punteggio complessivo.

5.2. MODELLO DI CARATTERIZZAZIONE

In questa fase vengono calcolati i risultati degli indicatori di categoria, elaborazione che va sotto il nome di caratterizzazione (cfr. § 4.4.24. UNI EN ISO 14044).

La caratterizzazione è il passaggio matematico che trasforma il dato di inventario in dato di impatto tramite la seguente operazione:

$$Impatto_i = \sum_{j,k=1}^n [FC_{i,k} \times (\text{Dato di inventario}_j)]$$

Dove:

- $Impatto_i$: è l'impatto ambientale complessivo associato all'i-esima categoria di impatto;
- $FC_{i,k}$: è il fattore di caratterizzazione dell'i-esima categoria di impatto relativo alla k-esima sostanza a cui è associata il dato di inventario;
- $\text{Dato di inventario}_j$: è il j-esimo flusso elementare che viene classificato all'interno di una categoria di impatto e che in base a modello selezionato viene moltiplicato per uno specifico fattore di caratterizzazione.

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 7: Edificio 3A - Performance ambientale emergente dalla matrice progettuale e dall'analisi di inventario (moduli A1-A5)

Categoria d'impatto	Climate change	Climate change - Fossil	Climate change - Biogenic	Climate change - Land use and LU change	Ozone depletion	Acidification	Eutrophication, freshwater	Eutrophication, marine	Eutrophication, terrestrial	Photochemical ozone formation	Resource use, minerals and metals	Resource use, fossils	Water use	Particulate matter	Ionising radiation	Ecotoxicity, freshwater	Human toxicity, non-cancer	Human toxicity, cancer	Land use
Unità	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CFC11 eq	mol H+ eq	kg P eq	kg N eq	mol N eq	kg NMVOC eq	kg Sb eq	MJ	m3 depriv.	disease inc.	kBq U-235 eq	CTUe	CTUh	CTUh	Pt
Acciaio	447.819,5	447.766,3	-315,9	369,1	0,0	1.841,1	0,6	343,7	4.048,8	1.059,4	5,7	5.763.049,9	1.239.670,8	0,0	25.122,4	-406.227,4	0,0	0,0	831.217,5
Alluminio	84.529,9	81.644,3	1.561,3	1.324,3	0,0	586,5	38,0	83,7	817,6	264,8	0,6	1.033.252,4	19.493,5	0,0	11.166,9	2.372.980,2	0,0	0,0	169.987,8
Asfalto	32.536,3	32.481,8	37,7	16,8	0,0	249,0	7,7	35,7	395,5	3.203,8	0,3	1.821.539,0	10.947,0	0,0	7.600,5	1.145.813,0	0,0	0,0	212.564,8
Calcestruzzo elementi prefabbricati	1.693.138,2	1.635.787,5	57.024,6	326,0	0,1	3.469,9	191,0	901,5	10.214,7	2.860,9	17,7	8.776.009,7	58.163,4	0,0	132.936,1	14.062.662,0	0,0	0,0	4.209.462,8
Calcestruzzo gettato in opera	2.511.675,1	2.426.598,7	84.592,8	483,6	0,1	5.147,4	283,3	1.337,3	15.152,9	4.244,0	26,2	13.018.716,0	86.282,1	0,0	197.203,2	20.861.167,0	0,0	0,0	6.244.501,2
Calcestruzzo sottofondazioni	340.122,7	328.601,9	11.455,3	65,5	0,0	697,0	38,4	181,1	2.052,0	574,7	3,6	1.762.951,2	11.684,0	0,0	26.704,6	2.824.949,7	0,0	0,0	845.609,5
Consumo elettrico	12.613,5	12.602,6	9,7	1,2	0,0	55,0	3,6	9,0	94,4	26,9	0,0	175.396,1	1.318,1	0,0	1.269,6	113.506,4	0,0	0,0	38.611,2
Consumo gasolio	11.346,3	11.313,9	28,9	3,4	0,0	138,1	1,0	17,1	188,3	77,9	0,1	1.172.739,1	98,3	0,0	5.329,1	612.775,3	0,0	0,0	144.461,5
Consumo idrico	242,0	236,8	4,8	0,4	0,0	1,4	0,2	0,3	2,6	0,8	0,0	4.050,5	29.731,1	0,0	82,8	4.441,2	0,0	0,0	1.142,9
Finestre	670.764,3	672.286,4	-3.670,7	2.148,6	0,0	4.212,1	229,9	715,2	7.152,6	2.137,5	10,1	7.313.899,1	158.874,1	0,0	31.560,2	16.426.990,0	0,0	0,0	1.884.161,9
Legno - Trasporti rif	183,1	182,6	0,4	0,1	0,0	1,0	0,0	0,3	3,4	1,1	0,0	2.708,5	11,4	0,0	17,5	2.967,3	0,0	0,0	1.276,6
Macchine escavatrici	5.797,5	5.795,0	1,9	0,6	0,0	59,2	0,3	25,9	284,0	78,3	0,0	79.348,5	157,5	0,0	365,6	52.852,4	0,0	0,0	10.434,9
Materiali misti - Trasporti rif	361,3	360,3	0,7	0,2	0,0	2,0	0,1	0,6	6,8	2,2	0,0	5.345,1	22,5	0,0	34,5	5.855,9	0,0	0,0	2.519,3
Pavimentazione in betonelle	19.554,8	19.134,3	412,2	8,2	0,0	65,9	2,8	19,4	214,8	56,2	1,6	112.574,8	4.786,7	0,0	594,7	399.581,8	0,0	0,0	210.219,5
Pavimentazione in betonelle drenanti	91.199,1	89.238,2	1.922,6	38,3	0,0	307,2	12,9	90,3	1.001,7	262,1	7,4	525.023,4	22.324,1	0,0	2.773,7	1.863.559,0	0,0	0,0	980.416,2
Pavimentazione stradale drenante	179.569,9	178.674,2	635,9	259,8	0,0	1.083,4	71,6	299,0	3.154,1	857,3	0,4	2.345.341,9	31.167,6	0,5	23.203,0	2.839.815,9	0,0	0,0	387.130,4
Sfalcio e piantumazione	15,8	16,6	-0,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	206,7	1,5	0,0	1,0	348,3	0,0	0,0	220,0
Sfrisce segnaletiche	421,4	359,8	-77,1	138,7	0,0	5,5	0,1	0,8	4,3	1,6	0,0	5.161,2	333,2	0,0	34,5	11.437,6	0,0	0,0	10.179,7
Tubazioni approvvigionamento idrico	4.072,5	4.064,4	8,1	0,0	0,0	9,2	0,0	1,9	20,5	10,7	0,0	152.895,0	1.238,8	0,0	0,4	1.566,6	0,0	0,0	36,9
Tubazioni fognatura acque bianche pvc	5.482,2	5.482,2	0,0	0,0	0,0	26,3	0,0	3,6	39,3	10,5	0,0	100.920,5	4.890,3	0,0	0,0	11.306,1	0,0	0,0	0,0
Tubazioni fognatura acque nere	6.490,2	6.490,2	0,0	0,0	0,0	31,2	0,1	4,3	46,5	12,4	0,0	119.477,1	5.789,5	0,0	0,0	13.385,0	0,0	0,0	0,0
Tubazioni linea antincendio	89.213,0	88.314,0	680,6	218,5	0,0	554,2	34,6	101,2	1.077,7	341,8	4,0	933.811,6	23.569,1	0,0	4.877,6	3.057.369,2	0,0	0,0	485.913,4
Tubazioni linee elettriche, telecom, fibra	3.984,2	3.984,2	0,0	0,0	0,0	19,1	0,0	2,6	28,5	7,6	0,0	73.344,7	3.554,1	0,0	0,0	8.216,8	0,0	0,0	0,0
Trasporti al cancello	73.886,4	73.810,6	54,0	21,7	0,0	377,4	5,3	129,0	1.412,1	421,7	1,3	1.156.926,8	3.760,2	0,0	5.891,4	921.390,7	0,0	0,0	1.325.875,8
Totale	6.285.019,0	6.125.226,9	154.367,2	5.425,0	0,3	18.939,1	921,5	4.303,7	47.413,3	16.514,6	78,9	46.454.689,0	1.717.868,9	0,7	476.769,5	67.208.710,0	0,1	0,0	17.995.943,7

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 8: Edificio 3A - Performance ambientale emergente dalla matrice progettuale e dall'analisi di inventario - Scenario A (moduli B1-B7)

Categoria d'impatto	Climate change	Climate change - Fossil	Climate change - Biogenic	Climate change - Land use and LU change	Ozone depletion	Acidification	Eutrophication, freshwater	Eutrophication, marine	Eutrophication, terrestrial	Photochemical ozone formation	Resource use, minerals and metals	Resource use, fossils	Water use	Particulate matter	Ionising radiation	Ecotoxicity, freshwater	Human toxicity, non-cancer	Human toxicity, cancer	Land use
Unità	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CFC11 eq	mol H+ eq	kg P eq	kg N eq	mol N eq	kg NMVOC eq	kg Sb eq	MJ	m3 depriv.	disease inc.	kBq U-235 eq	CTUe	CTUh	CTUh	Pt
Alluminio	140.883,1	136.073,8	2.602,2	2.207,2	0,0	977,4	63,4	139,6	1.362,7	441,4	1,0	1.722.087,4	32.489,1	0,0	18.611,5	3.954.967,0	0,0	0,0	283.313,0
Asfalto	203.351,6	203.011,1	235,7	104,8	0,2	1.556,4	47,9	223,4	2.472,1	20.023,9	2,1	11.384.619,0	68.418,5	0,0	47.503,1	7.161.331,4	0,0	0,0	1.328.529,8
Consumo elettrico	9.172.971,7	9.165.095,6	7.020,7	855,5	1,2	39.994,1	2.584,0	6.551,4	68.631,1	19.570,2	19,6	127.554.610,0	958.599,3	0,1	923.290,6	82.546.064,0	0,0	0,0	28.079.502,0
Consumo Idrico	173.238,2	169.505,2	3.457,1	275,9	0,0	989,2	125,1	186,4	1.826,1	573,8	4,7	2.899.348,5	21.281.788,0	0,0	59.301,0	3.179.026,0	0,0	0,0	818.086,1
Finestre	1.341.528,6	1.344.572,9	-7.341,4	4.297,2	0,1	8.424,2	459,8	1.430,5	14.305,2	4.275,1	20,2	14.627.798,0	317.748,2	0,1	63.120,4	32.853.980,0	0,0	0,0	3.768.323,7
Pavimentazione in betonelle	48.887,0	47.835,9	1.030,6	20,5	0,0	164,7	6,9	48,4	536,9	140,5	4,0	281.437,0	11.966,8	0,0	1.486,8	998.954,4	0,0	0,0	525.548,7
Pavimentazione in betonelle drenanti	227.997,8	223.095,6	4.806,6	95,7	0,0	767,9	32,2	225,8	2.504,2	655,1	18,4	1.312.558,5	55.810,3	0,0	6.934,3	4.658.897,5	0,0	0,0	2.451.040,5
Pavimentazione stradale drenante	1.122.311,7	1.116.713,9	3.974,4	1.623,5	0,1	6.771,4	447,3	1.868,7	19.713,1	5.358,1	2,4	14.658.387,0	194.797,2	3,0	145.018,6	17.748.849,0	0,0	0,0	2.419.565,2
Sfalcio e piantumazione	4.754,6	4.987,0	-236,3	3,9	0,0	29,1	1,1	8,1	88,8	60,5	0,6	62.002,9	435,7	0,0	298,3	104.499,7	0,0	0,0	65.990,6
Strisce segnaletiche	4.213,9	3.598,4	-771,5	1.386,9	0,0	55,4	1,5	8,0	43,3	16,3	0,1	51.612,4	3.332,2	0,0	345,4	114.375,7	0,0	0,0	101.797,0
Tubazioni linee elettriche, telecom, fibra	22.644,1	22.620,8	16,6	6,7	0,0	115,6	1,6	39,5	432,8	129,3	0,4	354.564,9	1.152,4	0,0	1.805,6	282.379,8	0,0	0,0	406.342,9
Trasporti al cancello	5.665,5	5.659,7	4,1	1,7	0,0	28,9	0,4	9,9	108,3	32,3	0,1	88.711,8	288,3	0,0	451,7	70.651,2	0,0	0,0	101.666,7
Totale	12.468.447,9	12.442.769,9	14.798,8	10.879,3	1,5	59.874,4	3.771,3	10.739,7	112.024,6	51.276,4	73,6	174.997.737,4	22.926.826,1	3,3	1.268.167,4	153.673.975,7	0,1	0,0	40.349.706,3

Tabella 9: Edificio 3A - Performance ambientale emergente dalla matrice progettuale e dall'analisi di inventario - Scenario B (moduli B1-B7)

Categoria d'impatto	Climate change	Climate change - Fossil	Climate change - Biogenic	Climate change - Land use and LU change	Ozone depletion	Acidification	Eutrophication, freshwater	Eutrophication, marine	Eutrophication, terrestrial	Photochemical ozone formation	Resource use, minerals and metals	Resource use, fossils	Water use	Particulate matter	Ionising radiation	Ecotoxicity, freshwater	Human toxicity, non-cancer	Human toxicity, cancer	Land use
Unità	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CFC11 eq	mol H+ eq	kg P eq	kg N eq	mol N eq	kg NMVOC eq	kg Sb eq	MJ	m3 depriv.	disease inc.	kBq U-235 eq	CTUe	CTUh	CTUh	Pt
Alluminio	120.757,0	116.634,7	2.230,4	1.891,8	0,0	837,8	54,3	119,6	1.168,0	378,3	0,9	1.476.074,9	27.847,8	0,0	15.952,7	3.389.971,8	0,0	0,0	242.839,7
Asfalto	162.681,3	162.408,9	188,5	83,9	0,1	1.245,1	38,3	178,7	1.977,7	16.019,1	1,6	9.107.695,1	54.734,8	0,0	38.002,5	5.729.065,1	0,0	0,0	1.062.823,9
Consumo elettrico	9.172.971,7	9.165.095,6	7.020,7	855,5	1,2	39.994,1	2.584,0	6.551,4	68.631,1	19.570,2	19,6	127.554.610,0	958.599,3	0,1	923.290,6	82.546.064,0	0,0	0,0	28.079.502,0
Consumo Idrico	173.238,2	169.505,2	3.457,1	275,9	0,0	989,2	125,1	186,4	1.826,1	573,8	4,7	2.899.348,5	21.281.788,0	0,0	59.301,0	3.179.026,0	0,0	0,0	818.086,1
Finestre	1.117.940,5	1.120.477,4	-6.117,8	3.581,0	0,1	7.020,2	383,2	1.192,1	11.921,0	3.562,6	16,8	12.189.832,0	264.790,2	0,1	52.600,4	27.378.317,0	0,0	0,0	3.140.269,8
Pavimentazione in betonelle	39.109,6	38.268,7	824,5	16,4	0,0	131,7	5,5	38,7	429,6	112,4	3,2	225.149,6	9.573,4	0,0	1.189,5	799.163,5	0,0	0,0	420.439,0
Pavimentazione in betonelle drenanti	182.398,3	178.476,5	3.845,3	76,5	0,0	614,3	25,8	180,6	2.003,3	524,1	14,8	1.050.046,8	44.648,3	0,0	5.547,4	3.727.118,0	0,0	0,0	1.960.832,4
Pavimentazione stradale drenante	897.849,4	893.371,1	3.179,5	1.298,8	0,1	5.417,1	357,9	1.495,0	15.770,5	4.286,5	1,9	11.726.710,0	155.837,8	2,4	116.014,9	14.199.079,0	0,0	0,0	1.935.652,1
Sfalcio e piantumazione	2.377,3	2.493,5	-118,1	1,9	0,0	14,6	0,6	4,1	44,4	30,2	0,3	31.001,5	217,9	0,0	149,1	52.249,8	0,0	0,0	32.995,3
Strisce segnaletiche	3.009,9	2.570,3	-551,0	990,7	0,0	39,5	1,1	5,7	30,9	11,7	0,1	36.866,0	2.380,1	0,0	246,7	81.696,9	0,0	0,0	72.712,1
Tubazioni linee elettriche, telecom, fibra	18.133,3	18.114,7	13,3	5,3	0,0	92,6	1,3	31,7	346,6	103,5	0,3	283.934,4	922,8	0,0	1.445,9	226.128,9	0,0	0,0	325.398,1
Trasporti al cancello	4.426,9	4.426,9	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	2,9	31,7	8,5	0,0	81.494,2	3.949,0	0,0	0,0	9.129,8	0,0	0,0	0,0
Totale	11.894.893,3	11.871.843,4	13.972,3	9.077,7	1,5	56.417,5	3.577,0	9.986,9	104.180,9	45.180,8	64,2	166.662.762,9	22.805.289,4	2,6	1.213.740,7	141.317.009,8	0,1	0,0	38.091.550,6

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 10: Edificio 3B - Performance ambientale emergente dalla matrice progettuale e dall'analisi di inventario (moduli A1-A5)

Categoria d'impatto	Climate change	Climate change - Fossil	Climate change - Biogenic	Climate change - Land use and LU change	Ozone depletion	Acidification	Eutrophication , freshwater	Eutrophication , marine	Eutrophication , terrestrial	Photochemical ozone formation	Resource use, minerals and metals	Resource use, fossils	Water use	Particulate matter	Ionising radiation	Ecotoxicity, freshwater	Human toxicity, non-cancer	Human toxicity, cancer	Land use
Unità	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CFC11 eq	mol H+ eq	kg P eq	kg N eq	mol N eq	kg NMVOC eq	kg Sb eq	MJ	m3 depriv.	disease inc.	kBq U-235 eq	CTUe	CTUh	CTUh	Pt
Acciaio	404.966,0	404.917,9	-285,7	333,8	0,0	1.664,9	0,5	310,8	3.661,3	958,1	5,2	5.211.561,9	1.121.042,0	0,0	22.718,4	-367.353,9	0,0	0,0	751.675,1
Alluminio	75.747,6	73.161,8	1.399,1	1.186,7	0,0	525,5	34,1	75,0	732,7	237,3	0,5	925.901,5	17.468,2	0,0	10.006,7	2.126.436,8	0,0	0,0	152.326,8
Asfalto	17.483,3	17.454,0	20,3	9,0	0,0	133,8	4,1	19,2	212,5	1.721,6	0,2	978.800,0	5.882,3	0,0	4.084,1	615.700,1	0,0	0,0	114.221,2
Calcestruzzo elementi prefabbricati	1.536.158,5	1.484.125,1	51.737,6	295,8	0,1	3.148,2	173,3	817,9	9.267,6	2.595,7	16,0	7.962.340,0	52.770,7	0,0	120.610,9	12.758.839,0	0,0	0,0	3.819.181,5
Calcestruzzo gettato in opera	2.279.943,2	2.202.716,0	76.788,2	439,0	0,1	4.672,5	257,2	1.213,9	13.754,9	3.852,5	23,8	11.817.585,0	78.321,5	0,0	179.008,9	18.936.476,0	0,0	0,0	5.668.371,6
Calcestruzzo sottofondazioni	302.746,6	292.491,8	10.196,5	58,3	0,0	620,4	34,2	161,2	1.826,5	511,6	3,2	1.569.220,3	10.400,1	0,0	23.770,0	2.514.515,7	0,0	0,0	752.685,4
Consumo elettrico	11.408,0	11.398,2	8,7	1,1	0,0	49,7	3,2	8,1	85,4	24,3	0,0	158.633,3	1.192,2	0,0	1.148,3	102.658,5	0,0	0,0	34.921,1
Consumo gasolio	10.248,3	10.219,0	26,1	3,1	0,0	124,7	0,9	15,5	170,1	70,3	0,1	1.059.248,3	88,8	0,0	4.813,4	553.474,5	0,0	0,0	130.481,3
Consumo Idrico	221,0	216,2	4,4	0,4	0,0	1,3	0,2	0,2	2,3	0,7	0,0	3.698,2	27.145,8	0,0	75,6	4.055,0	0,0	0,0	1.043,5
Finestre	565.481,5	566.764,7	-3.094,6	1.811,3	0,0	3.551,0	193,8	603,0	6.029,9	1.802,0	8,5	6.165.913,0	133.937,3	0,0	26.606,5	13.848.617,0	0,0	0,0	1.588.424,7
Legno - Trasporti rif	183,1	182,6	0,4	0,1	0,0	1,0	0,0	0,3	3,4	1,1	0,0	2.708,5	11,4	0,0	17,5	2.967,3	0,0	0,0	1.276,6
Macchine escavatrici	2.098,0	2.097,1	0,7	0,2	0,0	21,4	0,1	9,4	102,8	28,3	0,0	28.714,5	57,0	0,0	132,3	19.126,1	0,0	0,0	3.776,2
Materiali misti - Trasporti rif	361,3	360,3	0,7	0,2	0,0	2,0	0,1	0,6	6,8	2,2	0,0	5.345,1	22,5	0,0	34,5	5.855,9	0,0	0,0	2.519,3
Pavimentazione in betonelle	15.874,7	15.533,4	334,7	6,7	0,0	53,5	2,2	15,7	174,4	45,6	1,3	91.389,1	3.885,9	0,0	482,8	324.383,7	0,0	0,0	170.657,9
Pavimentazione in betonelle drenanti	87.022,3	85.151,2	1.834,6	36,5	0,0	293,1	12,3	86,2	955,8	250,1	7,0	500.977,9	21.301,7	0,0	2.646,7	1.778.209,8	0,0	0,0	935.514,1
Pavimentazione stradale drenante	201.200,5	200.197,0	712,5	291,0	0,0	1.213,9	80,2	335,0	3.534,0	960,6	0,4	2.627.857,4	34.921,9	0,5	25.998,0	3.181.894,8	0,0	0,0	433.763,4
Sfalcio e piantumazione	13,8	14,5	-0,7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	179,8	1,3	0,0	0,9	303,0	0,0	0,0	191,3
Strisce segnaletiche	648,3	553,6	-118,7	213,4	0,0	8,5	0,2	1,2	6,7	2,5	0,0	7.940,4	512,6	0,0	53,1	17.596,3	0,0	0,0	15.661,1
Tubazioni approvvigionamento idrico	3.844,0	3.836,3	7,7	0,0	0,0	8,7	0,0	1,8	19,3	10,1	0,0	144.314,2	1.169,3	0,0	0,4	1.478,7	0,0	0,0	34,8
Tubazioni fognatura acque bianche pvc	5.151,5	5.151,5	0,0	0,0	0,0	24,7	0,0	3,4	36,9	9,8	0,0	94.833,2	4.595,4	0,0	0,0	10.624,2	0,0	0,0	0,0
Tubazioni fognatura acque nere	7.329,4	7.329,4	0,0	0,0	0,0	35,2	0,1	4,8	52,5	14,0	0,0	134.926,8	6.538,2	0,0	0,0	15.115,8	0,0	0,0	0,0
Tubazioni linea antincendio	83.761,1	82.917,0	639,0	205,1	0,0	520,3	32,5	95,0	1.011,8	320,9	3,7	876.745,4	22.128,8	0,0	4.579,5	2.870.529,9	0,0	0,0	456.218,7
Tubazioni linee elettriche, telecom, fibra	3.863,5	3.863,5	0,0	0,0	0,0	18,5	0,0	2,5	27,7	7,4	0,0	71.122,2	3.446,4	0,0	0,0	7.967,8	0,0	0,0	0,0
Trasporti al cancello	67.300,7	67.231,6	49,2	19,8	0,0	343,7	4,8	117,5	1.286,2	384,1	1,2	1.053.806,3	3.425,0	0,0	5.366,3	839.264,3	0,0	0,0	1.207.696,4
Totale	5.683.055,8	5.537.883,6	140.260,7	4.911,5	0,3	17.036,8	834,1	3.898,4	42.961,8	13.811,0	71,2	41.493.762,3	1.550.266,2	0,7	432.154,7	60.168.736,2	0,1	0,0	16.240.642,0

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 11: Edificio 3B - Performance ambientale emergente dalla matrice progettuale e dall'analisi di inventario – Scenario A (moduli B1-B7)

Categoria d'impatto	Climate change	Climate change - Fossil	Climate change - Biogenic	Climate change - Land use and LU change	Ozone depletion	Acidification	Eutrophication n, freshwater	Eutrophication n, marine	Eutrophication terrestrial	Photochemical ozone formation	Resource use, minerals and metals	Resource use, fossils	Water use	Particulate matter	Ionising radiation	Ecotoxicity, freshwater	Human toxicity, non-cancer	Human toxicity, cancer	Land use
Unità	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CFC11 eq	mol H+ eq	kg P eq	kg N eq	mol N eq	kg NMVOC eq	kg Sb eq	MJ	m3 depriv.	disease inc.	kBq U-235 eq	CTUe	CTUh	CTUh	Pt
Alluminio	108.210,8	104.516,8	1.998,7	1.695,3	0,0	750,7	48,7	107,2	1.046,7	339,0	0,8	1.322.716,5	24.954,5	0,0	14.295,3	3.037.766,9	0,0	0,0	217.609,6
Asfalto	87.416,4	87.270,0	101,3	45,1	0,1	669,0	20,6	96,0	1.062,7	8.607,8	0,9	4.894.000,0	29.411,6	0,0	20.420,6	3.078.500,6	0,0	0,0	571.106,1
Consumo elettrico	7.755.035,8	7.748.377,1	5.935,5	723,2	1,0	33.811,9	2.184,6	5.538,7	58.022,3	16.545,1	16,6	107.837.520,0	810.421,3	0,1	780.570,5	69.786.292,0	0,0	0,0	23.739.040,0
Consumo idrico	158.719,2	155.299,0	3.167,4	252,8	0,0	906,3	114,6	170,8	1.673,0	525,7	4,3	2.656.354,7	19.498.165,0	0,0	54.331,0	2.912.592,4	0,0	0,0	749.522,5
Finestre	942.469,1	944.607,8	-5.157,6	3.018,9	0,0	5.918,3	323,0	1.005,0	10.049,9	3.003,4	14,2	10.276.522,0	223.228,8	0,1	44.344,2	23.081.029,0	0,0	0,0	2.647.374,5
Pavimentazione in betonelle	31.749,5	31.066,8	669,3	13,3	0,0	106,9	4,5	31,4	348,7	91,2	2,6	182.778,3	7.771,8	0,0	965,6	648.767,4	0,0	0,0	341.315,8
Pavimentazione in betonelle drenanti	174.044,6	170.302,4	3.669,1	73,0	0,0	586,2	24,6	172,4	1.911,6	500,1	14,1	1.001.955,7	42.603,4	0,0	5.293,4	3.556.419,7	0,0	0,0	1.871.028,2
Pavimentazione stradale drenante	1.006.002,6	1.000.984,9	3.562,5	1.455,2	0,1	6.069,7	401,0	1.675,1	17.670,1	4.802,8	2,1	13.139.287,0	174.609,7	2,7	129.989,9	15.909.474,0	0,0	0,0	2.168.817,2
Sfalcio e piantumazione	2.068,0	2.169,1	-102,8	1,7	0,0	12,7	0,5	3,5	38,6	26,3	0,3	26.967,8	189,5	0,0	129,7	45.451,5	0,0	0,0	28.702,2
Strisce segnaletiche	4.630,7	3.954,3	-847,8	1.524,1	0,0	60,8	1,6	8,7	47,6	17,9	0,1	56.716,9	3.661,7	0,0	379,5	125.687,6	0,0	0,0	111.864,8
Tubazioni linee elettriche, telecom, fibra	22.283,2	22.260,3	16,3	6,6	0,0	113,8	1,6	38,9	425,9	127,2	0,4	348.914,4	1.134,0	0,0	1.776,8	277.879,7	0,0	0,0	399.867,3
Trasporti al cancello	4.292,7	4.292,7	0,0	0,0	0,0	20,6	0,0	2,8	30,7	8,2	0,0	79.024,6	3.829,3	0,0	0,0	8.853,1	0,0	0,0	0,0
Totale	10.296.922,6	10.275.101,4	13.012,0	8.809,2	1,2	49.027,0	3.125,3	8.850,6	92.327,9	34.594,8	56,3	141.822.758,0	20.819.980,8	2,9	1.052.496,5	122.468.714,0	0,1	0,0	32.846.248,2

Tabella 12: Edificio 3B - Performance ambientale emergente dalla matrice progettuale e dall'analisi di inventario – Scenario B (moduli B1-B7)

Categoria d'impatto	Climate change	Climate change - Fossil	Climate change - Biogenic	Climate change - Land use and LU change	Ozone depletion	Acidification	Eutrophication n, freshwater	Eutrophication n, marine	Eutrophication terrestrial	Photochemical ozone formation	Resource use, minerals and metals	Resource use, fossils	Water use	Particulate matter	Ionising radiation	Ecotoxicity, freshwater	Human toxicity, non-cancer	Human toxicity, cancer	Land use
Unità	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CFC11 eq	mol H+ eq	kg P eq	kg N eq	mol N eq	kg NMVOC eq	kg Sb eq	MJ	m3 depriv.	disease inc.	kBq U-235 eq	CTUe	CTUh	CTUh	Pt
Alluminio	126.245,9	121.936,3	2.331,8	1.977,8	0,0	875,9	56,8	125,1	1.221,1	395,5	0,9	1.543.169,2	29.113,6	0,0	16.677,9	3.544.061,4	0,0	0,0	253.877,9
Asfalto	109.270,5	109.087,6	126,6	56,3	0,1	836,3	25,7	120,0	1.328,4	10.759,8	1,1	6.117.500,0	36.764,6	0,0	25.525,7	3.848.125,8	0,0	0,0	713.882,6
Consumo elettrico	7.755.035,8	7.748.377,1	5.935,5	723,2	1,0	33.811,9	2.184,6	5.538,7	58.022,3	16.545,1	16,6	107.837.520,0	810.421,3	0,1	780.570,5	69.786.292,0	0,0	0,0	23.739.040,0
Consumo idrico	158.719,2	155.299,0	3.167,4	252,8	0,0	906,3	114,6	170,8	1.673,0	525,7	4,3	2.656.354,7	19.498.165,0	0,0	54.331,0	2.912.592,4	0,0	0,0	749.522,5
Finestre	1.130.962,9	1.133.529,3	-6.189,1	3.622,7	0,1	7.102,0	387,6	1.206,0	12.059,9	3.604,1	17,0	12.331.826,0	267.874,6	0,1	53.213,1	27.697.235,0	0,0	0,0	3.176.849,4
Pavimentazione in betonelle	39.686,9	38.833,5	836,7	16,7	0,0	133,7	5,6	39,3	435,9	114,0	3,2	228.472,8	9.714,7	0,0	1.207,0	810.959,3	0,0	0,0	426.644,7
Pavimentazione in betonelle drenanti	217.555,8	212.878,0	4.586,4	91,3	0,0	732,7	30,8	215,4	2.389,5	625,1	17,6	1.252.444,6	53.254,3	0,0	6.616,7	4.445.524,6	0,0	0,0	2.338.785,2
Pavimentazione stradale drenante	1.257.503,3	1.251.231,1	4.453,1	1.819,0	0,1	7.587,1	501,2	2.093,9	22.087,7	6.003,5	2,7	16.424.109,0	218.262,1	3,4	162.487,3	19.886.843,0	0,0	0,0	2.711.021,5
Sfalcio e piantumazione	4.136,0	4.338,2	-205,5	3,4	0,0	25,4	1,0	7,1	77,2	52,6	0,6	53.935,6	379,1	0,0	259,5	90.903,1	0,0	0,0	57.404,5
Strisce segnaletiche	6.482,9	5.536,1	-1.186,9	2.133,7	0,0	85,2	2,3	12,2	66,6	25,1	0,1	79.403,7	5.126,4	0,0	531,3	175.962,6	0,0	0,0	156.610,7
Tubazioni linee elettriche, telecom, fibra	17.862,6	17.844,3	13,1	5,3	0,0	91,2	1,3	31,2	341,4	102,0	0,3	279.696,6	909,1	0,0	1.424,3	222.753,8	0,0	0,0	320.541,4
Trasporti al cancello	4.829,3	4.829,3	0,0	0,0	0,0	23,2	0,0	3,2	34,6	9,2	0,0	88.902,7	4.308,0	0,0	0,0	9.959,8	0,0	0,0	0,0
Totale	10.828.291,2	10.803.719,8	13.869,1	10.702,2	1,3	52.210,8	3.311,5	9.562,8	99.737,6	38.761,7	64,4	148.893.334,9	20.934.292,7	3,6	1.102.844,3	133.431.212,8	0,1	0,0	34.644.180,4

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Dall'esame delle tabelle sopra riportate per gli edifici 3A e 3B risulta che la voce con una maggiore incidenza sulle categorie di impatto per le fasi A1-A5 è il calcestruzzo, seguito dalle finestre, dall'acciaio e dalla pavimentazione stradale drenante.

Per le fasi B1-B7 , in entrambi gli scenari e per entrambi gli edifici, la voce che risulta avere una maggiore incidenza sulle categorie di impatto è il consumo di energia elettrica, seguita dalle finestre e dalla pavimentazione stradale drenante.

L'edificio B risulta inoltre avere una minore incidenza complessiva su ciascuna categoria di impatto rispetto all'edificio A, sia in riferimento ai moduli A1-A5, sia in riferimento ai moduli B1-B7 per entrambi gli scenari.

6. FASE D – INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

I materiali e le quantità considerati per la costruzione degli edifici 3A e 3B e durante il loro utilizzo sono stati presi dall'analisi inventario fornita dal progettista dell'edificio, oltre che da dati di letteratura e da confronti con edifici simili. Sono stati riportati gli elementi ritenuti maggiormente critici per via del processo produttivo con il quale vengono realizzati e per via del loro volume o quantità di utilizzo.

Si noti che la lottizzazione è al momento in fase progettuale e pertanto l'analisi è stata eseguita tenendo conto dei dati disponibili in fase di progettazione e non dei dati di costruzione.

Nell'ambito della presente relazione l'unità funzionale impiegata è stata il m² come superficie lorda (Gross Floor Area) per il periodo di riferimento in anni (reference period year²). I risultati dell'analisi del ciclo di vita sono forniti per l'equivalente funzionale, normalizzato per GFA dell'edificio e per anno. Le performance riportate sono espresse per kg "impatto" eq/m²/yr.

$$Performance\ dell'edificio = \frac{Risultato\ ambientale}{GFA^2 \times Periodo\ di\ riferimento\ (anno)}$$

Si riportano di seguito le performance dell'edificio 3A e 3B comprensive dei rispettivi scenari.

² Nell'approccio proposto, il periodo di riferimento è dato dalla vita lavorativa stimata dell'edificio, secondo il codice o regolamento utilizzato nella progettazione del sistema strutturale dell'edificio. Nel caso in cui la vita utile stimata dell'edificio non sia fornita nella documentazione di progetto, si può considerare un periodo di 50 anni, che è la vita lavorativa di progetto raccomandata dalla EN1990

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 13: Performance dell'edificio 3A (Scenario A).

Sup.lorda= 19.070 m²

vita utile ipotizzata: 50 anni

	U.M.	Product stage	Construction process stage		Use stage			Totale
		A1 – A3	A4	A5	B1 – B5	B6	B7	
Climate change	kg CO2 eq/m ² x yr	6,49	0,08	0,03	3,28	9,62	0,18	19,67
Climate change - Fossil	kg CO2 eq/m ² x yr	6,32	0,08	0,03	3,26	9,61	0,18	19,48
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq/m ² x yr	0,16	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,18
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq/m ² x yr	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
Ozone depletion	kg CFC11 eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acidification	mol H+ eq/m ² x yr	0,02	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,08
Eutrophication, freshwater	kg P eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eutrophication, marine	kg N eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq/m ² x yr	0,05	0,00	0,00	0,04	0,07	0,00	0,17
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq/m ² x yr	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,07
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resource use, fossils	MJ/m ² x yr	46,08	1,21	1,43	46,81	133,78	3,04	232,35
Water use	m3 depriv. /m ² x yr	1,76	0,00	0,03	0,72	1,01	22,32	25,85
Particulate matter	disease inc. /m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ionising radiation	kBq U-235 eq/m ² x yr	0,49	0,01	0,01	0,30	0,97	0,06	1,83
Ecotoxicity, freshwater	CTUe/m ² x yr	68,74	0,97	0,78	71,27	86,57	3,33	231,67
Human toxicity, non-cancer	CTUh/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Human toxicity, cancer	CTUh/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Land use	Pt/m ² x yr	17,29	1,39	0,20	12,01	29,45	0,86	61,19

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 14: Performance dell'edificio 3A (Scenario B).

Sup.lorda= 19.070 m²

vita utile ipotizzata: 50 anni

	U.M.	Product stage	Construction process stage		Use stage			Totale
		A1 – A3	A4	A5	B1 – B5	B6	B7	
Climate change	kg CO2 eq/m ² x yr	6,49	0,08	0,03	2,68	9,62	0,18	19,07
Climate change - Fossil	kg CO2 eq/m ² x yr	6,32	0,08	0,03	2,67	9,61	0,18	18,88
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq/m ² x yr	0,16	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,18
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq/m ² x yr	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
Ozone depletion	kg CFC11 eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acidification	mol H+ eq/m ² x yr	0,02	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,08
Eutrophication, freshwater	kg P eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eutrophication, marine	kg N eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Eutrophication, terrestrial	mol N eq/m ² x yr	0,05	0,00	0,00	0,04	0,07	0,00	0,16
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq/m ² x yr	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,06
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resource use, fossils	MJ/m ² x yr	46,08	1,21	1,43	38,07	133,78	3,04	223,60
Water use	m3 depriv. /m ² x yr	1,76	0,00	0,03	0,59	1,01	22,32	25,72
Particulate matter	disease inc. /m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ionising radiation	kBq U-235 eq/m ² x yr	0,49	0,01	0,01	0,24	0,97	0,06	1,77
Ecotoxicity, freshwater	CTUe/m ² x yr	68,74	0,97	0,78	58,38	86,57	3,33	218,77
Human toxicity, non-cancer	CTUh/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Human toxicity, cancer	CTUh/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Land use	Pt/m ² x yr	17,29	1,39	0,20	9,75	29,45	0,86	58,93

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 15: Performance dell'edificio 3B (Scenario A).

Sup.lorda= 16.252 m²

vita utile ipotizzata: 50 anni

	U.M.	Product stage	Construction process stage		Use stage			Totale
		A1 – A3	A4	A5	B1 – B5	B6	B7	
Climate change	kg CO2 eq/m ² x yr	6,89	0,08	0,03	3,60	9,55	0,20	20,35
Climate change - Fossil	kg CO2 eq/m ² x yr	6,71	0,08	0,03	3,58	9,54	0,19	20,14
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq/m ² x yr	0,17	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,19
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq/m ² x yr	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
Ozone depletion	kg CFC11 eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acidification	mol H+ eq/m ² x yr	0,02	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,09
Eutrophication, freshwater	kg P eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Eutrophication, marine	kg N eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq/m ² x yr	0,05	0,00	0,00	0,05	0,07	0,00	0,18
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq/m ² x yr	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,06
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resource use, fossils	MJ/m ² x yr	48,29	1,30	1,51	47,48	132,81	3,27	234,66
Water use	m3 depriv. /m ² x yr	1,87	0,00	0,04	0,77	1,00	24,01	27,69
Particulate matter	disease inc. /m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ionising radiation	kBq U-235 eq/m ² x yr	0,52	0,01	0,01	0,33	0,96	0,07	1,89
Ecotoxicity, freshwater	CTUe/m ² x yr	72,25	1,03	0,82	74,94	85,95	3,59	238,58
Human toxicity, non-cancer	CTUh/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Human toxicity, cancer	CTUh/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Land use	Pt/m ² x yr	18,30	1,49	0,21	12,72	29,24	0,92	62,88

Tabella 16: Performance dell'edificio 3B (Scenario B).

Sup.lorda= 16.252 m²

vita utile ipotizzata: 50 anni

	U.M.	Product stage	Construction process stage		Use stage			Totale
		A1 – A3	A4	A5	B1 – B5	B6	B7	
Climate change	kg CO2 eq/m ² x yr	6,89	0,08	0,03	2,94	9,55	0,20	19,68
Climate change - Fossil	kg CO2 eq/m ² x yr	6,71	0,08	0,03	2,92	9,54	0,19	19,48
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq/m ² x yr	0,17	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,19
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq/m ² x yr	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
Ozone depletion	kg CFC11 eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acidification	mol H+ eq/m ² x yr	0,02	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,08
Eutrophication, freshwater	kg P eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eutrophication, marine	kg N eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq/m ² x yr	0,05	0,00	0,00	0,04	0,07	0,00	0,17
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq/m ² x yr	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,06
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resource use, fossils	MJ/m ² x yr	48,29	1,30	1,51	38,60	132,81	3,27	225,79
Water use	m3 depriv. /m ² x yr	1,87	0,00	0,04	0,63	1,00	24,01	27,55
Particulate matter	disease inc. /m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ionising radiation	kBq U-235 eq/m ² x yr	0,52	0,01	0,01	0,27	0,96	0,07	1,83
Ecotoxicity, freshwater	CTUe/m ² x yr	72,25	1,03	0,82	61,31	85,95	3,59	224,95
Human toxicity, non-cancer	CTUh/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Human toxicity, cancer	CTUh/m ² x yr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Land use	Pt/m ² x yr	18,30	1,49	0,21	10,31	29,24	0,92	60,47

Dal calcolo della performance ambientale dei due edifici e per entrambi gli scenari A e B emerge che le categorie d'impatto più rilevanti sono il cambiamento climatico, il consumo di acqua, l'utilizzo di risorse fossili, l'ecotossicità d'acqua dolce e l'utilizzo del territorio. La performance dei due edifici risulta piuttosto simile nei risultati, sebbene l'edificio 3B risulti leggermente meno performante dell'edificio 3A, poiché presenta complessivamente valori leggermente più elevati per ciascuna categoria di impatto. La fase in cui si registrano maggiori impatti è quella di utilizzo, in particolare il modulo B6 corrispondente al consumo di energia durante l'utilizzo.

6.1. Il riscaldamento globale (GWP)

La temperatura media terrestre è dovuta al fenomeno naturale dell'effetto serra, causato dalla presenza in atmosfera di alcuni gas che riemettono parte della radiazione solare riflessa dalla terra catturando il calore a livello della troposfera e mantenendo la temperatura media terrestre attorno ai 15°C circa. La presenza eccessiva di tali gas porta ad un aumento del calore trattenuto con conseguente innalzamento della temperatura media terrestre e conseguenze sul clima. Tra i gas che concorrono al riscaldamento globale, i cosiddetti gas ad effetto serra, GHG (GreenHouse Gas), è compresa anche l'anidride carbonica (CO₂).

Di seguito si evidenziano i risultati calcolati per gli edifici 3A e 3B rispetto all'emissione di anidride carbonica, o meglio di CO₂ eq, unità di misura che permette di pesare insieme emissioni di gas serra diversi con differenti effetti climalteranti.

Tabella 17- Fase di cantiere

	U.M.	TOTALE (A1 – A5)
Climate change (edificio 3A)	kg CO2 eq/m ² x yr	6,59
Climate change (edificio 3B)	kg CO2 eq/m ² x yr	7,00

Tabella 18 – Fase di esercizio – Edificio 3A

	U.M.	TOTALE (A1 – A5 + B1 – B7)
Climate change (edificio 3A – Scenario A)	kg CO2 eq/m ² x yr	19,67
Climate change (edificio 3A – Scenario B)	kg CO2 eq/m ² x yr	19,07

Tabella 19- Fase di esercizio – Edificio 3B

	U.M.	TOTALE (A1 – A5 + B1 – B7)
Climate change (edificio 3B – Scenario A)	kg CO2 eq/m ² x yr	20,35
Climate change (edificio 3B – Scenario B)	kg CO2 eq/m ² x yr	19,68

Dalle stime effettuate emerge che la maggiore quantità di emissioni climalteranti avviene durante le fasi di esercizio degli edifici 3A e 3B piuttosto che nella fase di cantiere. Entrambi gli edifici presentano inoltre valori simili sia per lo scenario A che per lo scenario B, seppure l'edificio B presenti valori leggermente più alti dell'edificio 3A in entrambi gli scenari

I valori di CO₂ eq calcolati per i due edifici risultano tuttavia in linea (per ordine di grandezza) con altri dati elaborati per edifici simili, come riportato nel capitolo seguente. Il GWP di due edifici simili per localizzazione e superficie lorda presentano infatti valori pari a 7,06 per le fasi di produzione e costruzione (moduli A1-A3 e A5) e pari a 45,9 per le fasi di produzione, di costruzione e di utilizzo (moduli A1-A3, A4, A5, B6 e B7).

7. CONFRONTO CON CASI SIMILI (BENCHMARKING)

Per quanto possibile, i risultati della valutazione della performance ambientale degli edifici 3A e 3B sono stati confrontati con i risultati di edifici dalle caratteristiche simili.

Quanto di seguito riportato trova la sua fonte nel Joint Research Centre (JRC) e deve essere inteso come valore bibliografico. Gli stessi dati riportati sono frutto di elaborazioni ed ipotesi differenti dal caso corrente.

Sono pertanto stati esaminati due casi per alcuni aspetti simili agli edifici 3A e 3B, rispettivamente per un criterio di localizzazione geografica (edificio I - Tabella 20) e per un criterio di superficie lorda - GFA (edificio II - Tabella 24).

Il confronto è stato effettuato per categorie di impatto e moduli per i quali erano disponibili i dati, considerando i risultati della performance ambientale dello scenario A per entrambi gli edifici, poiché leggermente più impattante rispetto allo scenario B.

Tabella 20: Dati relativi all'edificio I

Tipo di edificio	Edificio adibito a uffici
Posizione dell'edificio	Italia
Superficie lorda (GFA) totale dell'edificio (m ²)	10.500
Numero di piani	3-4
Numero di posti di lavoro	265 (301 max)
Vita utile del progetto (anni)	60
Rif. Edificio anno	2017

Tabella 21: Performance dell'edificio I

	U.M.	A1-A3	A4	A5	B6	B7	TOTALE
Abiotic depletion potential for fossil resources (ADPF)	[MJ/m ² x yr]	93,02	1,67	4,59	452,38	0,26	551,91
Abiotic depletion potential for non fossil resources (ADPE)	[kg Sb eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acidification potential (AP)	[kg SO ₂ eq/ m ² x yr]	0,03	0,00	0,00	0,06	0,00	0,09
Eutrophication potential (EP)	[kg PO ₃ - eq/ m ² x yr] ⁴	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Global warming potential (GWP)	[kg CO ₂ eq/ m ² x yr]	9,76	0,12	0,42	36,03	0,04	46,38
Ozone Depletion Potential (ODP)	[kg CFC11 eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Photochemical Ozone Creation Pot. (POCP)	[kg C ₂ H ₄ eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01

Tabella 22: Performance dell'edificio 3A - scenario A

	U.M.	A1-A3	A4	A5	B6	B7	TOTALE
Abiotic depletion potential for fossil resources (ADPF)	[MJ/m ² x yr]	46,08	1,21	1,43	133,78	3,04	185,54
Abiotic depletion potential for non fossil resources (ADPE)	[kg Sb eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acidification potential (AP)	[kg SO ₂ eq/ m ² x yr]	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,06
Eutrophication potential (EP)	[kg PO ₃ - eq/ m ² x yr] ⁴	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Global warming potential (GWP)	[kg CO ₂ eq/ m ² x yr]	6,49	0,08	0,03	9,62	0,18	16,39
Ozone Depletion Potential (ODP)	[kg CFC11 eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Photochemical Ozone Creation Pot. (POCP)	[kg C ₂ H ₄ eq/ m ² x yr]	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 23: Performance dell'edificio 3B - scenario A

	U.M.	A1-A3	A4	A5	B6	B7	TOTALE
Abiotic depletion potential for fossil resources (ADPF)	[MJ/m ² x yr]	48,29	1,30	1,51	132,81	3,27	187,19
Abiotic depletion potential for non fossil resources (ADPE)	[kg Sb eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acidification potential (AP)	[kg SO ₂ eq/ m ² x yr]	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,06
Eutrophication potential (EP)	[kg PO ₃ - eq/ m ² x yr] ⁴	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Global warming potential (GWP)	[kg CO ₂ eq/ m ² x yr]	6,89	0,08	0,03	9,55	0,20	16,75
Ozone Depletion Potential (ODP)	[kg CFC11 eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Photochemical Ozone Creation Pot. (POCP)	[kg C ₂ H ₄ eq/ m ² x yr]	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04

Per tutti e tre gli edifici le categorie di impatto di maggiore rilevanza sono l'esaurimento delle risorse fossili (ADPF) e il riscaldamento globale (GWP). Il maggiore impatto si verifica in corrispondenza del modulo B6 (consumo di energia durante l'utilizzo), anche se una parte non irrilevante si rileva anche in corrispondenza dei moduli A1 - A3 (Fase di produzione). Sebbene, come anticipato in premessa, sia difficile fare un confronto tra edifici per i quali sono stati utilizzati dati di input ed elaborazioni differenti, gli edifici 3A e 3B presentano valori d'impatto più contenuti rispetto all'edificio I e pertanto una migliore performance ambientale.

Tabella 24: Dati relativi all'edificio II

Tipo di edificio	—	Basso edificio adibito a uffici
Posizione dell'edificio		Europa Nord Occidentale
Tipo di struttura (Tier 4)		Struttura composita
Superficie totale lorda – GFA (m ²)		17.500
Numero di piani		<3
Numero di occupanti / posti di lavoro		n.a.
Progettare la vita lavorativa		50 anni (stimato)
Rif. Edificio anno		2015

Tabella 25: Performance dell'edificio II

	U.M.	A1-A3	A5	TOTALE
Abiotic depletion potential for fossil resources (ADPF)	[MJ/m ² x yr]	57,10	4,81	61,91
Abiotic depletion potential for non fossil resources (ADPE)	[kg Sb eq/ m ² x yr]	x	x	0,00
Acidification potential (AP)	[kg SO ₂ eq/ m ² x yr]	0,02	0,00	0,02
Eutrophication potential (EP)	[kg PO ₃ - eq/ m ² x yr] ⁴	0,00	0,00	0,00
Global warming potential (GWP)	[kg CO ₂ eq/ m ² x yr]	6,61	0,45	7,06
Ozone Depletion Potential (ODP)	[kg CFC11 eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00
Photochemical Ozone Creation Pot. (POCP)	[kg C ₂ H ₄ eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00

ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE - P.I.R.U.E.A POMARI

Tabella 26: Performance dell'edificio 3A - scenario A

	U.M.	A1-A3	A5	TOTALE
Abiotic depletion potential for fossil resources (ADPF)	[MJ/m ² x yr]	46,08	1,43	47,51
Abiotic depletion potential for non fossil resources (ADPE)	[kg Sb eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00
Acidification potential (AP)	[kg SO ₂ eq/ m ² x yr]	0,02	0,00	0,02
Eutrophication potential (EP)	[kg PO ₃ - eq/ m ² x yr] ⁴	0,00	0,00	0,00
Global warming potential (GWP)	[kg CO ₂ eq/ m ² x yr]	6,49	0,03	6,51
Ozone Depletion Potential (ODP)	[kg CFC11 eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00
Photochemical Ozone Creation Pot. (POCP)	[kg C ₂ H ₄ eq/ m ² x yr]	0,02	0,00	0,02

Tabella 27: Performance dell'edificio 3B

	U.M.	A1-A3	A5	TOTALE
Abiotic depletion potential for fossil resources (ADPF)	[MJ/m ² x yr]	48,29	1,51	49,81
Abiotic depletion potential for non fossil resources (ADPE)	[kg Sb eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00
Acidification potential (AP)	[kg SO ₂ eq/ m ² x yr]	0,02	0,00	0,02
Eutrophication potential (EP)	[kg PO ₃ - eq/ m ² x yr] ⁴	0,00	0,00	0,00
Global warming potential (GWP)	[kg CO ₂ eq/ m ² x yr]	6,89	0,03	6,92
Ozone Depletion Potential (ODP)	[kg CFC11 eq/ m ² x yr]	0,00	0,00	0,00
Photochemical Ozone Creation Pot. (POCP)	[kg C ₂ H ₄ eq/ m ² x yr]	0,02	0,00	0,02

Anche dal confronto delle performance degli edifici 3A e 3B con l'edificio II, simile per superficie lorda, emerge che le categorie di impatto di maggiore rilevanza sono l'esaurimento delle risorse fossili (ADPF) e il riscaldamento globale (GWP). Il maggiore impatto si verifica in corrispondenza dei moduli A1 - A3 (Fase di produzione) rispetto al modulo A5 (messa in opera in fase di costruzione), moduli per i quali sono disponibili i dati per il confronto. Anche in questo caso, con le dovute premesse relative alla comparabilità della performance degli edifici dovuta ai dati di input utilizzati, gli edifici 3A e 3B presentano valori d'impatto leggermente più contenuti rispetto all'edificio II e pertanto una migliore performance ambientale.

8. CONCLUSIONI

Dai risultati emersi dall'elaborazione del ciclo di vita degli edifici 3A e 3B (cfr. paragrafo 6), si evince che:

- in corrispondenza dei moduli A1-A5 (fase di produzione e fase di costruzione), l'edificio 3A risulta leggermente più performante rispetto all'edificio 3B. La differenza dei valori calcolati per i due edifici è tuttavia minima e può considerarsi irrilevante.
- Dal confronto dei moduli A1-A5 + B1-B7 (fase di produzione, fase di costruzione e fase di utilizzo) per entrambi gli edifici lo scenario A risulta meno performante rispetto allo scenario B. Tuttavia, anche in questo caso, la differenza dei valori calcolati è dell'ordine di qualche unità o di qualche valore decimale, e pertanto poco significativa. La differente performance per entrambi gli edifici nei due scenari analizzati è da attribuire alla maggiore frequenza di sostituzione dei materiali (scenario B) e, conseguentemente, al maggiore utilizzo di risorse e impatti ambientali.

Complessivamente si può pertanto affermare che non risultano significative differenze tra le performance ambientali degli edifici 3A e 3B e per entrambi gli scenari (scenario A e B).

Le categorie d'impatto più rilevanti sono l'utilizzo di risorse fossili, l'ecotossicità d'acqua dolce, l'utilizzo del territorio, il cambiamento climatico e il consumo di acqua. Tali risultati sono dovuti principalmente ai materiali utilizzati per la costruzione dei due edifici (in particolare il calcestruzzo) e ai consumi elettrici ed idrici in fase di esercizio.

Sebbene il confronto con la performance di altri edifici sia difficile da effettuare per le molte variabili in gioco, il raffronto con la performance ambientale calcolata per edifici simili in termini di localizzazione geografica e di superficie lorda ha evidenziato che gli edifici 3A e 3B risultano maggiormente performanti, in particolare per quel che riguarda l'esaurimento delle risorse fossili e il riscaldamento globale.

Inoltre, si evidenzia che attualmente manca un solido riferimento di dati affidabili e comparabili per l'analisi e il benchmarking di materiali ed edifici. Molti studi sono analisi parziali³ e differiscono per anno di studio, confini di studio, ipotesi e metodi di calcolo. In questi studi parziali non vengono considerate tutte le fasi del ciclo di vita e ad esempio:

- viene tralasciata la fase di costruzione (A4-A5);
- viene considerata solo l'energia per il riscaldamento nella fase d'uso (B1-B7);
- per la fase di fine vita alcuni considerano solo la dismissione dell'edificio (C1) e il conferimento ai centri di trattamento (C4).

Tutto ciò rende pertanto difficoltosa l'interpretazione dei risultati e la comparabilità di studi differenti.

Resta tuttavia inteso che:

1. I materiali e le quantità considerati per l'elaborazione delle performance degli edifici 3A e 3B sono stati presi dalla distinta base fornita dal progettista, da fonti bibliografiche e da comparazioni con edifici simili.
2. L'analisi è stata eseguita tenendo conto dei dati disponibili in fase di progettazione e non dei dati effettivi in fase di costruzione;

³ Tra le principali difficoltà vi è la mancanza di collegamenti e cooperazione tra la lunga catena di parti interessate nel processo di costruzione

3. Eventuali confronti con altri edifici andrebbero eseguiti a partire dalle medesime condizioni e a parità di queste. In particolar modo i confini del sistema di studio, l'estensione dell'area di indagine, i criteri di esclusione e i metodi di calcolo dovrebbero equivalersi;
4. La bibliografia e più in generale la letteratura riconosciuta riguardo a possibili benchmark è ancora in fase di sviluppo. Gli stessi benchmark dovrebbero poi specificare quanto riportato nel punto 3;
5. Non sono presenti ad oggi vincoli di benchmark univoci, intesi come valori soglia consolidati rispetto a limiti normativi nazionali o internazionali;
6. I risultati della valutazione sono fortemente legati all'incertezza associata ai fattori di input e output correlati ai dati raccolti sul campo con riferimento all'oggetto dello studio. Ciò significa che le procedure di inventarizzazione possono influenzare i risultati finali dell'analisi ambientale poiché da questi dipende la qualità del modello LCA e la sua rappresentatività rispetto al sistema che viene sottoposto all'analisi. I valori sono il risultato non solo della performance tecnica di produzione che caratterizza i processi di fabbricazione, utilizzo e fine vita, ma soprattutto dei metodi e delle procedure di registrazione in sito dei dati che sono stati impiegati. Ciò significa che un potenziamento delle metodologie di analisi e selezione dei processi di produzione, nonché della schematicità utilizzata nel monitoraggio e nella registrazione dei dati di attività, porterebbe da un lato ad un approfondimento della qualità dello studio, e dall'altro, confermerebbe la rappresentatività dei risultati finali ad oggi ottenuti.

9. BIBLIOGRAFIA

Model for Life Cycle Assessment (LCA) of buildings, Dos Santos Gervasio e Helena Dimova Silvia, 2018, Publications Office of the European Union

Sustainable design of buildings, Helena Dimova Silvia, 2018, Publications Office of the European Union

Baldo G.L., Evangelista V., Razett G. (2006), Strumenti per le politiche di sviluppo sostenibile: contabilità, indicatori e acquisti pubblici verdi. Franco Angeli editore.

Camera di Commercio di Ancona. (2010). Le Etichette Ecologiche

Capellaro F., Scalbi S., 2009, Convegno scientifico della rete italiana LCA

Caputo A., 2006, Produzione di energia elettrica ed emissioni di gas serra-strategie di mitigazione delle emissioni, Rapporti APAT,

Carbon Trust a, 2006, Carbon footprints in the supply chain: the next step for business,

Carbon Trust b, 2006, The carbon emissions generated in all that we consume,

Carbon Trust, 2009, The Carbon Trust Standard Rules

Citterio A., Migliavacca S., Pizzurno E. (2009). Impresa e ambiente: un'intesa sostenibile. Strategie, strumenti ed esperienze, IAASM International alumni association of Scuola Mattei, Volume 2

Enea, 2005, Rapporto Energia e Ambiente 2005

European Commission, 2008, Study for the EU Ecolabel Carbon Footprint measurement toolkit. Official deliverables in revision of Ecolabel

Finkbeiner M, Inaba A, Tan RBH, Christiansen K, Klüppel H-J, 2006, The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. Int J Life Cycle Assess 11(2):80–85

Finkbeiner M., 2009, Carbon footprinting—opportunities and threats, Springer-Verlag, pag. 91-94

Frey M., Iraldo F. (2014) Il management dell'ambiente e della sostenibilità oltre i confini aziendali. Dalle strategie d'impresa alla governance nei sistemi produttivi territoriali

Gazzetta Ufficiale, 2003, Direttiva 2003/87/ce del parlamento europeo e del consiglio, consultabile sul sito www.gazzettaufficiale.it

GHG Protocol, 2013, Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions (version 1.0) www.ghgprotocol.org

Humbert S., De Schryver A., Bengoal X., Margni M., Jolliet O., IMPACT 2002+ User Guide, November 2012.

IPCC a, 2007, Summary for Policymakers, Climate Change Syntesis Report

IPCC Working Group 1, 2007, The Physical Science Basis

IPCC Working Group 2, 2007, Impacts, Adaption and Vulnerability

ISO (2004). Environmental management systems - Requirements with guidance for use, International Standards Organisation

ISO. (2010). Environmental labels and declarations. Type III environmental declarations. Principles and procedures, International Standards Organisation

ISO (UNI EN ISO 14040). Environmental management, Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Ginevra: International Organization for Standardization (ISO)

ISO. (UNI EN ISO 14044). Environmental management, Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines. Ginevra: International Organization for Standardization (ISO)

ISO 15804

ISO 15978

Jacob K., Beise M., Jürgen M.B., Edler D., Haum R., Jänicke M., Löw T., Petschow U., Rennings K. (2006). Lead Markets for Environmental Innovations, Volume 27 di ZEW Economic Studies. Springer Science & Business Media

JRC European Commission, 2010 – General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance

Kiss A., Castro G., Newcombe K, 2004, Il ruolo delle istituzioni multilaterali, un approccio integrato a favore del clima e del patrimonio naturale, Ed. Ambiente, Milano.

Klapffer W., Grahl B. (2014). Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice, John Wiley & Sons

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Ministero dello Sviluppo Economico, 2006, Piano Nazionale d'Assegnazione per il periodo 2008-2012

Morselli L., Marsili G., Settimo G., Viviano G., Vassura I., Passarini F., 2004, Emissioni di inquinanti atmosferici nella produzione di energia elettrica in relazione ai diversi combustibili ed alle tecnologie, consultabile sul sito www.tecnosophia.org

Nespor S., 2008, L'impronta climatica, Convegno nazionale su "Energie rinnovabili e compatibilità ambientale", consultabile sul sito

PRè, 2015, Introduction to LCA with SimaPro® 8, consultabile sul sito www.pre.nl

QGIS Development Team. (2009). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation

SKF, 2009, Rapporto di Sostenibilità 2008-2009 SKF in Italia, consultabile sul sito www.skf.com

Sundarakani B., De Souza R., Goh M., Wagner S.M., Manikandan S., 2010, Modeling carbon footprints across the supply chain, International Journal of Production Economics

EN 15804:2012+A2:2019, Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products.

Università degli studi di Roma, 2010, Tipologia sistemi di distribuzione,

Wiedmann, T., Minx, J., Barrett, J. and Wackernagel, M, 2006, Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis, *Ecological Economics* 56(1): 28-48,

World Business Council for Sustainable Development e World Resources Institute a, 2004, A Corporate Accounting and Reporting Standard, The Greenhouse Gas Protocol