



Comune di Padova

Analisi del ciclo di vita e modelli di riequilibrio dei sistemi urbani: il caso Alì S.p.a.

**ALLEGATO 1: “Valutazione comparativa dell’Impronta Ambientale
per ampliamento dell’hub logistico Alì sito in via Svezia a Padova”
a cura di CESQA**

NOVEMBRE 2023



Valutazione comparativa dell'Impronta Ambientale per ampliamento dell'hub logistico Alì sito in via Svezia a Padova

Report preparato da [CESQA \(Centro Studi Qualità Ambiente\)](#)

per Terre S.r.l.

Elenco revisioni:

Rev.	Data emissione	Modifiche
Rev 0.1	29/09/2023	Prima emissione
Rev 0.2	13/10/2023	Seconda emissione a seguito aggiornamento dati del 12/10 (incontro presso sede Alì)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Sommario

Valutazione comparativa dell’Impronta Ambientale per ampliamento dell’hub logistico Alì sito in via Svezia a Padova	1
1. Introduzione.....	4
2. Definizione dello scopo e del campo di applicazione	5
2.1 Scenario attuale – scenario A	7
2.2 Realizzazione nuovo Hub logistico in Via Svezia – scenario B	7
2.3 Realizzazione nuovo Hub logistico in Via Svezia con occupazione parziale scenario B’	8
2.4 Non realizzazione dell’Hub logistico in Via Svezia – scenario C	8
2.5 Sistema di prodotto, Funzione ed Unità funzionale.....	9
2.6 Unità dichiarata	9
2.7 Confini del sistema	9
2.8 Requisiti della qualità dei dati	11
2.9 Categorie d’impatto ed indicatori	12
2.10 Tipologia e sorgenti di dati	13
2.11 Principali assunzioni e limitazioni.....	13
3. Analisi di inventario del ciclo di vita	14
3.1 Procedimento di raccolta dati	14
3.2 Bilancio dei consumi energetici.....	14
3.4 Modellazione dell’energia elettrica.....	15
3.5 Modellazione dell’energia da fotovoltaico.....	17
3.6 Modellazione del gas naturale da rete.....	17
3.7 Modellazione delle spole tra Hub logistici	17
3.8 Valutazione della qualità dei dati	19
4. Valutazione degli impatti	21
4.1 Risultati relativi allo scenario A	22
4.2 Risultati relativi allo scenario B	23
4.3 Risultati relativi allo scenario B’	24
4.4 Risultati relativi allo scenario C	25
4.5 Confronto tra scenari	26
5. Interpretazione dei risultati	30
5.1 Analisi di sensibilità	30
5.2 Analisi di incertezza	32
6. Conclusioni.....	36

7. Riferimenti	37
----------------------	----

Indice delle tabelle

Tabella 1 Fattori di emissione per la fase di costruzione dell'edificio.....	10
Tabella 2 Superfici e fabbisogni energetici dei magazzini esistenti e futuri.....	14
Tabella 3 Fonti di emissioni e relativi riferimenti	15
Tabella 4 Ripartizione percentuale del mix energetico per le diverse fonti.....	15
Tabella 5 Valori assegnati ai differenti processi di produzione dell'energia elettrica ad alta tensione.....	16
Tabella 6 Valori assegnati ai differenti processi di produzione dell'energia elettrica in media tensione.....	17
Tabella 7 Spole tra il magazzino di Via Olanda e di Noventa ed il magazzino di Via Svezia	17
Tabella 8 Quantità di merce secca movimentata nelle spole inter-magazzino durante il 2022	18
Tabella 9 Livelli del data quality rating	19
Tabella 10 Valutazione della qualità dei dati per lo scenario A.....	19
Tabella 11 Valutazione della qualità dei dati per lo scenario B.....	20
Tabella 12 Valutazione della qualità dei dati per lo scenario B'	20
Tabella 13 Valutazione della qualità dei dati per lo scenario C.....	20
Tabella 14 Quantità di secco stoccate fra 30 anni con la capacità di stoccaggio attuale e supponendo due nuove aperture di punti vendita all'anno ed un incremento percentuale dello stoccaggio pari all'1,15% per singolo negozio	21
Tabella 15 Riepilogo dati relativi allo scenario A.....	22
Tabella 16 Risultati totali di potenziali impatti ambientali per lo scenario A.....	22
Tabella 17 Valori assoluti e percentuali del climate change, suddivisi per contributi e relativi all'unità dichiarata.....	22
Tabella 18 Riepilogo dati relativi allo scenario B.....	23
Tabella 19 Risultati totali di potenziali impatti ambientali per lo scenario B.....	23
Tabella 20 Valori assoluti e percentuali del climate change, suddivisi per contributi e relativi all'unità dichiarata.....	23
Tabella 21 Riepilogo dati relativi allo scenario B'	24
Tabella 22 Risultati totali di potenziali impatti ambientali per lo scenario B'	24
Tabella 23 Valori assoluti e percentuali del climate change, suddivisi per contributi e relativi all'unità dichiarata.....	24
Tabella 24 Riepilogo dati relativi allo scenario C.....	25
Tabella 25 Risultati totali di potenziali impatti ambientali per lo scenario C.....	25
Tabella 26 Risultati assoluti e percentuali della sola categoria d'impatto Climate Change per lo scenario C (unità dichiarata)	25
Tabella 27 Confronto tra scenari A- B' (unità dichiarata).....	26
Tabella 28 Confronto tra scenari A e B' relativo all'unità funzionale	27
Tabella 29 Confronto tra scenari B-C (unità dichiarata).....	28
Tabella 30 Confronto tra scenari B e C relativo all'unità funzionale	29
Tabella 31 Analisi di sensibilità variazione distanza magazzino ipotetico.....	30
Tabella 32 Analisi di sensibilità rifiuti	31
Tabella 33 Analisi di sensibilità nuovi magazzini scenario C.....	31

Tabella 34 Fattori di incertezza (che contribuiscono al quadrato della deviazione standard geometrica) applicati in combinazione con la matrice Pedigree (Frischknecht et al., 2005).	33
Tabella 35 Analisi di incertezza per lo scenario A.....	34
Tabella 36 Analisi di incertezza per lo scenario B.....	34
Tabella 37 Analisi di incertezza per lo scenario B'	35
Tabella 38 Analisi di incertezza per lo scenario C.....	35

Lista delle figure

Figura 1 Scenario A: situazione attuale	6
Figura 2 Scenario B: realizzazione dell'intervento di ampliamento di Via Svezia, lo scenario B' prevede lo stesso ampliamento senza l'utilizzo inteso come fase d'uso dell'edificio (e.g. energia elettrica).....	6
Figura 3 Scenario C: mancata realizzazione dell'ampliamento di Via Svezia	7
Figura 4 I confini del sistema	10
Figura 5 Confronto tra scenari A-B', in tutte le categorie d'impatto (unità dichiarata).....	26
Figura 6 Confronto tra scenari A e B', in tutte le categorie d'impatto (unità funzionale)	27
Figura 7 Confronto tra scenari B-C, in tutte le categorie d'impatto (unità dichiarata).....	28
Figura 8 Confronto tra scenari B e C, in tutte le categorie d'impatto (unità funzionale).....	29
Figura 9 Analisi incertezza: confronto tra scenari A e B', in tutte le categorie d'impatto (unità funzionale) .	35
Figura 10 Analisi incertezza: Confronto tra scenari B e C, in tutte le categorie d'impatto (unità funzionale)	35

1. Introduzione

Il presente studio è stato commissionato da Terre S.r.l., al fine di valutare i potenziali impatti ambientali, in un'ottica di ciclo di vita, di un intervento che prevede la realizzazione da parte di Alì SpA di un Hub logistico ad ampliamento dell'esistente deposito sito in Via Svezia rispetto a scenari alternativi. Per soddisfare la richiesta si è quindi condotta un'analisi Life Cycle Assessment (LCA) del possibile intervento comparandolo con la situazione attuale e con altri scenari futuri alternativi.

Lo studio ha previsto le seguenti attività:

- Raccolta dati primari, con il supporto di un referente Alì, riguardanti l'attività degli attuali Hub logistici e di quelli che verrebbero realizzati con o senza l'intervento di ampliamento;
- Revisione di letteratura per coprire la mancanza di dati relativa alle emissioni generate dalla costruzione di un edificio;
- Valutazione dei potenziali impatti ambientali connessi alla situazione logistica attuale, a quella futura in caso di realizzazione dell'ampliamento di via Svezia ed a quella futura in caso di mancata realizzazione dell'intervento.

Il presente studio si inserisce in un contesto più ampio che ha l'obiettivo di sviluppare un modello replicabile e scalabile a supporto del processo decisionale delle pubbliche amministrazioni.

La mission del presente studio, in particolare, è quella di supportare scelte trasparenti, condivise e giuste per il futuro della città di Padova, nel rispetto dell'ambiente, della società e dello sviluppo al fine di valutare i potenziali impatti ambientali, in un'ottica di ciclo di vita, della realizzazione di nuove opere.

2. Definizione dello scopo e del campo di applicazione

L'obiettivo dello studio è stato quello di valutare in ottica di ciclo di vita ed in modo comparativo i potenziali benefici ed impatti ambientali legati all'ampliamento dell'hub logistico Alì sito in via Svezia nel comune di Padova rispetto alla gestione attuale ed a scenari alternativi.

Per riflettere e trattare l'inevitabile incertezza dei mercati, e produrre quindi risultati affidabili, è stato scelto di indagare questo intervento secondo diverse condizioni di contesto ovvero:

- 1) Mercato in espansione;
- 2) Mercato stazionario.

Sono quindi stati definiti, sviluppati ed indagati i seguenti scenari:

SCENARIO A (Figura 1): Lo scenario attuale si presenta con un magazzino da 28.700 mq sito in via Svezia (Padova), un magazzino in via Olanda (Padova) di 12.000 mq dedicati allo stoccaggio del secco e uno presso Noventa Padovana di 8.150 mq.

SCENARIO B (Figura 2): Il primo scenario futuro (B) riguarda l'ampliamento di un Hub logistico esistente, in modo da poter garantire un adeguato assortimento alla fornitura dei punti vendita, ipotizzando un mercato in espansione.

SCENARIO B' (Figura 2): Il secondo scenario futuro (B') riguarda ancora una volta l'ampliamento di un Hub logistico esistente ma solo per accentrare lo stoccaggio delle merci (sostituendo e rimuovendo l'utilizzo dei due magazzini esistenti di via Olanda e Noventa Padovana), ipotizzando un mercato stazionario.

SCENARIO C (Figura 3): Infine, nel terzo futuro scenario (C) si indagherà la situazione derivante dalla non realizzazione dell'ampliamento del polo logistico esistente; in tal caso, oltre al mantenimento di tutti i magazzini esistenti, sarà necessario l'acquisto di (minimo) tre nuovi magazzini al fine di poter soddisfare le esigenze derivanti da un mercato in espansione.

Lo stoccaggio della merce fresca rimane invariato, pertanto risulta escluso dai confini del sistema per tutti gli scenari.

Per gestire l'incertezza legata alle ipotesi indagate ogni scelta, che verrà opportunamente descritta nei paragrafi seguenti, si è adottato un approccio "worst case" che di fatto penalizza la realizzazione della nuova opera (ampliamento di Via Svezia) rispetto alle ipotesi alternative.

Qualora i risultati dell'analisi dovessero far emergere potenziali impatti negativi dell'intervento di ampliamento rispetto ai diversi scenari di indagine, verranno proposte delle azioni compensative così da supportare il complessivo riequilibrio ambientale.

Si precisa inoltre che tutti i dati riportati in questo report sono stati validati anche con attività di audit di presso Ali e sono opportunamente documentati.

Il presente documento è stato redatto seguendo i principi ed i requisiti dei seguenti Standard internazionali:

1. ISO 14040:2006+Amd 1:2020 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework + Amendment 1;
2. ISO 14044:2006+Amd 2:2020 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines + Amendment 2;

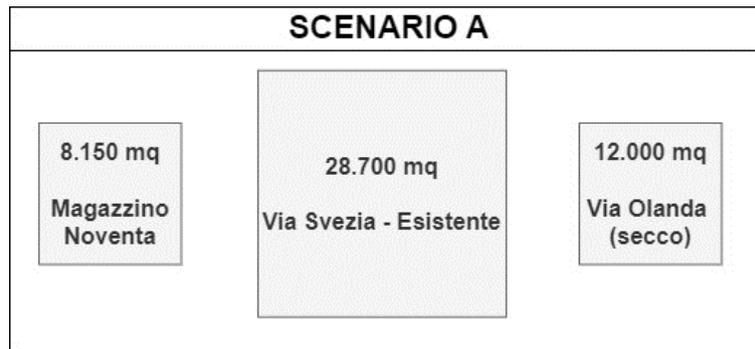


Figura 1 Scenario A: situazione attuale

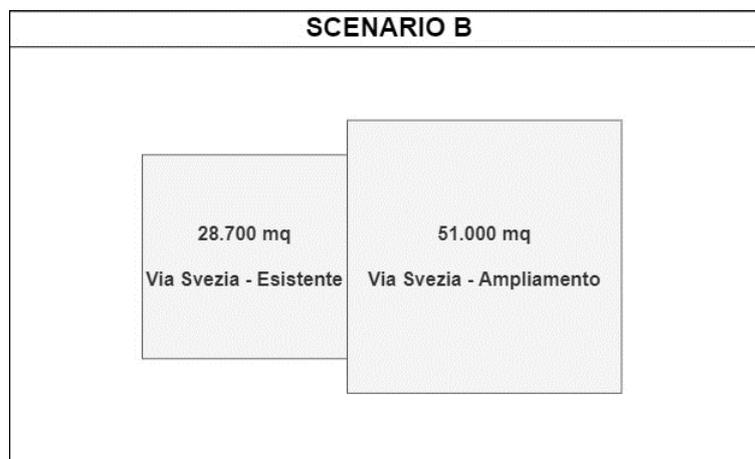


Figura 2 Scenario B: realizzazione dell'intervento di ampliamento di Via Svezia, lo scenario B' prevede lo stesso ampliamento senza l'utilizzo inteso come fase d'uso dell'edificio (e.g. energia elettrica)

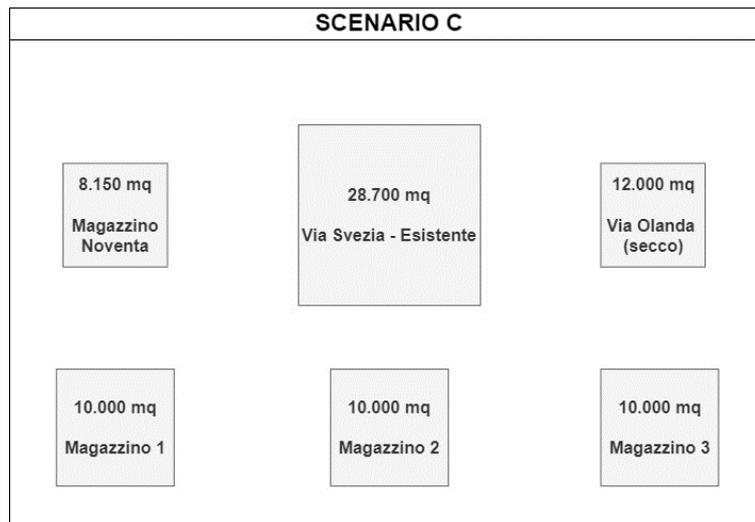


Figura 3 Scenario C: mancata realizzazione dell'ampliamento di Via Svezia

2.1 Scenario attuale – scenario A

Ad oggi i Poli logistici di Alì sono tre:

1. Magazzino centrale di Via Olanda, in cui sono anche presenti gli uffici direzionali, che gestisce sia i prodotti freschi che il secco. In particolare 12.000 mq sono dedicati al secco;
2. Magazzino di Via Svezia, avente una superficie coperta di 28.700 mq, dotato di pannelli fotovoltaici, e che movimentata sia il prodotto fresco che il secco che non viene gestito da Via Olanda. Da Via Olanda partono (e tornano) 9 navette al giorno per trasportare le merci in Via Svezia, che verranno poi consegnate ai punti vendita;
3. Struttura distaccata a Noventa Padovana, avente superficie coperta pari a circa 8.150 mq, e dedicata alla delivery ed alla preparazione delle spese dei clienti che hanno fatto l'ordine per il ritiro al punto vendita. Dal magazzino di Noventa partono delle navette (12 viaggi a settimana) in Via Svezia per portare le spese dei clienti che hanno effettuato l'ordine per il ritiro al punto vendita.

Questa situazione rappresenta lo stato attuale, che non è tuttavia sufficiente per garantire un adeguato assortimento alla fornitura dei punti vendita, considerando soprattutto le nuove aperture e le nuove forme di commercio elettronico. La distribuzione frammentata delle referenze nei magazzini di Via Svezia e di Via Olanda non permette la raccolta di tutto il grocery, che viene quindi movimentato più volte da un magazzino all'altro, al fine di garantire il carico completo degli automezzi. Tale movimentazione implica l'impiego di camion che attraversano, improduttivamente, la zona industriale di Padova.

2.2 Realizzazione nuovo Hub logistico in Via Svezia – scenario B

Per risolvere le problematiche sopra esposte e per esigenze legate al mercato risulta necessaria l'implementazione di un nuovo Hub logistico. In particolare, questo ampliamento prevede la realizzazione di vari corpi:

- Corpo A1, che si pone in diretta e naturale prosecuzione dell'esistente deposito, e realizzato, di fatto, clonando il sistema di stoccaggio. Tale corpo conterrà anche una parte dedicata allo sbancamento automatico dei pallet, con lo scopo di completare il sistema di movimentazione merci;
- Corpo A2, cioè un magazzino automatico;
- Corpo A3, funzionale al corpo A2, in quanto ospiterà i vani tecnici del sistema meccanico del magazzino automatizzato;
- Corpo A4, adibito ad uffici;
- Corpo B1 + B2 dedicati all'e-commerce;
- Corpo B3 adibito ad uffici relativi alla gestione dell'e-commerce.

La zona individuata per la realizzazione di questo nuovo magazzino è quella di Via Svezia. Tale zona risulta avere una posizione ottimale, in particolar modo per la vicinanza ad un casello autostradale, che permetterà dunque una distribuzione strategica delle merci ai vari punti vendita ed una ricezione favorevole dei prodotti provenienti dai fornitori. Questo nuovo Hub logistico prevederebbe la realizzazione di vari edifici, con una superficie coperta totale pari a 51.000 mq. Questo intervento porterebbe a vari vantaggi, tra cui:

- l'accentramento della gestione del secco in Via Svezia, con conseguente eliminazione dei 12.000 mq di secco esistenti ad oggi in Via Olanda;
- lo spostamento dell'e-commerce in Via Svezia, così da poter eliminare la struttura distaccata a Noventa Padovana (circa 8.150 mq coperti);
- l'eliminazione delle navette che attualmente eseguono spole tra Via Olanda e Via Svezia (distanza Via Svezia – Via Olanda pari a 3 km). In particolare, ad oggi, vengono effettuati 18 viaggi giornalieri per il trasferimento del secco stoccato da Via Olanda a Via Svezia e la successiva distribuzione ai vari punti vendita di Alì. In una settimana verranno quindi risparmiati 126 viaggi ed in un anno 6.552; vista la distanza di 3 km tra Via Svezia e Via Olanda non verrebbero percorsi dalle navette 19.656 km in un anno, riducendo così il traffico inter-magazzini;
- l'eliminazione delle spole tra il magazzino di Noventa Padovana e Via Svezia (distanza pari a 9 km). Ad oggi vengono effettuati 12 viaggi settimanali e quindi non verrebbero percorsi 5.616 km in un anno.

In questo scenario quindi in Via Olanda resterà solamente la gestione della merce refrigerata, mentre in Via Svezia verrà accentrata la completa gestione del secco, oltre all'e-commerce. La realizzazione del nuovo Hub logistico in Via Svezia è funzionale ad un'espansione nel mercato, ipotizzando in particolare la realizzazione di due nuovi punti vendita all'anno.

2.3 Realizzazione nuovo Hub logistico in Via Svezia con occupazione parziale scenario B'

Tale scenario, come il precedente, prevede sempre la realizzazione del nuovo Hub logistico in Via Svezia, ma ipotizzando un mercato stazionario ed un uso parziale della capacità di stoccaggio totale della nuova struttura. Anche in tal caso vi sarebbe la dismissione del magazzino di Noventa e l'accentramento in Via Svezia della gestione di tutta la merce secca, eliminando così la parte di Via Olanda oggi dedicata al secco.

2.4 Non realizzazione dell'Hub logistico in Via Svezia – scenario C

Nel caso in cui non venisse realizzato il nuovo complesso logistico in Via Svezia sarebbe comunque necessario l'acquisto di tre nuovi magazzini, ognuno avente superficie coperta di circa 10.000 mq; in particolare, supponendo anche l'apertura di nuovi punti vendita nei prossimi anni e quindi di conseguente maggior stoccaggio e movimentazione di prodotti, 10.000 mq sarebbero necessari nell'immediato mentre i restanti 20.000 mq dovranno essere disponibili entro cinque anni. Vista la già saturata situazione nel Comune di Padova, per quanto riguarda nuovi complessi da adibire a centri logistici, risulterà necessario spingersi in altri comuni; in particolare la zona disponibile più vicina risulta essere a circa 25 km da Via Svezia.

Dunque, nel caso di mancata realizzazione dell'ampliamento in Via Svezia si verrebbe a delineare la seguente situazione:

- Mantenimento del magazzino di Noventa Padovana, con continuazione del servizio di spole con Via Svezia;
- Frammentazione dello stoccaggio del secco (parte in Via Olanda e parte in Via Svezia), con conseguente necessità di effettuare le 18 spole giornaliere per il trasferimento da Via Olanda a Via Svezia;
- Necessità di acquisto di tre nuovi magazzini (uno nell'immediato e altri due entro cinque anni), ognuno di circa 10.000 mq, per una miglior conduzione del lavoro e per la gestione di una maggior quantità di merci, dovuta al servizio di un maggior numero di utenze (ciò è possibile solo con la realizzazione di nuovi punti vendita), ipotizzando di realizzare 2 nuovi punti vendita all'anno aventi superficie pari a 1500 mq.

Si precisa che, guardando alla superficie e la capacità di stoccaggio del magazzino di Via Svezia, è ipotizzabile che a tendere, in un mercato in espansione, potranno servire fino a 5 magazzini. La scelta di considerare 3 magazzini è quindi cautelativa e verrà indagata con apposita analisi di sensitività.

2.5 Sistema di prodotto, Funzione ed Unità funzionale

Il sistema di prodotto indagato considera l'attività logistica condotta da Alì ed in particolare le operazioni e le attività atte allo scopo di rendere disponibili beni e generi alimentari per la vendita al dettaglio e quindi al consumo finale. Questo comprende attività di trasporto e stoccaggio di beni.

Considerando l'oggetto dello studio ed il sistema prodotto, la funzione indagata di consiste nello stoccaggio e la conservazione di beni al fine di garantirne la qualità e la successiva movimentazione presso i punti vendita.

Per il presente studio l'unità funzionale è quindi identificata come la tonnellata (ton) di merce secca stoccata in un magazzino la cui vita utile è considerata di 30 anni.

2.6 Unità dichiarata

Per il presente studio l'unità dichiarata è un anno di attività dell'Hub Logistico di Alì. L'anno di riferimento è il 2022. Per attività dell'Hub logistico si intende la quota di ammortamento di costruzione dell'edificio (totale dell'impatto diviso gli anni di vita utile), il suo fabbisogno energetico e la logistica inter-magazzini. I risultati saranno anche espressi sul totale della vita utile stimata del nuovo hub che è stata fissata a 30 anni.

2.7 Confini del sistema

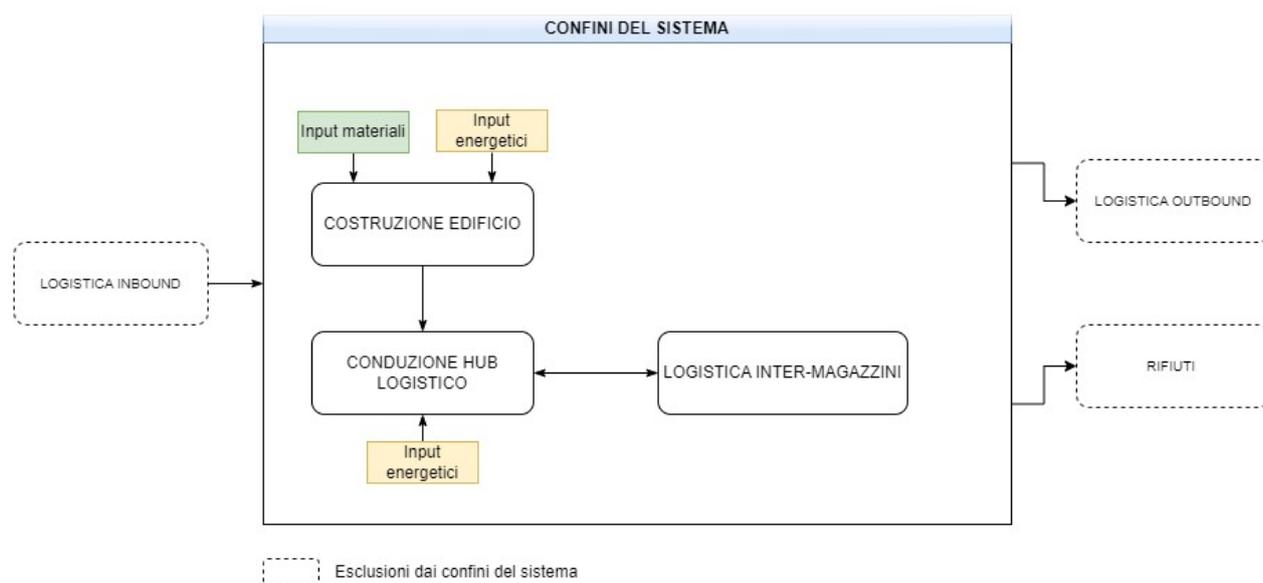


Figura 4 I confini del sistema

I confini del sistema (figura 4) rappresentano i confini di indagine dello studio ed identificano le unità di processo incluse nella valutazione oltre che quelle escluse.

In particolare risultano esclusi i processi invariati ai fini della comparazione ovvero la logistica inbound ed outbound, così come i rifiuti generati nelle diverse operazioni.

Per la fase di costruzione dell'edificio è stata condotta revisione della letteratura scientifica finalizzata a determinare gli impatti ambientali legati alla realizzazione di un mq di edificio preferendo la specifica funzione di un magazzino. L'analisi ha restituito i soli valori per le emissioni legati ai gas ad effetto serra.

Di seguito si riporterà una tabella in cui vengono riassunti i fattori emissivi specifici trovati in letteratura.

Tabella 1 Fattori di emissione per la fase di costruzione dell'edificio

Riferimento	Destinazione d'uso edificio	Fattore di emissione [kg CO ₂ -eq/mq]
Mohebbi et al. 2023	Attività commerciale (supermarket) costituito principalmente da acciaio con muratura esterna in "cladding panel"	450,8
Mohebbi et al. 2023	Attività commerciale (supermarket) costituito principalmente da acciaio con muratura esterna in laterizio e "cladding panel"	378,8
Mohebbi et al. 2023	Attività commerciale (supermarket) costituito principalmente da calcestruzzo prefabbricato e legno	470,4
Al-Ghamdi et al. 2016	Ospedale	106,0
Gervasio H. et al. 2018	Ufficio	619,0

Tra i cinque fattori di emissione elencati in tabella è stato scelto il più elevato, relativo all'attività commerciale (supermarket), e pari a 470,4 kg CO₂-eq/mq, per avere un valore il più possibile rappresentativo e cautelativo.

Questa assunzione verrà indagata con opportuna analisi di sensitività.

Non è stata presa in considerazione la fase di demolizione dell'edificio, in accordo con una revisione di letteratura condotta da Ivanica R. et al. (2022) in cui viene dimostrata la scarsa significatività di questa fase rispetto alle altre fasi del ciclo di vita.

2.8 Requisiti della qualità dei dati

I dati necessari allo studio sono stati raccolti nel rispetto dei seguenti requisiti:

- a. Copertura temporale: i dati primari coprono un periodo di dodici mesi, periodo di riferimento 01/01/2022-30/12/2022
- b. Laddove vengano utilizzati dati generali e banche dati, sono state utilizzate le versioni disponibili più recenti dei database impiegati (devono essere rappresentativi della situazione nel 2021 e non più vecchi di 10 anni).
- c. Copertura geografica: la zona geografica di provenienza dei dati e relativa alla situazione italiana o europea, nei casi in cui sia stato necessario un riferimento internazionale si è proceduto a considerare dati di provenienza internazionale. I dati relativi ai materiali utilizzati fanno riferimento alla situazione nazionale dei fornitori.
- d. Copertura tecnologica: i dati raccolti fanno riferimento allo stato dell'arte delle tecnologie utilizzate per la produzione dei materiali;
- e. Precisione: i dati raccolti fanno riferimento ad effettivi consumi e misurazioni relativi al periodo considerato; pertanto, si tratta di consumi puntuali;
- f. Completezza: si può considerare che la percentuale del flusso di massa misurata o stimata sia pari al 99%;
- g. Rappresentatività: il grado con cui l'insieme dei dati riflette la popolazione realmente interessata e elevato, dal momento che i dati sono raccolti direttamente nei siti di interesse;
- h. Coerenza: la metodologia dello studio e applicata in maniera uniforme alle diverse componenti dell'analisi;
- i. Riproducibilità: i dati sono stati raccolti attraverso l'utilizzo di una scheda raccolta dati, elaborata appositamente per raccogliere più dati primari possibili. Esse contengono tutte le informazioni necessarie che consentono anche ad un esecutore indipendente di riprodurre i risultati riportati nella relazione dello studio;
- j. Fonti dei dati: come precedentemente esplicitato i dati derivano da fonte primaria (ove non sia stato possibile reperire i dati primari si è fatto ricorso a dati secondari provenienti da banche dati riconosciute a livello internazionale);
- k. Incertezza dell'informazione: l'incertezza relativa ai dati e alle ipotesi è testata attraverso l'analisi di incertezza.

Nel caso in cui i dati utilizzati facciano riferimento a stime, provenienti da siti specifici o da medie significative, questo aspetto è stato messo in evidenza nella fase di creazione dell'inventario.

2.9 Categorie d'impatto ed indicatori

Per la valutazione dei potenziali impatti dei quattro scenari oggetto di studio si considereranno solamente alcune categorie di impatto, prese dal metodo europeo di valutazione degli impatti EF (Environmental Footprint). Tale metodo EF è il metodo di valutazione dell'impatto dell'impronta ambientale (EF) ed è nato a seguito di un'iniziativa introdotta dalla Commissione Europea.

Le categorie d'impatto considerate sono:

Climate change (kg CO₂ eq.) I cambiamenti climatici possono provocare effetti negativi sulla salute degli ecosistemi, sulla salute umana e sul benessere materiale. Il cambiamento climatico è legato alle emissioni di gas serra nell'aria. Il modello di caratterizzazione utilizzato è quello sviluppato dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2021). I fattori di caratterizzazione sono espressi come potenziale di riscaldamento globale per 100 anni (GWP100), in kg di anidride carbonica / kg di emissioni. L'ambito geografico di questo indicatore è su scala globale;

Particulate matter Tale categoria d'impatto comprende gli effetti del particolato fine, avente diametro aerodinamico inferiore a 2,5 micron (PM 2,5), emesso direttamente (particelle primarie) o formato da precursori come NO_x e SO₂ (particelle secondarie). Di solito, più piccole sono le particelle più sono pericolose, in quanto possono penetrare più in profondità nei polmoni. Il potenziale impatto ambientale viene misurato come variazione della mortalità dovuta alle emissioni di polveri sottili, espressa come incidenza della malattia per kg di PM 2,5 emessa (UNEP SETAC 2016);

Resource use, fossils (MJ) La terra contiene una quantità di risorse non rinnovabili, come i combustibili fossili, quali carbone, petrolio e gas. L'idea di base di questa categoria d'impatto è che l'estrazione di risorse oggi costringerà le future generazioni ad estrarre meno risorse o risorse differenti. Ad esempio, l'esaurimento dei combustibili fossili può portare alla non disponibilità degli stessi per le future generazioni. Le quantità di materiali che contribuiscono all'uso delle risorse fossili vengono convertiti in MJ.

Oltre alle categorie d'impatto elencate è stato preso in considerazione anche un indicatore energetico denominato Cumulative Energy Demand (CED) che esprime l'energia primaria consumata durante il ciclo di vita di un prodotto o servizio.

Cumulative Energy Demand La Cumulative Energy Demand (CED) rappresenta la quantità di energia primaria consumata durante il ciclo di vita di un prodotto o di un servizio. Esistono differenti metodi per determinare il fabbisogno di energia primaria: si può scegliere il potere calorifico inferiore o superiore dei vettori energetici primari e si può inoltre distinguere tra fabbisogno energetico di risorse rinnovabili e non rinnovabili. Tale energia è espressa in MJ ed è la somma della domanda di energia fossile, nucleare, eolica, idroelettrica e solare utilizzata durante le fasi del ciclo di vita.

2.10 Tipologia e sorgenti di dati

Nella scelta dei dati da utilizzare per lo studio sono stati privilegiati i dati forniti direttamente da Alì, relativi al 2022 per quanto riguarda i consumi energetici, le distanze percorse e le tipologie di mezzi impiegati per la movimentazione tra i vari centri logistici.

Nel caso in cui non fossero disponibili dati primari o modelli per il calcolo di tali dati, sono stati utilizzati:

- Dati secondari ottenuti attraverso la consultazione di banche dati riconosciute a livello internazionale, privilegiando ove possibile l'utilizzo di quelle più aggiornate;
- Dati provenienti da letteratura;
- Dati provenienti da stime.

Le fonti dei dati sono opportunamente documentate riportate all'interno del report.

2.11 Principali assunzioni e limitazioni

- Per quanto riguarda i fabbisogni energetici relativi agli edifici, da realizzare nel caso dell'ampliamento di Via Svezia, sono stati stimati, con ipotesi cautelative, a partire da quelli relativi agli attuali centri logistici. Sono stati stimati alla stessa maniera anche i fabbisogni energetici degli eventuali tre magazzini da acquistare nel caso non fosse possibile procedere con l'implementazione di Via Svezia;
- In Via Olanda sono presenti sia merci secche che fresche. Dunque, il fabbisogno energetico di Via Olanda relativo al secco è stato calcolato scorporando i valori di assorbimento degli impianti frigoriferi e riproponendo il consumo totale relativo ai 28.000 mq totali di Via Olanda ai 12.000 mq destinati al secco;
- Per il fabbisogno energetico dei tre nuovi magazzini è stato considerato il fabbisogno specifico per mq di Via Svezia esistente nel 2022 (pari a 43,157 kWh/mq);
- Riguardo la fase di costruzione dell'edificio è stata svolta una ricerca di letteratura che ha portato all'individuazione di un fattore emissivo specifico in kg CO₂-eq/mq di edificio realizzato; è stato utilizzato un valore peggiorativo tra quelli applicabili e rappresentativi del settore merceologico;
- Non è stata presa in considerazione la fase di demolizione dell'edificio poiché, in accordo con la letteratura scientifica, gli impatti ambientali causati da tale operazione sono risultati trascurabili rispetto a quelli derivanti dalla costruzione dell'edificio e dall'operatività dello stesso.

3. Analisi di inventario del ciclo di vita

La fase di analisi di inventario comprende la raccolta dei dati e dei procedimenti di calcolo che consentono di quantificare gli elementi in ingresso e in uscita relativi agli scenari considerati.

Di seguito sono riportati gli elementi che sono stati considerati nell'analisi di inventario in riferimento agli Standard della serie ISO 14040.

3.1 Procedimento di raccolta dati

Per il reperimento dei dati necessari è stata predisposta ad hoc una Scheda Raccolta Dati (inventario), condivisa e compilata dall'azienda.

Eventuali criticità e/o divergenze sono state discusse, risolte/chiarite con gli opportuni referenti aziendali.

I dati forniti sono validati da evidenze documentali, quali fatture, gestionali ed altri documenti ufficiali. Al fine di completare la validazione è anche stata condotta un'attività di audit in sede, in data 12/10/2023, con l'obiettivo di validare i dati forniti ed utilizzati nel presente studio.

3.2 Bilancio dei consumi energetici

In riferimento al fabbisogno energetico del complesso di edifici da realizzare in caso di ampliamento di Via Svezia si è proceduto ad una stima partendo dai consumi dei magazzini già esistenti. Attualmente in Via Svezia ed in Via Olanda (parte relativa al secco) vi è solamente consumo di energia elettrica, mentre nel magazzino di Noventa, oltre all'energia elettrica si consuma anche del gas naturale per il riscaldamento dell'edificio. Nei nuovi magazzini previsti con l'intervento di Via Svezia verrà utilizzata solamente energia elettrica. Si è supposto che i tre magazzini previsti nello scenario C saranno alimentati allo stesso modo

Tabella 2 Superfici e fabbisogni energetici dei magazzini esistenti e futuri

Edificio	Superficie coperta [mq]	Consumo di energia elettrica [kWh]	Consumo di gas metano [Smc]	Fabbisogno energetico [kWh/mq]	Note
Via Svezia esistente	28.700	1.238.614	-	43,157	
Via Olanda esistente (gestione secco)	12.000	645.527	-	53,794	Stima
Magazzino Noventa Padovana	8.150	603.011	57.278	73,989	
Implementazione Via Svezia	51.000	3.671.538	-	71,990	Stima
Magazzino 1 (no intervento Via Svezia)	10.000	431.573	-	43,157	Stima
Magazzino 2 (no intervento Via Svezia)	10.000	431.573	-	43,157	Stima
Magazzino 3 (no intervento Via Svezia)	10.000	431.573	-	43,157	Stima

3.3 Modellazione dei dati di attività

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei riferimenti utilizzati per caratterizzare le fonti di emissioni considerate nel presente studio, i dettagli sono esplicitati successivamente in ogni singolo sottoparagrafo.

Tutti i data set desunti da Ecoinvent fanno riferimento a al lavoro di Wernet et al. (2016)

Tabella 3 Fonti di emissioni e relativi riferimenti

Riferimento/fonte	Fonte di emissione
Mohebbi et al. 2023	Costruzione dell'edificio
Ecoinvent 3.9. <i>Heat, central or small-scale, natural gas [Europe without Switzerland] heat production, natural gas, at boiler modulating >100kW Cut-off, U</i>	Combustione gas metano
Ecoinvent 3.9. – AIB 2022 - <i>Residual mix</i>	Utilizzo energia elettrica prelevata da rete nazionale
Ecoinvent 3.9. - <i>Electricity, low voltage {IT} electricity production, photovoltaic 570kWp open ground installation, multi-Si Cut-off, U</i>	Utilizzo energia elettrica da autoproduzione in loco
Ecoinvent 3.9. - <i>Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U;</i>	Movimentazione mezzi euro 5
Ecoinvent 3.9. - <i>Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U.</i>	Movimentazione mezzi euro 6

3.4 Modellazione dell'energia elettrica

Per la modellazione dell'energia elettrica prelevata da rete si è fatto riferimento al Residual Mix per il mercato italiano proposto da AIB – Association of issuing bodies nel report “European Residual Mixes – Results of the calculation of residual mixes for the calendar year 2022”, i cui valori sono riassunti nella Tabella 4. Successivamente il mix energetico è stato ricostruito utilizzando i processi contenuti nel database Ecoinvent 3.8 (vedere Tabella 5). In particolare, per la caratterizzazione del contributo di energia elettrica da nucleare sono stati considerati i principali paesi dai quali l'Italia importa il vettore energetico (sono stati considerati gli ultimi dati disponibili sul portale Eurostat, riferiti al 2021 (ultimo anno disponibile): Svizzera 51,70%, Francia 37,64% e Slovenia 10,66%). La ripartizione del solare nelle diverse tensioni è stata fatta sulla base dei dati riferiti al 2021 forniti dal GSE (ultimo anno disponibile): alta tensione 7,50%, media tensione 55,00% e bassa tensione 37,60%.

Tabella 4 Ripartizione percentuale del mix energetico per le diverse fonti

Fonte	Residual Mix 2022
Renewables Unspecified	0,01%
Solar	5,97%
Wind	0,84%
Hydro&Marine	0,54%
Geothermal	0,00%
Biomass	1,68%
Nuclear	2,62%

Fonte	Residual Mix 2022
Fossil Unspecified	2,74%
Lignite	0,02%
Hard Coal	12,20%
Gas	68,92%
Oil	4,47%
TOTALE	100,00%

Tabella 5 Valori assegnati ai differenti processi di produzione dell'energia elettrica ad alta tensione.

Processo di produzione di energia elettrica ad alta tensione	kWh
Electricity, low voltage {IT} electricity production, photovoltaic, 570kWp open ground installation, multi-Si Cut-off, U	0,0047
Electricity, high voltage {IT} electricity production, wind, <1MW turbine, onshore Cut-off, U	0,0025
Electricity, high voltage {IT} electricity production, wind, >3MW turbine, onshore Cut-off, U	0,0008
Electricity, high voltage {IT} electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore Cut-off, U	0,0056
Electricity, high voltage {IT} electricity production, hydro, pumped storage Cut-off, U	0,0002
Electricity, high voltage {IT} electricity production, hydro, reservoir, alpine region Cut-off, U	0,0035
Electricity, high voltage {IT} electricity production, hydro, run-of-river Cut-off, U	0,0020
Electricity, high voltage {IT} electricity production, deep geothermal Cut-off, U	0,0000
Electricity, high voltage {IT} heat and power co-generation, biogas, gas engine Cut-off, U	0,0134
Electricity, high voltage {IT} heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014 Cut-off, U	0,0044
Electricity, high voltage {CH} electricity production, nuclear, pressure water reactor Cut-off, U	0,0075
Electricity, high voltage {CH} electricity production, nuclear, boiler water reactor Cut-off, U	0,0060
Electricity, high voltage {FR} electricity production, nuclear, pressure water reactor Cut-off, U	0,0105
Electricity, high voltage {SI} electricity production, nuclear, pressure water reactor Cut-off, U	0,0038
Electricity, high voltage {IT} electricity production, lignite Cut-off, U	0,0002
Electricity, high voltage {IT} electricity production, hard coal Cut-off, U	0,1320
Electricity, high voltage {IT} heat and power co-generation, hard coal Cut-off, U	0,0005
Electricity, high voltage {IT} treatment of coal gas, in power plant Cut-off, U	0,0007
Electricity, high voltage {IT} electricity production, natural gas, combined cycle power plant Cut-off, U	0,2366
Electricity, high voltage {IT} electricity production, natural gas, conventional power plant Cut-off, U	0,0635
Electricity, high voltage {IT} heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400MW electrical Cut-off, U	0,2796
Electricity, high voltage {IT} heat and power co-generation, natural gas, conventional power plant, 100MW electrical Cut-off, U	0,1724
Electricity, high voltage {IT} treatment of blast furnace gas, in power plant Cut-off, U	0,0006
Electricity, high voltage {IT} heat and power co-generation, oil Cut-off, U	0,0401
Electricity, high voltage {IT} electricity production, oil Cut-off, U	0,0087
Electricity, high voltage {IT} market for Cut-off, U (perdite di carico)	0,0250
TOTALE	1,0250

Tabella 6 Valori assegnati ai differenti processi di produzione dell'energia elettrica in media tensione.

Processo di produzione di energia elettrica ad alta tensione	kWh
Electricity, medium voltage {IT} electricity voltage transformation from high to medium voltage Cut-off, U	0,9671
Electricity, low voltage {IT} electricity production, fotovoltaic, 570kWp open ground installation, multi-Si Cut-off, U	0,0329
Electricity, medium voltage {IT} electricity, from municipal waste incineration to generic market for Cut-off, U	0,0000
Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U (perdite di carico)	0,0033
TOTALE	1,0033

3.5 Modellazione dell'energia da fotovoltaico

In riferimento al centro logistico di Via Svezia esistente oltre all'energia elettrica prelevata da rete si utilizza energia proveniente da pannelli fotovoltaici. Nel caso di realizzazione dell'intervento in Via Svezia verranno installati altri pannelli fotovoltaici mentre nel caso in cui non avvenisse la realizzazione i tre magazzini che si andrebbero ad acquistare non è detto che siano dotati di pannelli fotovoltaici. Per la modellazione dell'energia elettrica autoprodotta con impianto fotovoltaico è stato utilizzato il dataset Ecoinvent "Electricity, low voltage {IT}| electricity production, fotovoltaic 570kWp open ground installation, multi-Si | Cut-off, U"

3.6 Modellazione del gas naturale da rete

I consumi di gas naturale da rete e relativa combustione sono stati caratterizzati con il seguente dataset Heat, central or small-scale, natural gas [Europe without Switzerland] | heat production, natural gas, at boiler modulating >100kW | Cut-off, U considerando un valore di Potere Calorifico Inferiore (PCI) pari a 35,337 MJ/smc (ISPRA 2023). In particolare, l'uso di gas naturale per il riscaldamento è previsto solamente nel caso del magazzino di Noventa che attualmente gestisce e-commerce e la preparazione delle spese per i clienti che hanno prenotato il ritiro al punto vendita. Nel caso di realizzazione del progetto in Via Svezia verrebbe dismesso il magazzino di Noventa e conseguentemente non sarebbero più presenti consumi di gas naturale.

3.7 Modellazione delle spole tra Hub logistici

Con la realizzazione del nuovo Hub logistico di Via Svezia, si avrà un accentramento della logistica relativa al secco, che verrà quindi totalmente stoccato in Via Svezia. Oltre a ciò, anche la gestione dell'e-commerce sarà spostata in Via Svezia, con conseguente chiusura del magazzino di Noventa Padovana. A seguito di questi cambiamenti ci sarà un'eliminazione delle spole tra Via Olanda e Via Svezia e delle spole dal magazzino di Noventa Padovana a Via Svezia. Nella seguente tabella si riporteranno le distanze tra il magazzino di Via Svezia e quello Via Olanda e tra il magazzino di Via Svezia e quello di Noventa Padovana, oltre che l'attuale numero di navette che settimanalmente vengono effettuate.

Tabella 7 Spole tra il magazzino di Via Olanda e di Noventa ed il magazzino di Via Svezia

Scenario A			
Tratta	Distanza [km]	N° spole settimanali	km annuali percorsi
Via Olanda – Via Svezia	3	126	19.656
Magazzino Noventa – Via Svezia	9	12	5.616

Scenario A			
Scenario B e B'			
Tratta	Distanza [km]	N° spole settimanali	km annuali percorsi
Via Olanda – Via Svezia	-	-	-
Magazzino Noventa – Via Svezia	-	-	-
Scenario C			
Tratta	Distanza [km]	N° spole settimanali	km annuali percorsi
Via Olanda – Via Svezia	3	126	19.656
Magazzino Noventa – Via Svezia	9	12	5.616
Magazzino Nuovo – Via Svezia	25	126	163.800

Per il calcolo dei km annuali percorsi si è ipotizzato che in un anno vi siano 52 settimane.

Quindi nel caso in cui venisse realizzato il nuovo progetto in Via Svezia le spole verrebbero completamente eliminate e vi sarebbe così una diminuzione del traffico inter-magazzini nella zona industriale di Padova.

Nel caso in cui invece venisse realizzato lo scenario C verrebbero mantenute le spole tra Via Olanda e Via Svezia oltre quelle tra il Magazzino di Noventa e Via Svezia ma andrebbero ad aggiungersi anche le spole tra i tre nuovi magazzini e Via Svezia.

Per la modellazione delle spole sono stati considerati i seguenti dataset Ecoinvent:

- Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER} | transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 | Cut-off, U;
- Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RER} | transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 | Cut-off, U.

Tali dataset rappresentano camion di taglia di 16-32 ton e classe ambientale EURO 5 ed EURO 6 rispettivamente.

Per la modellazione delle spole tra Via Olanda e Via Svezia e tra Via Svezia ed il Magazzino di Noventa sono state considerate le ton·km movimentate nel 2022.

Tabella 8 Quantità di merce secca movimentata nelle spole inter-magazzino durante il 2022

Tratta	Distanza [km]	Ton movimentate nel 2022	ton·km
Via Olanda – Via Svezia	3	40.735,962	122.207,886
Via Svezia – Magazzino Noventa	9	3.419,159	30.772,431
Magazzino Nuovo – Via Svezia	25	13.403.000	335.075

Nel caso dello scenario futuro C le ton·km movimentate in un anno sono state calcolate assumendo un tasso di crescita del 2,30% annuo nei 30 anni di vita utile e poi rapportando il tutto ad un singolo anno. Quindi nel caso si realizzasse lo scenario C, per quanto riguarda le spole inter-magazzino, bisognerebbe sommare le tre ton·km presenti in Tabella 8.

3.8 Valutazione della qualità dei dati

Il livello di qualità dei dati dello studio è stato calcolato adottando la formula prevista dalla PEFCR Guidance (European Commission, 2018) che tiene conto della media pesata di 4 parametri di qualità:

- Ter - Rappresentatività tecnologica: il grado con cui i dati si riferiscono alla tecnologia che effettivamente è utilizzata nel processo considerato.
- Gr - Rappresentatività geografica: il grado con cui i dati si riferiscono alla reale posizione geografica in cui avvengono i processi.
- Tir - Rappresentatività temporale: il grado con cui i dati si riferiscono ad un arco temporale il più attuale possibile.
- P – Precisione/Incertezza: Completezza: il grado con cui i dati sono statisticamente rappresentativi dei processi ai quali si riferiscono. Questo principio è garantito dalla conduzione dell’analisi di incertezza che valuta appunto l’influenza della variabilità statistica dei dati sui risultati dello studio.

Il calcolo è stato applicato ai processi del ciclo di vita più rilevanti identificati nella sezione di questo rapporto dedicata all’interpretazione dei risultati. Coerentemente con quanto richiesto dalla PEFCR Guidance v. 6.3, una volta identificati i processi più rilevanti, ad ognuno di questi è stato assegnato un punteggio ai quattro parametri (con una scala da 1 a 5, dove 1 corrisponde alla massima rappresentatività).

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati per i prodotti oggetto di studio, il punteggio attribuito ai parametri qualitativi, la loro media, la media aritmetica dei contributi ottenuti nelle varie categorie d’impatto ed il prodotto tra media dei punteggi e contributo medio (la cui somma corrisponde alla valutazione complessiva della qualità del dato).

Tabella 9 Livelli del data quality rating

DQR	Data quality level
$DQR \leq 1.5$	Excellent quality
$1.5 < DQR \leq 2.0$	Very good quality
$2.0 < DQR \leq 3.0$	Good quality
$3.0 < DQR \leq 4.0$	Fair quality
$DQR > 4.0$	Poor quality

Tabella 10 Valutazione della qualità dei dati per lo scenario A

CONTRIBUTO	GR	TER	TIR	P	MEDIA	MEDIA CONTRIBUTO	DQR
Fabbisogno energetico da rete	1	1	3	2	1,75	76,36%	1,34
Fabbisogno energetico da fotovoltaico	1	1	3	2	1,75	8,09%	0,14
Riscaldamento	1	1	3	2	1,75	5,86%	0,10
Trasporti per spole	2	2	3	2	2,25	2,95%	0,067
Costruzione edificio	3	2	3	2	2,5	6,75%	0,17
TOTALE						100%	1,03

Nel caso dello scenario A il DQR (Data Quality Rating) finale ottenuto combinando pesi e punteggi risulta essere pari a 1,03 corrispondente ad un livello di qualità “Excellent quality”.

Tabella 11 Valutazione della qualità dei dati per lo scenario B

CONTRIBUTO	GR	TER	TIR	P	MEDIA	MEDIA CONTRIBUTO	DQR
Fabbisogno energetico da rete	1	1	3	2	1,75	73,72%	1,29
Fabbisogno energetico da fotovoltaico	1	1	3	2	1,75	18,89%	0,33
Costruzione edificio	3	2	3	2	2,5	7,39%	0,18
TOTALE						100%	1,05

Nel caso dello scenario B il DQR (Data Quality Rating) finale ottenuto combinando pesi e punteggi risulta essere pari a 1,05 corrispondente ad un livello di qualità "Excellent quality".

Tabella 12 Valutazione della qualità dei dati per lo scenario B'

CONTRIBUTO	GR	TER	TIR	P	MEDIA	MEDIA CONTRIBUTO	DQR
Fabbisogno energetico da rete	1	1	3	2	1,75	70,82%	1,24
Fabbisogno energetico da fotovoltaico	1	1	3	2	1,75	18,48%	0,32
Costruzione edificio	3	2	3	2	2,5	10,70%	0,27
TOTALE						100%	0,97

Nel caso dello scenario B il DQR (Data Quality Rating) finale ottenuto combinando pesi e punteggi risulta essere pari a 0,97 corrispondente ad un livello di qualità "Excellent quality".

Tabella 13 Valutazione della qualità dei dati per lo scenario C

CONTRIBUTO	GR	TER	TIR	P	MEDIA	MEDIA CONTRIBUTO	DQR
Fabbisogno energetico da rete	1	1	3	2	1,75	78,58%	1,38
Fabbisogno energetico da fotovoltaico	1	1	3	2	1,75	5,16%	0,09
Riscaldamento	1	1	3	2	1,75	5,71%	0,1
Trasporti per spole	2	2	3	2	2,25	3,72%	0,08
Costruzione edificio	3	2	3	2	2,5	6,83%	0,17
TOTALE						100%	1,11

Nel caso dello scenario B il DQR (Data Quality Rating) finale ottenuto combinando pesi e punteggi risulta essere pari a 1,11 corrispondente ad un livello di qualità "Excellent quality".

4. Valutazione degli impatti

La fase di valutazione degli impatti prevede di utilizzare i risultati ottenuti nella precedente fase di analisi d'inventario per definire i potenziali impatti ambientali dei tre scenari oggetto del presente studio. In conformità agli Standard ISO 14040 e ISO 14044 nella presente analisi, la fase di valutazione è limitata agli elementi obbligatori, cioè la definizione delle categorie di impatto, la classificazione e la caratterizzazione. A tal proposito si fa riferimento al metodo di valutazione descritto nei paragrafi precedenti.

Inizialmente i risultati d'impatto verranno espressi per i quattro scenari in relazione all'unità dichiarata, senza quindi tener conto dell'andamento del mercato e dunque delle tonnellate stoccate.

Successivamente gli impatti associati ai vari scenari verranno anche espressi in relazione all'unità funzionale, in modo da tener conto dell'evoluzione del mercato. In particolare, per gli scenari futuri B e C si prevede un'espansione del mercato, coincidente alla realizzazione di due nuovi punti vendita da 1500 mq all'anno. A fronte dell'apertura di un nuovo punto vendita da 1500 mq è previsto un aumento della capacità di stoccaggio dei magazzini pari all'1,15%.

In Tabella 14 si riportano i dati di stoccaggio relativi al secco ed ai 30 anni di vita utile, considerando un mercato stagnante per lo scenario A e B' ed un aumento del mercato per gli scenari B e C.

Tabella 14 Quantità di secco stoccate fra 30 anni con la capacità di stoccaggio attuale e supponendo due nuove aperture di punti vendita all'anno ed un incremento percentuale dello stoccaggio pari all'1,15% per singolo negozio

	Stoccaggio nei 30 anni [ton]	Nuovi punti vendita dopo 30 anni	Aumento % stoccaggio nei 30 anni	Note
Scenario A	504.030	-	-	Stoccaggio secco al 2022 moltiplicato per 30 anni
Scenario B	1.355.841	60	69%	Supposto aumento di 2 punti vendita all'anno (aumento dello stock dell'1,15% per punto vendita)
Scenario B'	504.030	-	-	Stoccaggio secco al 2022 moltiplicato per 30 anni (mercato stazionario)
Scenario C	1.355.841	60	69%	Supposto aumento di 2 punti vendita all'anno (aumento dello stock dell'1,15% per punto vendita)

4.1 Risultati relativi allo scenario A

Prima di presentare i risultati verrà proposta una tabella di sintesi in cui si indica il numero di magazzini considerati nello scenario, la loro superficie coperta totale ed il fabbisogno energetico (energia elettrica e gas naturale).

Tabella 15 Riepilogo dati relativi allo scenario A

SCENARIO A			
N° magazzini	Superficie tot coperta [mq]	Consumo di energia elettrica [kWh]	Consumo di gas metano [Smc]
3	48.850	2.487.152	57.278

Tabella 16 Risultati totali di potenziali impatti ambientali per lo scenario A

Categoria d'impatto	U.d.m.	Unità dichiarata (un anno di attività)	Unità funzionale (una ton di merce stoccata)
Climate change	kg CO2-eq.	2,27E+06	4,50E-03
Resource use, fossils	MJ	2,21E+07	4,38E-02
Particulate matter	Disease incidence	2,23E-02	4,42E-11
CED (Cumulative Energy Demand)	MJ	2,67E+07	5,28E-02

Per quanto riguarda la sola categoria d'impatto Climate change si presenta anche un'analisi dei contributi all'impatto totale in modo da evidenziare gli hotspots.

Tabella 17 Valori assoluti e percentuali del climate change, suddivisi per contributi e relativi all'unità dichiarata

CATEGORIA D'IMPATTO CLIMATE CHANGE				
Voce	Valore	U.d.m.	Impatto [kg CO2-eq]	Impatto [%]
Energia Elettrica da rete	2.059.830	kWh	1,31E+06	57,61%
Energia Elettrica da fotovoltaico	427.322	kWh	3,08E+04	1,36%
Riscaldamento	57.278	Smc	1,41E+05	6,20%
Mezzo trasporto per spole	152.980	tkm	2,50E+04	1,10%
Costruzione	48.850	mq	7,66E+05	33,73%
TOTALE			2,27E+06	100%

Come si può vedere dalla tabella il maggior impatto è dovuto al consumo di energia elettrica necessario per l'operatività dei centri di distribuzione (fase d'uso).

4.2 Risultati relativi allo scenario B

Prima di presentare i verrà proposta una tabella di sintesi in cui si indica il numero di magazzini considerati nello scenario, la loro superficie coperta totale ed il fabbisogno energetico.

Tabella 18 Riepilogo dati relativi allo scenario B

SCENARIO B			
N° magazzini	Superficie tot coperta [mq]	Consumo di energia elettrica [kWh]	Consumo di gas metano [Smc]
2	79.700	4.910.152	-

Tabella 19 Risultati totali di potenziali impatti ambientali per lo scenario B

Categoria d'impatto	U.d.m.	Unità dichiarata (un anno di attività)	Unità funzionale (una ton di merce stoccata)
Climate change	kg CO2-eq.	3,38E+06	2,71E-03
Resource use, fossils	MJ	3,06E+07	2,45E-02
Particulate matter	Disease incidence	3,62E-02	2,89E-11
CED (Cumulative Energy Demand)	MJ	4,16E+07	3,33E-02

Per quanto riguarda la sola categoria d'impatto Climate change si presenta anche un'analisi dei contributi all'impatto totale in modo da evidenziare gli hotspots.

Tabella 20 Valori assoluti e percentuali del climate change, suddivisi per contributi e relativi all'unità dichiarata

CATEGORIA D'IMPATTO CLIMATE CHANGE				
Voce	Valore	U.d.m.	Impatto [kg CO2-eq]	Impatto [%]
Energia Elettrica da rete	3.161.076	kWh	2,01E+06	59,34%
Energia Elettrica da fotovoltaico	1.749.076	kWh	1,26E+05	3,72%
Costruzione	79.700	mq	1,25E+06	36,93%
TOTALE			3,38E+06	100%

Dalla tabella sopra riportata si nota il maggior impatto provocato dall'utilizzo di energia elettrica necessario per l'operatività dei centri di distribuzione (fase d'uso).

4.3 Risultati relativi allo scenario B'

Prima di presentare i risultati verrà proposta una tabella di sintesi in cui si indica il numero di magazzini considerati nello scenario, la loro superficie coperta totale ed il fabbisogno energetico.

Tabella 21 Riepilogo dati relativi allo scenario B'

SCENARIO B'			
N° magazzini	Superficie tot coperta [mq]	Consumo di energia elettrica [kWh]	Consumo di gas metano [Smc]
2	79.700	2.487.152	-

Tabella 22 Risultati totali di potenziali impatti ambientali per lo scenario B'

Categoria d'impatto	U.d.m.	Unità dichiarata (un anno di attività)	Unità funzionale (una ton di merce stoccata)
Climate change	kg CO2-eq.	2,34E+06	4,62E-03
Resource use, fossils	MJ	1,56E+07	3,08E-02
Particulate matter	Disease incidence	1,84E-02	3,63E-11
CED (Cumulative Energy Demand)	MJ	2,11E+07	4,18E-02

Per quanto riguarda la sola categoria d'impatto Climate change si presenta anche un'analisi dei contributi all'impatto totale in modo da evidenziare gli hotspots.

Tabella 23 Valori assoluti e percentuali del climate change, suddivisi per contributi e relativi all'unità dichiarata

CATEGORIA D'IMPATTO CLIMATE CHANGE				
Voce	Valore	U.d.m.	Impatto [kg CO2-eq]	Impatto [%]
Energia Elettrica da rete (fabbisogno per 20.150 mq occupati su 51.000 mq realizzati)	2.059.830	kWh	1,02E+06	43,79%
Energia Elettrica da rete (fabbisogno per 20.150 mq occupati su 51.000 mq realizzati)	427.322	kWh	6,32E+04	2,70%
Costruzione	79.700	mq	1,25E+06	53,50%
TOTALE			2,34E+06	100%

In questo caso il maggior contributo all'impatto è dato dalla costruzione degli edifici, poiché si è supposto che in tale scenario solamente una parte del magazzino costruito sarà operativa da un punto di vista energetico (solamente 20.150 mq su 51.000 mq totali saranno effettivamente operativi).

4.4 Risultati relativi allo scenario C

Di seguito una tabella di sintesi in cui si indica il numero di magazzini considerati nello scenario, la loro superficie coperta totale ed il fabbisogno energetico.

Tabella 24 Riepilogo dati relativi allo scenario C

SCENARIO C			
N° magazzini	Superficie tot coperta [mq]	Consumo di energia elettrica [kWh]	Consumo di gas metano [Smc]
6	78.850	3.781.871	57.278

Tabella 25 Risultati totali di potenziali impatti ambientali per lo scenario C

Categoria d'impatto	U.d.m.	Unità dichiarata (un anno di attività)	Unità funzionale (una ton di merce stoccata)
Climate change	kg CO2-eq.	3,62E+06	2,89E-03
Resource use, fossils	MJ	3,48E+07	2,79E-02
Particulate matter	Disease incidence	3,80E-02	3,04E-11
CED (Cumulative Energy Demand)	MJ	4,10E+07	3,28E-02

Per quanto riguarda la sola categoria d'impatto Climate change si presenta anche un'analisi dei contributi all'impatto totale in modo da evidenziare gli hotspots.

Tabella 26 Risultati assoluti e percentuali della sola categoria d'impatto Climate Change per lo scenario C (unità dichiarata)

CATEGORIA D'IMPATTO CLIMATE CHANGE				
Voce	Valore	U.d.m.	Impatto [kg CO2-eq]	Impatto [%]
Energia Elettrica da rete	3.354.549	kWh	2,13E+06	58,89%
Energia Elettrica da fotovoltaico	427.322	kWh	3,08E+04	0,85%
Mezzo trasporto per spole	488.054	tkm	7,97E+04	2,20%
Gas naturale per riscaldamento	57.278	smc	1,41E+05	3,89%
Costruzione	78.850	mq	1,24E+06	34,17%
TOTALE			3,62E+06	100%

Il maggior contributo all'impatto è dato dall'energia elettrica necessaria per l'operatività dell'edificio.

4.5 Confronto tra scenari

Tabella 27 Confronto tra scenari A- B' (unità dichiarata)

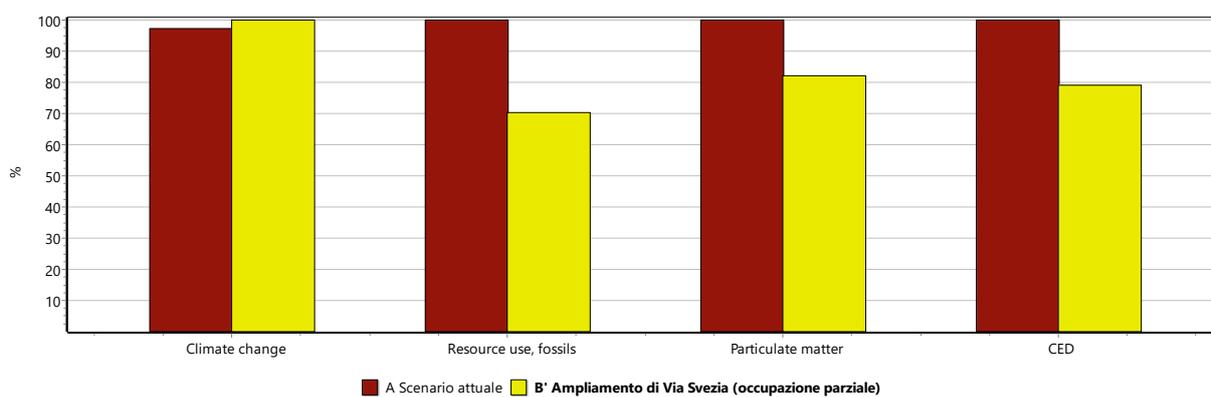
Categoria d'impatto	U.d.m.	Scenario A	Scenario B'	Differenza in un anno di attività	Differenza in trent'anni di attività
Climate change	kg CO2-eq.	2,27E+06	2,34E+06	-6,47E+04	-1,94E+06
Resource use, fossils	MJ	2,21E+07	1,56E+07	6,54E+06	1,96E+08
Particulate matter	Disease incidence	2,23E-02	1,84E-02	3,98E-03	1,19E-01
CED (Cumulative Energy Demand)	MJ	2,67E+07	2,11E+07	5,56E+06	1,67E+08

Lo scenario B' presenta maggiori emissioni rispetto allo scenario A in due categorie d'impatto (Resource use, fossils e Particulate matter) mentre nella restante categoria (Climate change) risparmia/evita delle emissioni rispetto allo scenario A.

In particolare, in riferimento alla categoria Climate Change, lo scenario A presenta il 3,1% di emissioni in più rispetto al B' pari (64.746 kg CO2-eq.).

In queste condizioni quindi, con la realizzazione dello scenario B' in termini di Climate change presenta un'emissione maggiore pari a 65 ton CO2-eq. all'anno rispetto allo scenario attuale, ovvero 1.942 ton CO2-eq. in più sull'intera vita utile attesa del bene (30 anni).

Figura 5 Confronto tra scenari A-B', in tutte le categorie d'impatto (unità dichiarata)



Confronto di 1 p 'A Scenario attuale' con 1 p 'B' Ampliamento di Via Svezia (occupazione parziale); Metodo: Ali V1.02 / Ali / Caratterizzazione

In seguito vengono presentati i risultati espressi secondo l'unità funzionale, ovvero una tonnellata di merce secca stoccata in un magazzino durante la sua vita utile di 30 anni (nello scenario A e nello scenario B' si considerano le tonnellate di merce secca stoccate nel 2022).

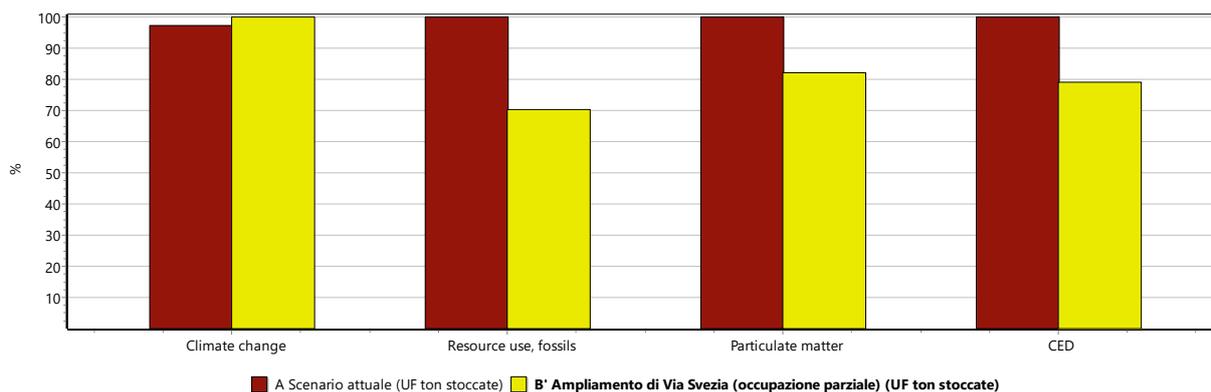
Tabella 28 Confronto tra scenari A e B' relativo all'unità funzionale

Categoria d'impatto	U.d.m.	Scenario A	Scenario B'	Differenza in un'anno per ogni ton stoccata	Differenza in trent'anni per ogni ton stoccata
Climate change	kg CO2-eq.	4,50E-03	4,62E-03	-1,28E-04	-3,85E-03
Resource use, fossils	MJ	4,38E-02	3,08E-02	1,29E-02	3,88E-01
Particulate matter	Disease incidence	4,42E-11	3,63E-11	7,89E-12	2,37E-10
CED (Cumulative Energy Demand)	MJ	5,28E-02	4,18E-02	1,10E-02	3,30E-01

In riferimento all'unità funzionale, ovvero ad una tonnellata di merce stoccata, considerando un'ipotesi di mercato stagnante, la realizzazione del nuovo hub logistico (scenario B') evita comunque emissioni rispetto allo stato di stoccaggio attuale (scenario A) nella categoria d'impatto Climate change mentre nelle restanti due categorie (Resource use, fossils, Particulate matter) provoca maggiori emissioni rispetto allo scenario A.

In particolare, in riferimento alla categoria Climate Change, lo scenario B' evita un'emissione pari a 0,0001 kg CO2-eq per ogni tonnellata di merce stoccata, ovvero 0,0038 kg CO2-eq in meno per ogni tonnellata di merce stoccata in trent'anni di attività (-2,8%).

Figura 6 Confronto tra scenari A e B', in tutte le categorie d'impatto (unità funzionale)



Confronto di 1,98E-9 p 'A Scenario attuale (UF ton stoccate)' con 1,98E-9 p 'B' Ampliamento di Via Svezia (occupazione parziale) (UF ton stoccate)'; Metodo: Ali V1.02 / Ali / Caratterizzazione

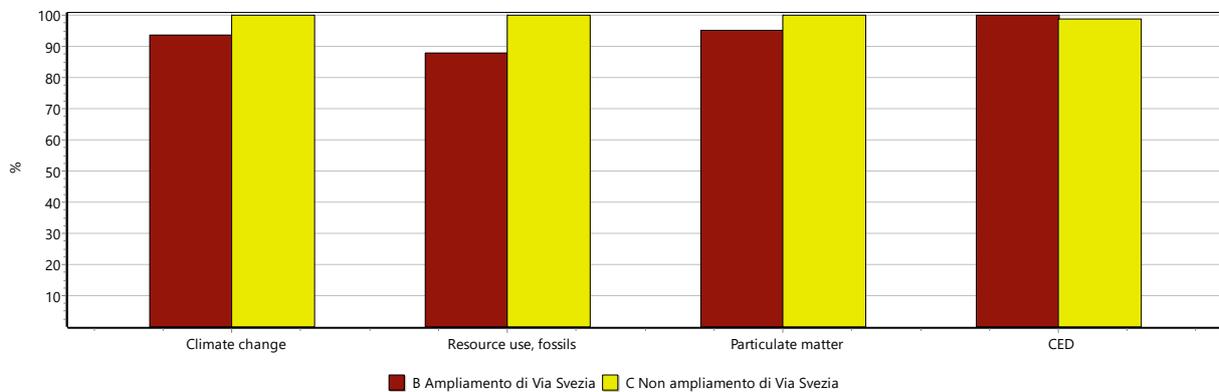
Tabella 29 Confronto tra scenari B-C (unità dichiarata)

Categoria d'impatto	U.d.m.	Scenario B	Scenario C	Differenza in un'anno di attività	Differenza in trent'anni di attività
Climate change	kg CO2-eq.	3,38E+06	3,62E+06	-2,35E+05	-7,05E+06
Resource use, fossils	MJ	3,06E+07	3,48E+07	-4,24E+06	-1,27E+08
Particulate matter	Disease incidence	3,62E-02	3,80E-02	-1,86E-03	-5,57E-02
CED (Cumulative Energy Demand)	MJ	4,16E+07	4,10E+07	5,36E+05	1,61E+07

Nell'ipotesi di un mercato in espansione, lo scenario B (realizzazione del nuovo hub logistico) rispetto allo scenario C (affitto di nuovi magazzini) genera meno emissioni nelle categorie d'impatto Climate change Resource use fossils, Particulate matter mentre provoca maggiori emissioni per la sola categoria Cumulative energy demand.

In particolare, in riferimento alla categoria d'impatto Climate Change, lo scenario B provoca meno emissioni rispetto allo scenario C (-7%), in particolare la differenza per questa categoria risulta pari a -235 ton CO2- eq per ogni anno di attività, ovvero 7.047 ton CO2-eq in meno, evitate (risparmiate) all'ambiente in trent'anni di attività dell'hub logistico.

Figura 7 Confronto tra scenari B-C, in tutte le categorie d'impatto (unità dichiarata)



Confronto di 1 p 'B Ampliamento di Via Svezia' con 1 p 'C Non ampliamento di Via Svezia'; Metodo: Ali V1.02 / Ali / Caratterizzazione

In seguito vengono presentati i risultati espressi secondo l'unità funzionale, ovvero una tonnellata di merce secca stoccata in un magazzino durante la sua vita utile di 30 anni (nello scenario B e nello scenario C si considerano le tonnellate di merce secca che verranno stoccate nei nuovi Hub).

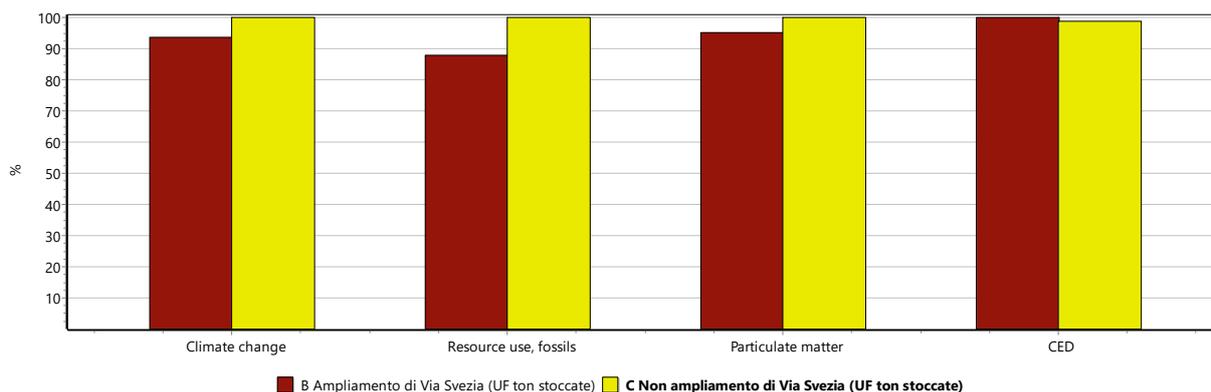
Tabella 30 Confronto tra scenari B e C relativo all'unità funzionale

Categoria d'impatto	U.d.m.	Scenario B	Scenario C	Differenza in un'anno di attività	Differenza in trent'anni di attività
Climate change	kg CO2-eq.	2,71E-03	2,89E-03	1,88E-04	5,64E-03
Resource use, fossils	MJ	2,45E-02	2,79E-02	3,39E-03	1,02E-01
Particulate matter	Disease incidence	2,89E-11	3,04E-11	1,48E-12	4,45E-11
CED (Cumulative Energy Demand)	MJ	3,33E-02	3,28E-02	-4,29E-04	-1,29E-02

In riferimento all'unità funzionale, ovvero ad una tonnellata di merce stoccata, considerando un'ipotesi di mercato in espansione, pertanto la necessaria realizzazione del nuovo hub logistico (scenario B) o l'affitto di nuovi magazzini (scenario C), il confronto tra questi scenari dimostra come lo stato di stoccaggio nel nuovo hub logistico risparmi emissioni nelle tre categorie d'impatto Climate change, Particulate matter e Resource use, fossils mentre nella Cumulative energy demand l'ipotesi dell'affitto di nuovi magazzini risulta meno impattante.

In particolare, in riferimento alla categoria Climate Change, lo scenario B evita un'emissione pari a 0,0002 kg CO2-eq per ogni tonnellata di merce stoccata, ovvero 0,0056 kg CO2-eq in meno per ogni tonnellata di merce stoccata in trent'anni di attività (-6,94%).

Figura 8 Confronto tra scenari B e C, in tutte le categorie d'impatto (unità funzionale)



Confronto di 8E-10 p 'B Ampliamento di Via Svezia (UF ton stoccate)' con 8E-10 p 'C Non ampliamento di Via Svezia (UF ton stoccate)'; Metodo: Ali V1.02 / Ali / Caratterizzazione

5. Interpretazione dei risultati

In relazione a quanto definito nelle norme di riferimento la fase di interpretazione del ciclo di vita consiste nell'analisi dei risultati delle fasi di analisi di inventario (LCI) e valutazione degli impatti (LCIA), comprendendo diversi elementi:

- Analisi di sensibilità;
- Analisi di incertezza;
- Conclusioni, limitazioni e raccomandazioni.

È importante sottolineare come i risultati dell'LCIA si basino su un approccio relativo e facciano riferimento a potenziali impatti ambientali.

La conduzione dello studio è stata svolta nell'ottica di consentire l'identificazione delle operazioni e delle specifiche attività a maggior impatto ambientale per il sistema studiato.

Come richiesto dalle norme di riferimento (ISO 14040-44) occorre precisare che in relazione all'obiettivo dello studio, l'unità scelta si è rivelata appropriata al sistema studiato, dal momento che ha consentito di identificare le operazioni e le specifiche attività a maggior impatto ambientale per il sistema esaminato. I criteri definiti per la valutazione della qualità dei dati sono stati rispettati in maniera coerente. Alla luce di queste considerazioni si analizzano di seguito i diversi elementi della fase di interpretazione.

5.1 Analisi di sensibilità

Al fine di consolidare i risultati e le conclusioni dello studio di LCA sono state svolte tre analisi di sensibilità, in modo tale da poter analizzare un aspetto rilevante. Le analisi hanno lo scopo di valutare l'effetto delle principali assunzioni sui risultati finali così da supportare le conclusioni dello studio.

La prima analisi indaga la distanza dei tre nuovi magazzini aggiuntivi che si dovrebbero acquistare per esigenze legate alla previsione di aumento del mercato, nel caso in cui non sia possibile realizzare l'intervento di ampliamento di Via Svezia (scenario C). Come caso base è stata considerata una distanza dei magazzini da Via Svezia pari 25 km (considerando la località più vicina in cui fossero disponibili dei magazzini) e come casi alternativi sono state considerate rispettivamente le distanze di 20 km e 30 km. In questo modo è possibile indagare l'effetto della variazione di tale distanza sull'impatto totale, in riferimento alle varie categorie d'impatto selezionate.

Tabella 31 Analisi di sensibilità variazione distanza magazzino ipotetico

Categoria d'impatto	U.d.m.	Caso base: 25 km	Caso 1: 20 km	Caso 2: 30 km	Variation %
Climate change	kg CO ₂ -eq.	3,62E+06	3,61E+06	3,63E+06	± 0,302%
Resource use, fossils	MJ	3,48E+07	3,46E+07	3,50E+07	± 0,479%
Particulate matter	Disease incidence	3,80E-02	3,71E-02	3,90E-02	± 2,420%
CED (Cumulative Energy Demand)	MJ	4,10E+07	4,09E+07	4,12E+07	± 0,438%

Dalla presente analisi si nota come la distanza degli eventuali magazzini da affittare (assunta nel caso base di 25 km) aumentata o diminuita di 5 km non influenza i risultati dello studio (var. max. Particulate matter 2,42%).

I risultati dello studio non risultano quindi particolarmente sensibili a questa assunzione.

La seconda analisi indaga il contributo dei rifiuti di stabilimento generati, rimossi (cut-off) nel caso base dello studio in questione, in particolare il caso è stato analizzato sullo scenario B.

Tabella 32 Analisi di sensibilità rifiuti

Categoria d'impatto	U.d.m.	Caso base	Con rifiuti	Variaz %
Climate change	kg CO2-eq.	3,38E+06	3,53E+06	4,45%
Resource use, fossils	MJ	3,06E+07	3,06E+07	0,10%
Particulate matter	Disease incidence	3,62E-02	3,65E-02	0,80%
CED (Cumulative Energy Demand)	MJ	4,16E+07	4,16E+07	0,09%

Dall'analisi di sensibilità effettuata sui rifiuti generati (non contabilizzati nel caso base) si nota come questi non influiscano significativamente sui risultati dello studio (variazione massima <5% minore della soglia di significatività, per la categoria Climate Change, ritenuta comunque accettabile).

I risultati dello studio non risultano quindi particolarmente sensibili a questa assunzione.

Nella terza analisi di sensibilità condotta nel seguente studio, si varia il numero di magazzini da affittare: da un caso base che prevede l'ipotesi di affitto di tre nuovi magazzini da 10.000 mq (30.000 mq), ad un caso alterato, nel quale si prevede l'affitto di cinque nuove strutture di medesime dimensioni (per un totale di 50.000 mq) necessarie per il deposito della merce secca.

Il caso alterato prevede pertanto l'affitto di un numero di magazzini uguale alla superficie coperta dall'ampliamento di via Svezia (51.000 mq).

Tabella 33 Analisi di sensibilità nuovi magazzini scenario C

Categoria d'impatto	U.d.m.	Caso base (tre nuovi magazzini – 30.000 mq)	Cinque nuovi magazzini – 50.000 mq	Variaz %
Climate change	kg CO2-eq.	3,62E+06	4,17E+06	15,15%
Resource use, fossils	MJ	3,48E+07	4,27E+07	22,75%
Particulate matter	Disease incidence	3,80E-02	4,54E-02	19,44%
CED (Cumulative Energy Demand)	MJ	4,10E+07	5,00E+07	21,88%

Il presente studio risulta sensibile al numero di magazzini da affittare nel caso non venga realizzato l'Hub logistico di Via Svezia (scenario C).

Nel caso in cui si affittassero cinque magazzini, per coprire la stessa metratura di Via Svezia, i risultati dell'analisi aumentano significativamente (minimo del 15,15% per la categoria d'impatto Climate change) i potenziali impatti ambientali per le categorie analizzate.

5.2 Analisi di incertezza

L'analisi di incertezza è stata condotta allo scopo di individuare l'incidenza dell'incertezza relativa ai dati in ingresso sui risultati dello studio. Per analisi di incertezza si intende infatti lo studio sistematico della propagazione dell'incertezza degli input sull'incertezza degli output. Se viene specificata l'incertezza dei dati di processo, ad esempio sotto forma di una distribuzione gaussiana con una certa standard deviation, che può differire per le diverse sezioni dei dati di processo, allora l'analisi di incertezza produrrà le standard deviation o gli intervalli di confidenza per i risultati dell'inventario (Heijungs et al., 2005).

In uno studio di LCA ci sono almeno due tipologie di incertezza coinvolte: una è la normale incertezza associata con la determinazione di un parametro in un dato sistema, e l'altra si riferisce alla scelta del valore di tale parametro per rappresentare un valore in un altro sistema simile (Steen B., 1997).

Molto spesso l'incertezza sulla quantità di uno specifico input o output non può essere ricavata dai dati resi disponibili, dal momento che c'è una sola sorgente di informazioni che fornisce il valore medio, senza alcuna indicazione sull'incertezza di quel valore.

Per questo, in riferimento al database Ecoinvent, è stata sviluppata una procedura semplificata per quantificare l'incertezza di questi dati: tale approccio semplificato prevede una valutazione qualitativa degli indicatori della qualità dei dati, sulla base di una matrice pedigree. Questa matrice è stata introdotta e sviluppata da Pedersen Weidema & Wesnae (Weidema et al., 1996) e viene così definita (pedigree matrix), dal momento che gli indicatori della qualità dei dati si riferiscono alla storia o all'origine dei dati, come un albero genealogico riporta la genealogia (pedigree) di un individuo (Weidema et al., 1996).

Vengono utilizzati dei fattori di incertezza di base per i tipi di input e output considerati; ad esempio, si assume che le emissioni di CO₂ presentino in generale un'incertezza molto minore se confrontate con le emissioni di CO. Mentre la prima può essere calcolata dai dati in input sui combustibili, la seconda dipende in maniera più stretta dalle caratteristiche della caldaia, dalla manutenzione dei motori, dai fattori di carico. Questi fattori di incertezza sono riportati nella tabella seguente, secondo quanto ricavato da giudizi di esperti (Frischknecht et al., 2005).

Le fonti dei dati sono valutate in accordo alle sei caratteristiche "affidabilità", "completezza", "correlazione temporale", "correlazione geografica", "ulteriore correlazione tecnologica", "dimensioni del campione", riportate nella tabella seguente.

Ogni caratteristica è suddivisa in cinque livelli di qualità con un punteggio compreso tra 1 e 5. Di conseguenza ad ogni singolo flusso in input e output viene attribuito un set di sei indicatori: cinque riferiti alla Pedigree matrix (U_i) ed uno sull'incertezza di base (U_b).

Gli indicatori così individuati si trasformano in un fattore di incertezza, espresso come quadrato della deviazione standard geometrica, secondo la corrispondenza indicata nella tabella seguente.

Tabella 34 Fattori di incertezza (che contribuiscono al quadrato della deviazione standard geometrica) applicati in combinazione con la matrice Pedigree (Frischknecht et al., 2005).

Indicator Score	1	2	3	4	5
Reliability	1.00	1.05	1.10	1.20	1.50
Completeness	1.00	1.02	1.05	1.10	1.20
Temporal correlation	1.00	1.03	1.10	1.20	1.50
Geographical correlation	1.00	1.01	1.02		1.10
Technological correlation	1.00		1.20	1.50	2.00
Sample size	1.00	1.02	1.05	1.10	1.20

Il quadrato della deviazione standard geometrica (pari al 95% dell'intervallo) viene calcolato secondo la formula presentata da Weidema et al. (1996) che considera i seguenti parametri:

- U_1 : fattore di incertezza dell'affidabilità (R, reliability), si riferisce alle fonti, ai metodi di acquisizione e alle procedure di verifica utilizzate per ottenere i dati;
- U_2 : fattore di incertezza della completezza (C, completeness), si riferisce alle proprietà statistiche dei dati, a quanto rappresentativi sono, se il campione comprende un numero sufficiente di dati e se il periodo è adeguato a tener conto delle fluttuazioni;
- U_3 : fattore di incertezza della correlazione temporale (TC, temporal correlation), rappresenta la correlazione temporale tra l'anno dello studio (come specificato nella definizione dell'obiettivo) e l'anno a cui i dati si riferiscono;
- U_4 : fattore di incertezza della correlazione geografica (G, geographic correlation), in riferimento alla correlazione geografica tra l'area definita e i dati ottenuti;
- U_5 : fattore di incertezza di altre correlazioni tecnologiche (T, other technological correlation), si riferisce a tutti gli altri aspetti diversi dalle correlazioni geografica e temporale, ad esempio potrebbe essere necessario fare riferimento a dati relativi a processi o imprese simili;
- U_6 : fattore di incertezza delle dimensioni del campione (S, sample size);
- U_b : fattore di incertezza di base (basic uncertainty factor).

Una volta ottenuti i valori dei punteggi per le sei categorie si calcola il quadrato della deviazione standard.

Dopo aver individuato i dati più significativi è opportuno procedere con l'analisi quantitativa dell'incertezza e a questo proposito si possono distinguere essenzialmente due diverse modalità per condurre l'analisi di incertezza: attraverso un campionamento statistico o mediante formule analitiche basate sulla propagazione degli errori. Un metodo molto conosciuto di campionamento casuale è l'analisi di Monte Carlo, la cui procedura base è la seguente (Heijungs et al., 2005):

Ogni parametro in ingresso viene considerato come una variabile stocastica con una specificata distribuzione di probabilità;

- Il modello LCA viene costruito con una particolare configurazione di ogni parametro stocastico;
- I risultati della LCA vengono calcolati con questa particolare configurazione;
- Le due fasi precedenti vengono ripetute un certo numero di volte;
- Il campione dei risultati della LCA viene indagato in riferimento alle sue proprietà statistiche (come la media, standard deviation, gli intervalli di confidenza).

Nel presente studio è stata applicata la metodologia di calcolo dell'analisi di incertezza descritta in Scipioni et al. (2009).

La selezione dei dati più significativi è stata fatta analizzando i contributi alla valutazione degli impatti ambientali dei singoli sotto processi presenti in ciascuna unità di processo, in riferimento a tutte le categorie di impatto individuate dal metodo di valutazione degli impatti. A ciascuna delle voci così ottenute è stato necessario attribuire una distribuzione di probabilità; dal momento che le voci di inventario risultate significative provengono tutte dalla banca dati Ecoinvent si è assunta la distribuzione di probabilità lognormale.

È stata poi condotta una simulazione di Monte Carlo utilizzando come criterio di fermata un numero di esecuzioni pari a 1000; in questo modo vengono campionati in maniera casuale una serie di valori sulla base della distribuzione e i risultati dell'LCA vengono ricalcolati per ciascun parametro. Le tabelle seguenti (presentano la media, la mediana, la deviazione standard (SD) e il coefficiente di variazione (CV) per ogni categoria analizzata con un intervallo di confidenza del 95%. Si sottolinea come il valore particolarmente alto di incertezza nella categoria d'impatto water use deriva da un limite del metodo applicato, il quale considera come variabili indipendenti i flussi idrici in input e output di un singolo processo, andando a creare un disequilibrio nel bilancio.

Tabella 35 Analisi di incertezza per lo scenario A

Categoria d'impatto	Media	Median	SD	CV	5%	95%	SEM
Climate change (kg CO ₂ -eq.)	2,27E+06	2,27E+06	1,78E+05	10,76%	2,00E+06	2,58E+06	5,62E+03
Resource use, fossils (MJ)	2,21E+07	2,21E+07	2,57E+06	11,63%	1,81E+07	2,66E+07	8,14E+04
Particulate matter (disease incidence)	2,24E-02	2,23E-02	2,20E-03	9,83%	1,89E-02	2,62E-02	6,96E-05
CED (MJ)	2,67E+07	2,66E+07	2,87E+06	10,76%	2,22E+07	3,17E+07	9,09E+04

Tabella 36 Analisi di incertezza per lo scenario B

Categoria d'impatto	Media	Median	SD	CV	5%	95%	SEM
Climate change (kg CO ₂ -eq.)	3,37E+06	3,35E+06	2,87E+05	8,50%	2,94E+06	3,87E+06	9,06E+03
Resource use, fossils (MJ)	3,04E+07	3,00E+07	4,16E+06	13,65%	2,41E+07	3,77E+07	1,31E+05
Particulate matter (disease incidence)	3,61E-02	3,57E-02	3,58E-03	9,93%	3,07E-02	4,25E-02	1,13E-04
CED (MJ)	4,14E+07	4,10E+07	4,64E+06	11,20%	3,43E+07	4,95E+07	1,47E+05

Tabella 37 Analisi di incertezza per lo scenario B'

Categoria d'impatto	Media	Median	SD	CV	5%	95%	SEM
Climate change (kg CO2-eq.)	2,34E+06	2,33E+06	1,44E+05	6,17%	2,11E+06	2,59E+06	4,56E+03
Resource use, fossils (MJ)	1,56E+07	1,55E+07	2,09E+06	13,42%	1,24E+07	1,93E+07	6,60E+04
Particulate matter (disease incidence)	1,84E-02	1,82E-02	1,80E-03	9,80%	1,55E-02	2,15E-02	5,69E-05
CED (MJ)	2,11E+07	2,10E+07	2,33E+06	11,04%	1,75E+07	2,53E+07	7,37E+04

Tabella 38 Analisi di incertezza per lo scenario C

Categoria d'impatto	Media	Median	SD	CV	5%	95%	SEM
Climate change (kg CO2-eq.)	3,61E+06	3,59E+06	2,91E+05	8,06%	3,16E+06	4,12E+06	9,21E+03
Resource use, fossils (MJ)	3,47E+07	3,44E+07	4,22E+06	12,16%	2,82E+07	4,20E+07	1,33E+05
Particulate matter (disease incidence)	3,79E-02	3,78E-02	3,65E-03	9,62%	3,23E-02	4,44E-02	1,15E-04
CED (MJ)	4,09E+07	4,06E+07	4,71E+06	11,51%	3,36E+07	4,91E+07	1,49E+05

Dalle presenti analisi di incertezza emerge come la categoria d'impatto ambientale più incerta, tra quelle analizzate, sia Resource use, fossils (Coefficiente di Variazione massimo pari al 13,65%).

La categoria che presenta meno incertezza tra quelle analizzate risulta invece Climate Change (Coefficiente di Variazione massimo pari a $\pm 10,76\%$).

Si riportano di seguito i risultati dell'analisi di incertezza comparata tra gli scenari indagati.

Figura 9 Analisi incertezza: confronto tra scenari A e B', in tutte le categorie d'impatto (unità funzionale)

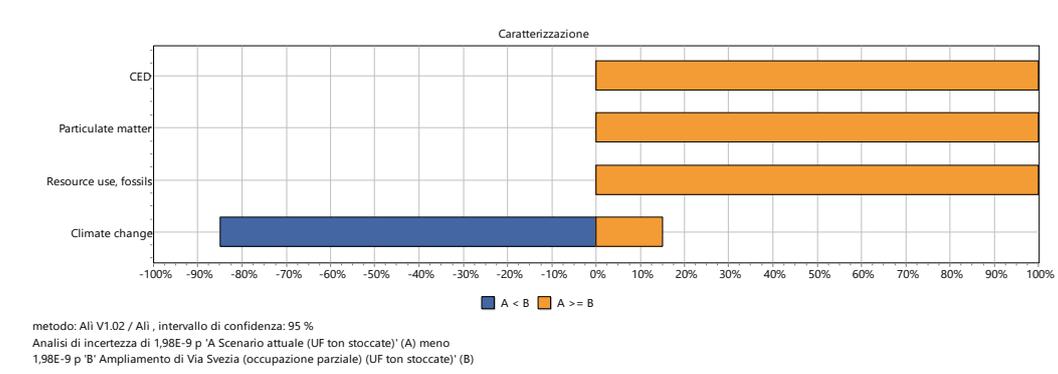
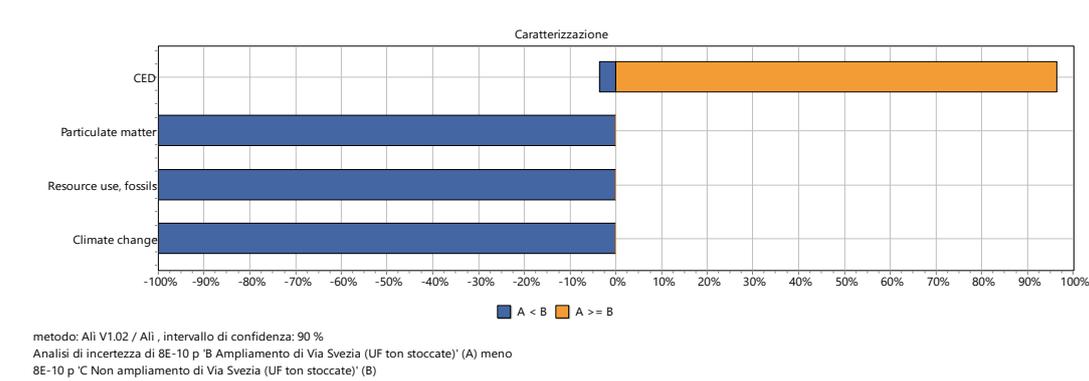


Figura 10 Analisi incertezza: Confronto tra scenari B e C, in tutte le categorie d'impatto (unità funzionale)



6. Conclusioni

Sulla base delle evidenze raccolte, delle modellazioni condotte, e dei risultati dell'analisi di impatto, sensibilità e incertezza è possibile concludere con ragionevole garanzia che:

1. In tutti gli scenari indagati la principale fonte di impatto è legata alla conduzione dei magazzini seguita dalla costruzione degli stessi ed in parte minore dalla logistica interna;
2. La realizzazione da parte di Alì SpA di un Hub logistico ad ampliamento dell'esistente deposito sito in Via Svezia, risulta generalmente migliorativa, in quanto, rispetto a tutti gli altri scenari indagati, presenta performance migliorative nella maggior parte delle categorie di impatto rilevanti. Nello specifico:
 - a. con riferimento ad uno scenario stagnante del mercato, mettendosi nelle condizioni peggiorative e tenendo conto della possibile incertezza di risultati: lo scenario B' è migliorativo rispetto allo scenario A per le categorie: Resource use, fossils, Particulate Matter a e CED; risulta peggiorativo rispetto allo scenario B per la sola categoria Climate Change; questo risultato è indipendente dall'unità scelta per la rappresentazione dei risultati (dichiarata e funzionale); per questa specifica categoria di impatto, al fine di garantire l'equilibrio ambientale, si ravvisa quindi l'opportunità di operare una compensazione una tantum per il delta delle emissioni di gas serra tra scenario A e B' ovvero pari a 1940 ton di CO₂ eq. a copertura dell'intera vita utile del nuovo magazzino;
 - b. con riferimento ad uno scenario di espansione del mercato, mettendosi nelle condizioni peggiorative e tenendo conto della possibile incertezza di risultati, lo scenario B è migliorativo rispetto allo scenario C per le categorie: Climate Change e Resource use, fossils e Particulate Matter; risulta peggiorativo rispetto allo scenario C per la sola categoria CED; questo risultato è indipendente dall'unità scelta per la rappresentazione dei risultati (dichiarata e funzionale); per questa specifica categoria di impatto, al fine di garantire l'equilibrio ambientale, si ravvisa quindi l'opportunità di operare una compensazione una tantum per il delta dei MJ di impatto tra scenario B e C. Considerando un fattore di emissione pari a 0,38 kg CO₂ eq/kWh, la compensazione una tantum dovrà essere almeno pari a 1684 ton di CO₂ eq.

7. Riferimenti

- Al-Ghamdi S.G., Bilec M.M., 2016. Green Building Rating Systems and Whole-Building Life Cycle Assessment: Comparative Study of the Existing Assessment Tools. *Journal of Architectural Engineering*;
- Burek J., Nutter D., 2018. Life cycle assessment of grocery, perishable, and general merchandise multi-facility distribution center networks. *Energy & Buildings* 174, 388-401;
- European Commission, 2018. Product Environmental Footprint Category Rules Guidance 6.3, s.l.: European Commission.
- Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.J., Doka G., Dones R., Hischier R., Hellweg S., Humbert S., Margni M., Nemecek T., Spielmann M., 2007. Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods: Data v2.0 ecoinvent report No. 3, Swiss centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland.
- Gervasio H. & Dimova S., 2018. Model for Life Cycle Assessment (LCA) of buildings. JRC Technical Reports (European Commission);
- Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators – United Nations Environment Programme, 2016;
- ISO 14040:2006+A1:2020 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework;
- ISO 14044:2006+A2:2020 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines;
- Ivanica R., Risse M., Weber-Blaschke G., Richter K., 2022. Development of a life cycle inventory database and life cycle impact assessment of the building demolition stage: A case study in Germany. *Journal of Cleaner Production* 338.
- Mohebbi G., Hasan A., Blay-Armah A., Bahadori-Jahromi A., Mylona A., Barthorpe M., 2023. Comparative analysis of the whole life carbon of three construction methods of a UK-based supermarket. *Building Services Engineering Research & Technology* 0, 1-21;
- Van Oers L., Koning A., Guinée J.B., Huppes G., 2002. Abiotic resource depletion in LCA. Road and Hydraulic Engineering Institute, Ministry of Transport and Water, Amsterdam;
- Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B., 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, [online] 21(9), pp.1218–1230. Available at: <<http://link.springer.com/10.1007/s11367-016-1087-8>>.