

POLITECNICO DI MILANO

Scuola di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



Metodologia LCA applicata a un'impresa di catering:
ruolo delle fasi di preparazione dei menù e dei trasporti

Relatore: Prof. Giovanni Dotelli

Correlatore: Ing. Francesca Recanati

Tesi di Laurea di:
Giordano Mauro Currò
Matricola 770246

Anno Accademico 2013 – 2014

INDICE

Capitolo 1 – Introduzione	1	
Capitolo 2 – Alimentazione e sostenibilità	2	
2.1	Sostenibilità ambientale	2
2.2	La filiera alimentare	4
2.2.1	Composizione e relazioni all'interno della filiera alimentare	5
2.3	Agricoltura e sostenibilità	8
2.3.1	L'emissione di GHG in agricoltura	11
2.3.2	Allevamenti intensivi ed estensivi	18
2.3.3	Produzione locale e globale	22
2.3.4	Packaging	26
2.3.5	Gli sprechi alimentari	29
2.3.6	Il consumo di suolo	30
2.4	Le scelte alimentari	32
2.5	Gli impatti della cottura e della catena del freddo	36
Capitolo 3 – Life Cycle Assessment	39	
3.1	Nascita e sviluppo dell'LCA	39
3.2	LCA: generalità e struttura	41
3.3	Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione	43
3.4	Analisi di inventario	45
3.5	Analisi degli impatti	47
3.6	Metodi di caratterizzazione	53
3.7	Interpretazione dei risultati	58
3.8	Il software SimaPro8	59

Capitolo 4 – Caso di studio – il settore del catering	62
4.1 Cosa si intende per catering	62
4.2 Motivi di interesse verso questo settore	63
4.3 Caso di studio: obiettivo e campo di applicazione	63
4.3.1 Unità di processo e flussi	64
4.3.2 Obiettivi ed unità funzionale	64
4.3.3 Confini del sistema	65
4.3.4 Impatti analizzati	67
4.3.5 Qualità dei dati	68
4.3.6 Ipotesi e limiti dello studio	69
4.4 Analisi di inventario	71
4.4.1 Studio sui menù	71
4.4.2 Studio sui trasporti	83
4.4.2.1 Trasporti sede – servizio	84
4.4.2.2 Trasporti magazzino – lavaggio	85
4.4.2.3 Trasporti fornitori – sede	85
4.5 Analisi degli impatti	86
4.5.1 Impatti menù – produzione alimenti e trasporto	86
4.5.1.1 Carbon Footprint	86
4.5.1.2 Water Footprint	88
4.5.2 Impatti totali dei menù	90
4.5.3 Impatti dei trasporti	93
4.6 Analisi dei risultati	97

Capitolo 5 – Discussione dei risultati e conclusioni 101

5.1	Discussione dei risultati	101
5.1.1	Impatti dei menù	101
5.1.2	Impatti della fase di trasporto alla location del servizio e confronto con gli impatti dei menù	102
5.1.3	Impatti complessivi	102
5.2	Conclusioni	104

Bibliografia 106

Indice delle figure

Figura 1 – Le dimensioni della sostenibilità.....	3
Figura 2 – Principali step della filiera alimentare.....	6
Figura 3 – Complessità del sistema agroalimentare.	10
Figura 4 – Impatti della catena alimentare e distribuzione dei relativi gas prodotti (le proporzioni del prolungamento a sinistra, legato ai cambiamenti di uso del suolo, sono a solo scopo illustrativo e non rispecchiano proporzioni reali).	12
Figura 5 – Schema concettuale delle interazioni tra la catena di produzione del cibo e quella del packaging.....	28
Figura 6 – Competizione per l’uso del suolo: interazioni e feedback.	31
Figura 7 – “Doppia Piramide Ambientale e Alimentare” (Barilla Center, 2011).	32
Figura 8 – “Doppia Piramide per chi cresce” (Barilla Center, 2011).....	33
Figura 9 – Carbon Footprint degli alimenti secondo il “Barilla Center” (Barilla Center, 2011).	34
Figura 10 - Water Footprint degli alimenti secondo il “Barilla Center” (Barilla Center, 2011).	35
Figura 11 - Ecological Footprint degli alimenti secondo il “Barilla Center” (Barilla Center, 2011).	35
Figura 12 – Fasi di un’analisi LCA e possibili applicazioni del metodo.	43
Figura 13 – Analisi di inventario su una singola unità di processo.....	46
Figura 14 – Aree di competenza dei livelli Midpoint ed Endpoint.	51
Figura 15 – Elementi obbligatori e opzionali della fase di analisi degli impatti.	51
Figura 16 – Categorie di danno e categorie di impatto del metodo “Eco-indicator 99”.	57
Figura 17 – “Mixing Triangle” per la valutazione dell’impatto col metodo “Eco-indicator 99”.	57
Figura 18 – Diagramma di flusso del sistema analizzato.	64
Figura 19 – Diagramma di flusso con i confini del sistema in esame.	66

Indice delle tabelle

Tabella 1 – Punteggi della sostenibilità secondo Yakovleva (Yakovleva et al., 2004).....	8
Tabella 2 –Piani d’azione e strategie, divisi per le tre dimensioni della sostenibilità, per il miglioramento della situazione attuale secondo Lehtinen (Lehtinen, 2011).....	8
Tabella 3 –Panoramica sulle emissioni di GHG da parte dell’UE-28 divise per le principali categorie di sorgenti emissive e sink a partire dal 1990 fino al 2012, espresse in CO2-equivalente (milioni di tonnellate).....	9
Tabella 4 – Principali cause di emissione di CH ₄ e N ₂ O in ambito agricolo.	11
Tabella 5 –Statistiche descrittive delle emissioni di gas serra per gli allevamenti considerati nello studio (Shortal and Barnes, 2013).	13
Tabella 6 – Emissioni nazionali di gas serra dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011).....	15
Tabella 7 – Emissioni nazionali di metano dal settore agricoltura dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011).....	16
Tabella 8 – Emissioni nazionali di protossido di azoto dall’agricoltura dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011).	17
Tabella 9 – Stima del rateo di emissione medio di metano legato alla fermentazione enterica dei ruminanti (Seijan et al., 2010).	18
Tabella 10 – Differenti metri di misura per la valutazione delle emissioni di GHG in funzione della produttività.....	20
Tabella 11 – Dati di base utilizzati per le elaborazioni dei menù con la relativa origine e le informazioni circa la tipologia di dato.....	72
Tabella 12 – Composizione del menù di carne locale.	74
Tabella 13 - Composizione del menù di carne non locale.....	76
Tabella 14 - Composizione del menù di pesce locale.	77
Tabella 15 - Composizione del menù di pesce non locale.	78
Tabella 16 - Composizione del menù vegetariano locale.....	79
Tabella 17 - Composizione del menù vegetariano non locale.....	81
Tabella 18 – Specifica dei trasporti per gli alimenti non locali.....	82

Tabella 19 – Specifica delle distanze delle location scelte per i servizi.....	84
Tabella 20 - Specifica delle distanze dei diversi fornitori.....	85
Tabella 21 – Peso degli alimenti utilizzati per ogni menù da attribuire al trasporto dai fornitori alla sede.....	85
Tabella 22 – Risultati della Carbon Footprint delle fasi di produzione degli alimenti e relativo trasporto verso il dispaccio all’ingrosso con i quattro metodi utilizzati.....	86
Tabella 23 - Risultati della Water Footprint delle fasi di produzione degli alimenti e relativo trasporto verso il dispaccio all’ingrosso con i quattro metodi utilizzati.....	88
Tabella 24 – Risultati della Carbon Footprint applicata ai consumi di elettricità e metano della sede centrale (cucina) e del lavaggio, valutata con i quattro metodi utilizzati.....	90
Tabella 25 – Risultati della Water Footprint applicata ai consumi di acqua ed elettricità della sede centrale (cucina) e del lavaggio, valutata con i quattro metodi utilizzati.....	90
Tabella 26 – Risultati della Carbon Footprint relativa ai trasporti divisi nelle tre fasi individuate con il solo metodo ReCiPe.....	94
Tabella 27 – Risultati complessivi della Carbon Footprint relativa ai trasporti ottenuti come somma dei tre precedenti contributi e divisi per i due scenari individuati.....	95
Tabella 28 - Dati utilizzati per il confronto finale tra la Carbon Footprint dei menù e quella dei trasporti, divisi per località, per scenari di trasporto e per tipologia di menù.....	97
Tabella 29 – Dati relativi ai casi più impattanti e a quelli meno impattanti per ogni località considerata.....	103

Indice dei grafici

Grafico 1 – Impatto di diverse tipologie di trasporto su tre categorie di alimenti in funzione della distanza percorsa. I numeri riportati nelle colonne dell’istogramma sono espressi in [gCO2-eq/kg di prodotto] (Barilla Center, 2011).	25
Grafico 2 - Impatto del trasporto aereo su tre categorie di alimenti in funzione della distanza percorsa. I numeri riportati nelle colonne dell’istogramma sono espressi in [gCO2-eq/kg di prodotto] (Barilla Center, 2011).	26
Grafico 3 – Emissione annuale di CO2-eq utilizzando due differenti sistemi di packaging e in funzione dell’ampiezza della rete analizzata (Accorsi et al., 2013).	28
Grafico 4 – Variazione della CO2-eq emessa per la cottura di 500g di pasta in funzione della quantità di acqua usata (Barilla Center, 2011).	36
Grafico 5 - Variazione della CO2-eq emessa per l’utilizzo di un forno elettrico vuoto già in temperatura per 10 minuti in diversi paesi (Barilla Center, 2011).	37
Grafico 6 – Impatti della refrigerazione su due categorie di prodotto (Barilla Center, 2011)	38
Grafico 7 – Rappresentazione grafica della Carbon Footprint delle fasi di produzione degli alimenti e relativo trasporto verso il dispaccio all’ingrosso con i quattro metodi utilizzati.....	87
Grafico 8 – Rappresentazione grafica della Water Footprint delle fasi di produzione degli alimenti e relativo trasporto verso il dispaccio all’ingrosso con i quattro metodi utilizzati.....	89
Grafico 9 - Rappresentazione grafica della Carbon Footprint complessiva relativa ai menù con i quattro metodi utilizzati.	91
Grafico 10 - Rappresentazione grafica della Water Footprint complessiva relativa ai menù con i quattro metodi utilizzati.	92
Grafico 11 - Rappresentazione grafica della Water Footprint complessiva relativa ai menù escludendo il metodo ReCiPe.	93
Grafico 12 – Confronto tra gli scenari 1A e 2A per ogni località considerata.	95
Grafico 13 - Confronto tra gli scenari 1B e 2B per ogni località considerata.	96
Grafico 14 - Confronto tra gli scenari 1C e 2C per ogni località considerata.	96

Grafico 15 – Confronto grafico tra gli impatti degli scenari di trasporto 1A e 2A e i tre menù per ogni località considerata.	98
Grafico 16 - Confronto grafico tra gli impatti degli scenari di trasporto 1B e 2B e i tre menù per ogni località considerata.	99
Grafico 17 - Confronto grafico tra gli impatti degli scenari di trasporto 1C e 2C e i tre menù per ogni località considerata.	100
Grafico 18 – Confronto grafico tra i casi più impattanti e a quelli meno impattanti per ogni località considerata.....	103

SITI INTERNET

- www.europa.eu
- www.minambiente.it
- www.fao.org
- www.oneplanetfood.info
- www.clal.it

CAPITOLO 1

Introduzione

Da molti anni a questa parte, in particolare negli ultimi due decenni, si è sviluppata una sensibilità globale sul tema della sostenibilità e dello sviluppo sostenibile, raggiungendo la consapevolezza della necessità di un equilibrio tra la moltitudine di aspetti coinvolti.

In questo contesto l'alimentazione riveste un ruolo chiave: la necessità di cibo e l'importanza della sua disponibilità rappresenta oggi una delle maggiori problematiche a livello sociale ed economico. Tuttavia la produzione di questo bene primario è tra le principali cause di inquinamento e consumo di risorse a livello globale. Data l'importanza dell'argomento, questo lavoro si propone di effettuare una valutazione preliminare degli impatti ambientali legati a una delle tante attività connesse al settore alimentare, ovvero un servizio di catering.

Lo studio andrà a valutare il contributo, in termini di impatto ambientale, dei principali processi dell'attività in esame. Per analizzare il problema nella sua interezza si è adottato l'approccio di analisi del ciclo di vita (LCA), partendo dalla produzione delle materie prime fino a tutte le attività concernenti il servizio di catering vero e proprio.

Il lavoro di tesi si è articolato nelle seguenti fasi:

- Introduzione al tema della sostenibilità e successivo focus sulla filiera alimentare e i relativi aspetti critici.
- Descrizione della metodologia LCA e delle fasi di cui si compone, analizzando il funzionamento del software SimaPro e alcuni tra gli indicatori più utilizzati.
- Analisi del caso di studio con la specifica delle ipotesi fatte, degli impatti analizzati e degli scenari valutati, con successiva comparazione e discussione dei risultati.

CAPITOLO 2

Alimentazione e sostenibilità

Alimentazione e sostenibilità sono tematiche oggi giorno ampiamente trattate, così come le loro mutue interazioni, ed è per questo che sono molte le organizzazioni di rilievo internazionale che si sono occupate e tutt'ora si occupano di questi argomenti, prima tra tutte la FAO (*Food and Agriculture Organization*). In proposito, il 16 ottobre 2013, in occasione dell'annuale Food Security Day (giornata indetta dalla FAO a partire dal 1981), è stato trattato il tema della sostenibilità dei sistemi produttivi (“Sustainable Food Systems for Food Security and Nutrition”), ponendo l'accento sull'importanza della filiera agroalimentare in previsione di un futuro sempre più difficile.

Nei paragrafi successivi verrà trattato il tema della sostenibilità ambientale: in particolare verrà presentata la sostenibilità nel settore agroalimentare e i principali fattori di impatto che lo caratterizzano.

2.1 Sostenibilità ambientale

Negli ultimi decenni il concetto di sostenibilità è diventato un tema caldo tanto nel campo della ricerca quanto in quello professionale. La definizione di “sostenibilità” più adottata è quella proposta nel Brundtland Report dalla World Commission on Environment and Development: “sviluppo che incontra le necessità del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di incontrare le loro” (UN, 1987). Tale definizione fa emergere l'importanza della qualità dell'ambiente e della conservazione delle risorse naturali (Strong, 1997).

La sostenibilità è caratterizzata da tre dimensioni: quella ambientale, quella economica e quella sociale (Carter e Rogers, 2008) (Figura 1).

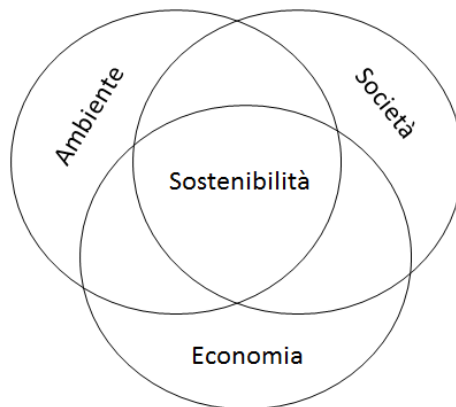


Figura 1 – Le dimensioni della sostenibilità.

Un'analisi completa della sostenibilità deve pertanto inglobare tutte e tre le dimensioni e i bisogni che emergono dagli attori appartenenti a ciascuna di esse. A livello politico, organizzazioni internazionali e regionali perseguono e promuovono strategie volte allo sviluppo sostenibile. In proposito, l'impegno dell'Unione Europea ha dato luce alla pubblicazione di quattro obiettivi chiave (UE, 2006):

- 1- Tutela dell'ambiente;
- 2- Equità sociale e coesione;
- 3- Prosperità economica;
- 4- Assunzione delle nostre responsabilità a livello internazionale.

Il perseguimento di tali obiettivi è supportato dai seguenti principi guida (UE, 2006):

- Promozione e protezione dei diritti fondamentali;
- Solidarietà intragenerazionale ed intergenerazionale;
- Una società aperta e democratica;
- Partecipazione dei cittadini;
- Partecipazione delle imprese e delle parti sociali;
- Coerenza delle politiche e governance;
- Integrazione delle politiche;
- Sfruttamento delle migliori conoscenze disponibili;
- Principio di precauzione;
- Principio "chi inquina paga".

Le direttive emanate dall'Unione Europea vengono poi recepite da ogni singolo stato: nel 2007, per esempio, il governo italiano ha pubblicato il rapporto “*Strategia europea per lo Sviluppo Sostenibile*”, in cui vengono recepite le linee guida individuate dall'UE per lo sviluppo sostenibile e vengono illustrate le relative modalità di attuazione da parte dell'Italia (Consiglio dei Ministri, 2007).

Altri organismi a livello internazionale, come le Nazioni Unite e suoi organismi, hanno trattato il tema facendo emergere il fatto che lo sviluppo sostenibile è ulteriormente minacciato dalle disparità tra il nord e il sud del mondo, sia a livello economico, che sociale, che ambientale. Secondo l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite, il raggiungimento dell'equità a livello globale rappresenta, quindi, un principio fondamentale per uno sviluppo sostenibile: “We have a collective responsibility to uphold the principles of human dignity, equality and equity at the global level. As leaders we have a duty therefore to all the world's people, especially the most vulnerable and, in particular, the children of the world, to whom the future belongs.” (United Nations Millennium Declaration, Paragraph 2, 2000).

2.2 La filiera alimentare

La filiera alimentare rappresenta uno dei punti chiave per lo sviluppo sostenibile. Il grande interesse verso tale settore risiede nel suo stretto legame con temi sociali come la sicurezza alimentare e la disponibilità di tale risorsa per tutti gli abitanti del pianeta, oltre che ai ben noti temi economici che spaziano dall'economia agricola alla disparità economica tra nord e sud del mondo. A sostegno di ciò, si osservino i dati caratterizzanti tale settore nel solo ambito europeo e italiano:

- L'industria degli alimenti e delle bevande è la prima industria di trasformazione dell'Unione Europea con più di 2,6 milioni di lavoratori, secondo una pubblicazione della CIAA (Confederazione delle Industrie degli Alimenti e delle Bevande della Comunità Europea).
- Il settore rappresenta nell'economia europea il 13% della produzione totale e il 12% dell'impiego nel settore manifatturiero. Le aziende di piccole e medie dimensioni sono predominanti: nei paesi dell'area mediterranea le piccole aziende a conduzione familiare sono di primaria importanza (oltre l'80% delle aziende alimentari in Italia e Spagna hanno meno di 50 dipendenti) (CIAA, 2013).

- Nel contesto nazionale il settore alimentare occupa il secondo posto per fatturato totale (al primo posto il settore metalmeccanico), mentre la filiera agroalimentare, dalla produzione alla distribuzione, costituisce la prima filiera economica italiana (ISTAT, 2014), che sul versante estero rappresenta una tra le più diffuse forme di promozione del “Made in Italy”, contribuendo, con un’ampia offerta di prodotti di alta qualità riconosciuta e apprezzata, alla promozione dell’immagine complessiva dell’Italia nel mercato globale.

Oltre a questi aspetti, si consideri la già citata terza dimensione riguardante gli impatti ambientali, che, come si vedrà in seguito, è tutt’altro che trascurabile, soprattutto riferendosi al comparto agricolo.

Per meglio comprendere quanto esposto finora, nei seguenti sottoparagrafi è riportata la descrizione della struttura e della composizione del sistema alimentare.

2.2.1 Composizione e relazioni all’interno della filiera alimentare

La filiera alimentare è composta da quattro step principali: attività agricola, processamento del cibo, distribuzione e consumo. In Figura 2 sono illustrate tali fasi e le interazione tra di esse, nonché le categorie di input/output ad esse associate (Yakovleva et al., 2004).

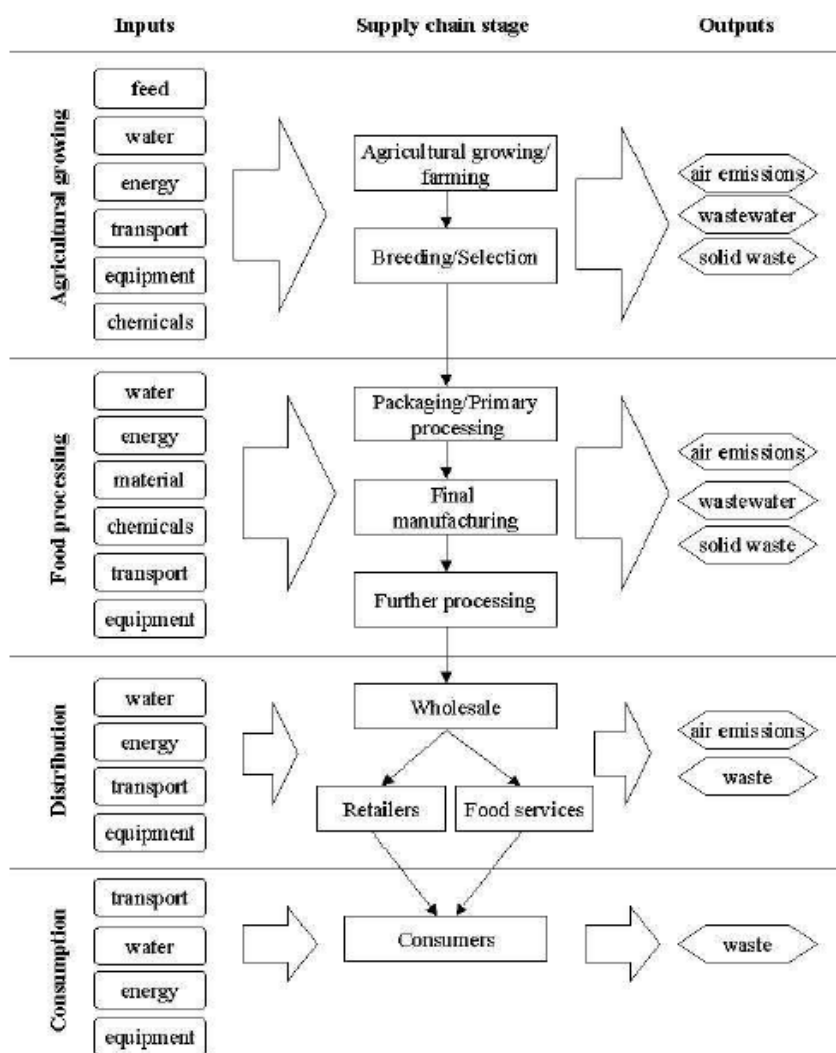


Figura 2 – Principali step della filiera alimentare.

Tale sistema è in realtà frutto di un'enorme trasformazione avvenuta soprattutto negli ultimi tre decenni con l'avvento della globalizzazione, da una parte ci sono risvolti positivi come l'incremento dei controlli sull'origine degli alimenti, sulla loro sicurezza e sui valori nutrizionali, mentre dall'altra bisogna fronteggiare interrogativi sull'etica e la sostenibilità della sua produzione, all'interno di un quadro globale che vede un continuo aumento del numero di consumatori (si prevede che la popolazione mondiale arriverà a 9 miliardi di persone nel 2050) e altri portatori di interessi. Tra le principali problematiche sviluppatasi in questo contesto e per di più legate alla dimensione ambientale, emergono l'enorme dispendio di energia e materiali per il packaging, il consumo di combustibili fossili per la produzione e il trasporto degli alimenti in tutto il mondo, le metodologie di coltivazione e allevamento adottate in agricoltura che includono lo sfruttamento intensivo delle risorse (con conseguente depauperamento quantitativo e qualitativo delle stesse) e gli sprechi alimentari. Per quanto riguarda le altre due

dimensioni della sostenibilità, alcuni tra gli aspetti negativi del sistema agro-alimentare riguardano il calo dei redditi agricoli delle piccole e medie aziende e la perdita di qualità del cibo, soprattutto nell'ambito della grande distribuzione, che va ad influire in maniera diretta sui consumatori in termini di problemi di salute e problemi di accessibilità vera e propria a risorse alimentari sane ed economiche (Post and Mikkola, 2012).

La complessità del sistema e la molteplicità di impatti ambientali, sociali ed economici coinvolti rende complessa la definizione di attività o prodotto agro-alimentare sostenibile. In accordo con “*SUSTAIN: the alliance for better food and farming*” (organizzazione no-profit nel Regno Unito), attualmente non esiste ancora una definizione ufficiale di “alimento sostenibile”, per questo la stessa SUTAIN ha chiaramente formalizzato tre aspetti caratterizzanti un alimento “sostenibile”:

- 3 contribuire a fiorenti economie locali e mezzi di sussistenza sostenibili;
- 4 proteggere la biodiversità di piante e animali (oltre al benessere degli allevamenti e delle specie selvatiche), evitando di danneggiare le risorse naturali e di contribuire così ai cambiamenti climatici;
- 5 fornire prestazioni sociali, come garantire una buona qualità del cibo, prodotti sicuri e salutarì e migliorare l'educazione alimentare (SUSTAIN, 2009).

Per quanto riguarda gli aspetti quantitativi, alcuni studi hanno cercato di misurare la sostenibilità della filiera alimentare (Gail Smith, 2008; Yakovleva et al., 2004). Da questi studi emerge che le metodologie scelte influenzano fortemente i risultati a causa del fatto che essi rappresentano solamente una parziale istantanea di un sistema invece molto complesso e dinamico. Tra i metodi adottati vi sono l'analisi del ciclo di vita (LCA), il conteggio del carbonio (Carbon Footprint), l'impronta ecologica, studi Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP); essi possono includere l'analisi dei flussi di materiale (sia in input che in output al sistema), il chilometraggio percorso dal cibo e la conversione degli impatti ambientali e sociali in termini economici (Gail Smith, 2008). Un esempio a riguardo è uno studio condotto da Yakovleva (Yakovleva et al., 2004) che ha creato un sistema di punteggi di sostenibilità da 1 a 6 attribuiti ai diversi aspetti chiave delle sfere sociale, economica ed ambientale della filiera alimentare distinguendo tra cinque fasi del ciclo di vita di un prodotto alimentare: produzione, processamento, distribuzione, vendita al dettaglio e consumo. I risultati sono riassunti nella Tabella 1.

Tabella 1 – Punteggi della sostenibilità secondo Yakovleva (Yakovleva et al., 2004).

<i>Sustainability Profiles</i>								
System Stage	<i>Parameter: raw scores, 1 to 6 high scores are desirable except for environmental factors</i>							
	Abiotic resource impact	Biotic resource impact	Landscape impact	Share of economic value added	Economic Capital contribution	Employment value	Human welfare contribution (hygiene /health)	Social capital contribution (community maintenance)
Production	5	5	2	3	4	5	1	5
Processing	4	2	3	3	3	3	2	3
Distribution	2	2	3	3	2	3	2	3
Retail	2	2	2	2	2	4	3	4
Consumption	4	2	1	1	1	1	4	4

I vari studi condotti sulla sostenibilità hanno portato a proporre diversi piani d'azione e strategie per il miglioramento del sistema nel suo complesso. Un quadro generale che riassume tali proposte è stato fornito da Lehtinen (Lehtinen, 2011) e lo si può osservare in Tabella 2.

Tabella 2 – Piani d'azione e strategie, divisi per le tre dimensioni della sostenibilità, per il miglioramento della situazione attuale secondo Lehtinen (Lehtinen, 2011).

Dimension of sustainability	Expectations
Ecological	<ul style="list-style-type: none"> Reduce the resource used Reducing environmental effects of transportation, e.g. emissions of air pollutants Reducing specialisation and intensification in agriculture through more diverse local land use Conserving the traditional agricultural landscape Fostering environmentally friendly production methods (organic production, protection of local biodiversity, reduced chemical inputs)
Economic	<ul style="list-style-type: none"> Increasing regional economic growth Reducing prices of seasonal products Creating employment opportunities Raising the income for farmers and food manufacturers Reducing local dependencies on external market forces and reducing market power of processing and distribution businesses Changing consumption patterns
Social	<ul style="list-style-type: none"> Keeping agricultural production and small manufacturing enterprises in the region by creating productivity employment Conserving traditional production techniques and consumption patterns (cultural identity) Creating small and manageable structures Increasing awareness about environmental and social effects of consumption (the "embeddedness-effect") Raising levels of social justice locally and internationally Increasing community power and personal relationships Increasing security and safety of food supply Improving work safety Increasing the job satisfaction of farmers and processors Improving personal wellbeing by providing healthier, more nutritional, fresher and better tasting food

2.3 Agricoltura e sostenibilità

Nell'ambito della sostenibilità, l'agricoltura assume un ruolo preponderante a causa della sua importanza a livello socio-economico (nei paesi poveri è spesso il settore trainante l'economia e conta un elevato numero di addetti) e del suo elevato contributo rispetto agli impatti ambientali imputabili alla filiera alimentare. Secondo il rapporto "Agricultural Outlook" frutto del lavoro di FAO e OCSE (*Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico*) (FAO, OCSE, 2012), in previsione di un futuro in cui la popolazione mondiale continuerà ad aumentare, la produzione agricola dovrà crescere del 60% nei prossimi 40 anni e per questo i governi devono spingere per adottare pratiche agronomiche migliori basandosi sul concetto della sostenibilità. Come ha dichiarato Angel Gurría, Segretario Generale dell'OCSE, *"L'aumento della produttività, la crescita eco-sostenibile e i mercati più aperti saranno elementi essenziali per riuscire a soddisfare il fabbisogno alimentare e nutrizionale delle generazioni future. I governi dovrebbero rinunciare a pratiche che distorcono il commercio e creare invece un ambiente favorevole per lo sviluppo di un'agricoltura fiorente e sostenibile, basata su una migliore produttività. Abbiamo evidenziato molte di queste problematiche nel nostro lavoro sulla sicurezza alimentare per il G20 e l'Outlook prevede ulteriori importanti analisi e raccomandazioni ai governi"*.

Nel rapporto tecnico "Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014" sviluppato dalla *European Environmental Agency* è invece possibile osservare come il settore agricolo, comparto chiave della filiera alimentare, sia il secondo settore a livello europeo per emissioni di GHG, preceduto solo da quello energetico (Tabella 3). Buona parte di queste emissioni (in letteratura sono proposti dati molto variabili, da circa un quarto a più della metà), inoltre, sono associate alla sola produzione di carni e latticini (incluso la produzione dei mangimi per gli animali).

Tabella 3 – Panoramica sulle emissioni di GHG da parte dell'UE-28 divise per le principali categorie di sorgenti emissive e sink a partire dal 1990 fino al 2012, espresse in CO₂-equivalente (milioni di tonnellate).

GHG source and sink	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1. Energy	4 325	4 058	4 004	4 103	4 107	4 044	3 961	3 678	3 783	3 642	3 604
2. Industrial processes	462	441	394	403	401	412	388	324	335	332	321
3. Solvent and other product use	17	14	14	12.288	12	12	11	10	11	10	10
4. Agriculture	617	533	521	493	490	490	489	478	475	475	469
5. Land use, land-use change and forestry	- 258	- 291	- 302	- 304	- 333	- 268	- 328	- 334	- 312	- 311	- 304
6. Waste	206	207	190	166	164	160	156	152	147	144	141
7. Other	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (with net CO ₂ emissions/removals)	5 368	4 963	4 819	4 874	4 840	4 850	4 679	4 309	4 439	4 292	4 241
Total (without LULUCF)	5 626	5 253	5 122	5 178	5 173	5 119	5 006	4 642	4 751	4 603	4 544

Il fatto che tali emissioni siano seconde solo al settore energetico è anche frutto della complessità del sistema agricolo. Sono infatti molti gli aspetti da considerare in questo settore per avere un quadro completo della situazione: una pubblicazione da parte della Royal Society (2009) ha cercato di mettere in luce tutte le sfaccettature che rendono il sistema agricolo così complesso. Dal risultato sintetizzato in Figura 3, emerge la necessità di un'interazione tra scienza e tecnologia con le sfere sociale, economica ed ambientale nel perseguimento della sostenibilità nella sua totalità.

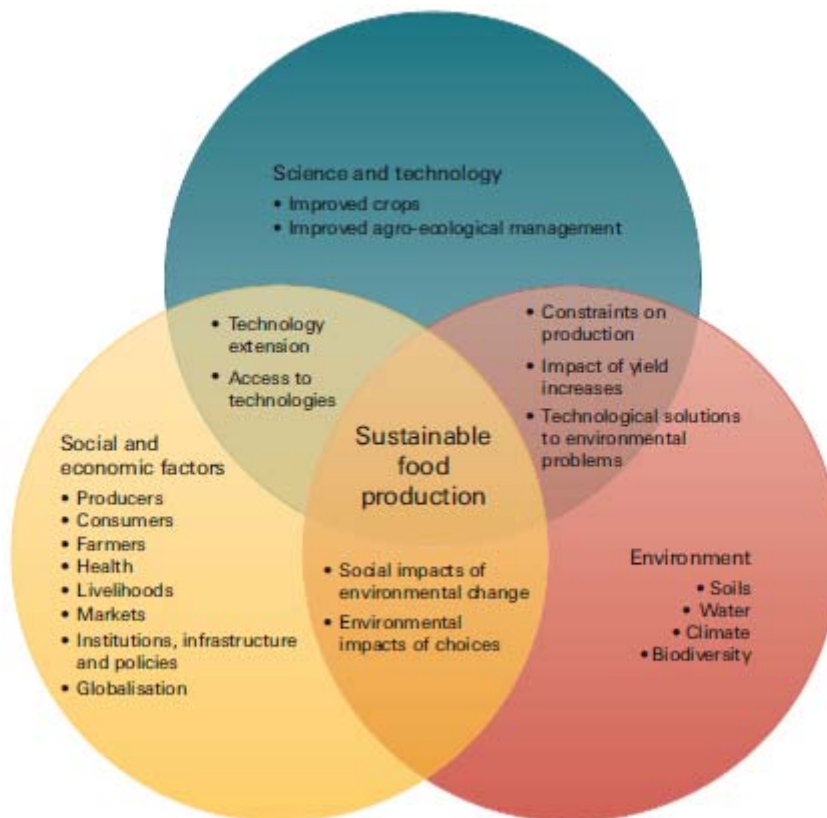


Figura 3 – Complessità del sistema agroalimentare.

Nel seguito del presente capitolo saranno analizzati nel dettaglio molti degli aspetti che costituiscono il settore agro-alimentare, sia dal punto di vista processuale che ambientale. Verranno investigate le cause delle emissioni di gas serra e le relative possibilità di intervento per ridurle. Verranno considerati i sistemi di allevamento intensivi ed estensivi analizzando la questione dell'emissione di metano da parte dei ruminanti e osservando i punti di forza e le debolezze dei due sistemi. Si analizzerà poi la tematica del trasporto, confrontando modelli di produzione locale e globale per far luce sull'effettiva influenza di tale aspetto sul sistema nel suo complesso. Verrà quindi trattata la questione del packaging, i cui impatti possono anche

superare quelli della produzione del prodotto a cui viene applicato. Si discuterà infine delle questioni riguardanti gli sprechi alimentari e il consumo di suolo.

2.3.1 L'emissione di GHG in agricoltura

Tra le principali problematiche ambientali il cambiamento climatico dovuto all'emissione di gas serra (GHG, dall'inglese Green-House Gases) è il più sentito a livello globale. Le attività del settore agricolo risultano tra i principali responsabili dell'emissione di alcuni dei GHG sono così riassumibili (Garnett, 2011):

- Protossido di azoto (N_2O): derivante dai processi di uso del suolo e dal bestiame (letame, urina e utilizzo di fertilizzanti azotati);
- Metano (CH_4): prodotto dalle attività di allevamento (ad es. la fermentazione enterica), dalla coltivazione del riso e dai suoli anaerobici;
- Biossido di carbonio (CO_2): derivante dall'utilizzo di combustibili fossili per i macchinari, dalla produzione di fertilizzanti sintetici e, anche se in misura minore, dalla combustione delle biomasse. Un ulteriore contributo anche quantitativamente considerevole è legato ai cambiamenti di uso del suolo.

Il contributo maggiore al riscaldamento del pianeta nel caso del settore analizzato è costituito dal metano e dal protossido di azoto, le cui cause di produzione principali sono specificate in Tabella 4.

Tabella 4 – Principali cause di emissione di CH_4 e N_2O in ambito agricolo.

METANO (CH_4)	PROTOSSIDO DI AZOTO (N_2O)
<ul style="list-style-type: none"> - Emissione enterica dei ruminanti, dovuta alla fermentazione anaerobica nel rumine (il secondo stomaco), vera e propria digestione con produzione di biogas ed altri gas climalteranti; - Emissione dovuta alla fermentazione del letame e del liquame nel corso della stabulazione, soprattutto quando la ridotta superficie agraria dell'azienda non permette l'applicazione immediata dei reflui sul terreno, sottoponendo la massa alla degradazione microbica anaerobica; - Emissione dalle risaie in quanto le sostanze organiche al suolo si decompongono in ambiente anaerobico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Stoccaggio delle deiezioni, sia in forma liquida che in forma solida; - Emissioni dirette dai suoli agricoli dovute alla somministrazione di azoto da diverse fonti tra cui i reflui zootecnici e le emissioni da animali al pascolo; - Emissioni indirette dovute alle deposizioni di NH_3 e NO_x e ai fenomeni (prevalentemente denitrificazione) che interessano le forme azotate, anche di origine zootecnica, presenti nelle acque superficiali e nei primi strati del suolo.

Si osservi in Figura 4 (Garnett, T., 2011) il contributo alle emissioni di gas serra nei diversi comparti della filiera alimentare: nella metà di sinistra sono illustrati i contributi del settore agricolo, in cui sono incluse le emissioni, difficili da quantificare, dovute ai cambiamenti di uso del suolo indotti dal settore agricolo stesso; nella parte destra sono invece illustrati i contributi alle emissioni di gas serra legati alle attività che avvengono oltre il “cancello” del settore agricolo.

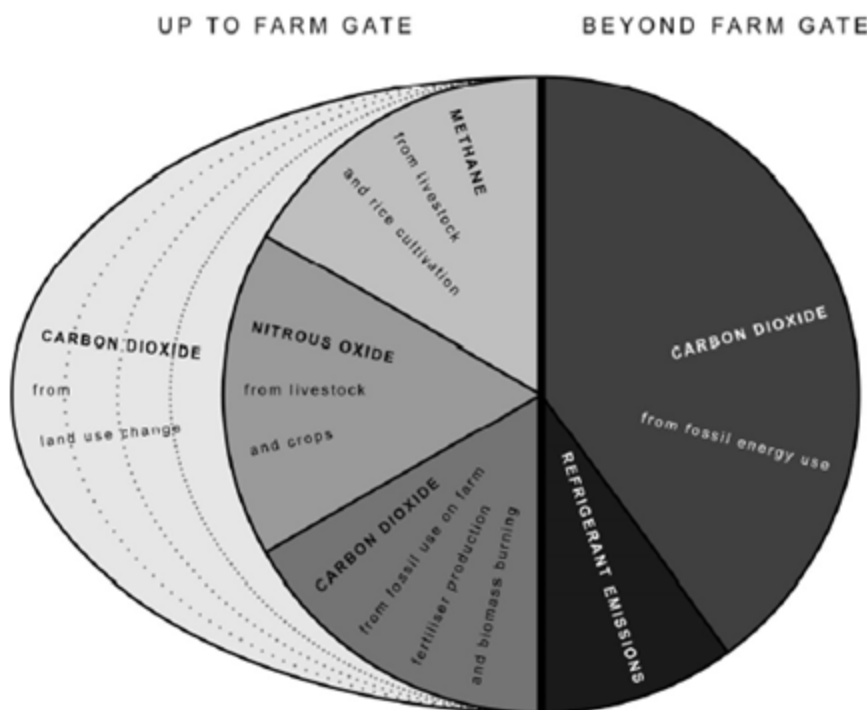


Figura 4 – Impatti della catena alimentare e distribuzione dei relativi gas prodotti (le proporzioni del prolungamento a sinistra, legato ai cambiamenti di uso del suolo, sono a solo scopo illustrativo e non rispecchiano proporzioni reali).

Uno studio condotto nel Regno Unito (Shortall and Barnes, 2013) ha scorporato i diversi contributi alle emissioni annuali di GHG totali per un allevamento di mucche da latte. Lo studio è stato condotto effettuando un sondaggio su un campione di 200 aziende che avessero come requisiti un numero minimo di bovini (almeno 50 capi) e una certa posizione geografica, ovvero il distretto Parish nel Sud-Ovest della Scozia. Di queste 200 aziende in 61 hanno risposto al sondaggio e i dati sono stati utilizzati per ottenere i risultati in Tabella 5:

Tabella 5 – Statistiche descrittive delle emissioni di gas serra per gli allevamenti considerati nello studio (Shortal and Barnes, 2013).

Variable	Unit	Mean	Standard deviation
Total GHG emissions	tonnes CO ₂ -equiv.	742.3	530.7
GHG enteric fermentation	tonnes CO ₂ -equiv.	307.6	144.7
GHG manure management	tonnes CO ₂ -equiv.	119.5	58.7
GHG soil management	tonnes CO ₂ -equiv.	160.7	86
GHG fuel	tonnes CO ₂ -equiv.	52.9	300.6
GHG fertiliser production	tonnes CO ₂ -equiv.	35.8	27.7
GHG concentrate production	tonnes CO ₂ -equiv.	63.1	44.6
GHG electricity use	tonnes CO ₂ -equiv.	3.9	1.3

È interessante osservare come la media delle emissioni legate alla fermentazione enterica dei bovini è nettamente superiore a tutti gli altri contributi, mentre la media dell'emissione di GHG legata all'utilizzo di combustibili fossili costituisce solamente un sesto del sopracitato contributo; c'è da sottolineare, però, l'esistenza di una grande variabilità da caso a caso.

Date le principali cause di emissione di GHGs lungo la filiera agro-alimentare, le opzioni di mitigazione proposte in letteratura sono riassumibili in cinque azioni (Garnett, T., 2011):

1. *Migliorare la rimozione del carbonio*: sono necessarie misure come ad esempio ripristinare suoli degradati e la riforestazione;
2. *Ottimizzare l'uso dei nutrienti*: fornire alle coltivazioni apporti corretti di fertilizzanti organici e inorganici e con le giuste tempistiche per ridurre al minimo il rischio di contaminazione dei corpi idrici; incorporare legumi azoto-fissanti nei cicli di rotazione;
3. *Migliorare la produttività mantenendo le emissioni costanti*: approcci che incrementano il rendimento della produzione alimentare per unità di emissione generata, con particolare attenzione a colture e allevamenti, ottimizzazione di mangimi e additivi alimentari, gestione dei parassiti e delle malattie.
4. *Migliorare la gestione degli output*: sono inclusi letame e biomasse vegetali, rispettivamente usati per digestione anaerobica e compostaggio.
5. *Ridurre l'intensità di uso del carbonio* associata ai carburanti, attraverso il miglioramento dell'efficienza energetica e l'utilizzo di fonti alternative come le biomasse, il biogas, l'energia eolica e solare.

Tra tali opzioni, l'ultima è la più facilmente applicabile con l'ottenimento di buoni risultati. Anche l'opzione (2) è ampiamente accettata e adottata, anche se spesso criticata: i sostenitori

dell'agricoltura biologica mettono invece in dubbio l'utilità di fertilizzanti inorganici (Soil Association, 2010) e alcuni studi contestano i benefici della coltura dei legumi azoto-fissanti (Thorburn et al., 2010). Ottimizzare la gestione degli output può andare incontro invece alle preoccupazioni sul benessere degli animali negli allevamenti, in quanto la raccolta del letame è, ad esempio, più semplice nel caso di spazi confinati piuttosto che nelle vaste aree in cui si pratica l'allevamento estensivo.

Il maggiore potenziale è dato dalle due opzioni rimanenti, ovvero la (1) e la (3), che sono anche un buon compromesso sia di carattere ambientale, che etico, che sociale. Circa l'incremento del carbonio sequestrato nei suoli, l'IPCC, nel suo rapporto del 2004, ha stabilito che le attività in grado di sequestrare carbonio nel suolo offrono un vasto potenziale per la mitigazione delle emissioni del settore agricolo. È stato stimato che le emissioni agricole possono tecnicamente essere ridotte o compensate di circa 5500-6000 MtCO₂eq/yr (con un potenziale economico variabile tra 1500 e 4300 MtCO₂eq/yr, dipendente dal prezzo teorico del carbonio) (Smith et al., 2007); di questo potenziale, l'89% è raggiungibile attraverso le attività di sequestro di carbonio nei suoli, aventi luogo per gran parte nei paesi in via di sviluppo. Per avere un'idea delle cifre, le emissioni di GHG annuali direttamente associate al settore agricolo si attestano attorno ai 5100-6100 MtCO₂eq/yr, ovvero un 10-12% delle emissioni globali; in tale conteggio, tuttavia, non rientrano l'uso di combustibili fossili, la produzione di fertilizzanti e il cambio d'uso dei terreni (Smith et al., 2007); tenendo conto anche di tali fattori la percentuale crescerebbe notevolmente, arrivando fino al 30% (Bellarby et al., 2008). Le attività di sequestro, tuttavia, possono avere anche un effetto opposto a quello desiderato. Si pensi ad esempio di convertire un campo, precedentemente coltivato, in un terreno su cui crescerà erba o una foresta allo scopo di sequestrare CO₂; ciò potrebbe comportare una coltivazione più intensiva dei terreni circostanti per compensare ciò che è venuto a mancare con la dismissione di quel terreno (con possibili aumenti delle emissioni di GHG) o, più semplicemente, portare alla coltivazione di un nuovo terreno in un'altra zona, il che significherebbe solamente spostare il problema.

Tutto ciò porta a concludere che il contributo delle azioni volte al sequestro del carbonio può risultare importante, ma la riduzione della causa scatenante il fenomeno del cambiamento climatico, ovvero la dipendenza odierna dalle fonti fossili e l'elevata intensità delle attività produttive, va comunque perseguita.

L'ultimo aspetto è il miglioramento della produttività, inteso sia come minimizzazione della necessità di suolo, sia come riduzione delle emissioni di GHG per unità di prodotto ottenuto. L'aumento di resa delle colture può sicuramente apportare benefici in questo senso, tuttavia può essere causa di altri problemi: aumentare la resa delle coltivazioni più commercializzate può portare all'emarginazione delle colture minori ma ampiamente utilizzate dai piccoli agricoltori nelle zone povere del pianeta (IAASTD, 2009; Lobell et al., 2008); una eccessiva enfaticizzazione di poche colture chiave ridurrebbe inoltre la biodiversità del settore agricolo, che, in ultimo, potrebbe diventare anche più vulnerabile a parassiti e malattie e alle variazioni dei prezzi di mercato.

- La situazione italiana

Rispetto a quanto visto a livello globale, le emissioni del settore agricolo in Italia sono mediamente inferiori: secondo i dati elaborati e comunicati ufficialmente dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) alla Convenzione sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) del 2007, l'agricoltura è responsabile del 10,2% delle emissioni nazionali totali (ISPRA 2011). Non si tratta quindi di una percentuale molto inferiore rispetto alla media globale e si avvicina molto alle emissioni del settore industriale. Il principale emettitore in Italia è il settore energetico che, come si può osservare in Tabella 6, è responsabile della maggior parte delle emissioni in termini di CO₂eq.

Tabella 6 – Emissioni nazionali di gas serra dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011).

<i>Fonti di emissioni e degli assorbimenti dei gas serra</i>	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
	CO ₂ equivalente (Gg)							
1. Energia	418.545	431.380	450.764	473.538	468.311	458.519	450.802	406.743
2. Processi industriali	37.673	35.111	35.315	41.108	36.590	37.144	34.286	29.940
3. Solventi e altri prodotti	2.455	2.235	2.302	2.139	2.141	2.104	1.998	1.862
4. Agricoltura	40.623	40.435	40.044	37.289	36.695	37.311	35.950	34.481
5. LULUCF	-61.795	-79.924	-78.891	-90.542	-96.965	-73.310	-92.828	-94.671
6. Rifiuti	19.861	20.790	23.215	20.819	20.175	19.491	18.713	18.094
7. Altri	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
TOTALE (inclusando LULUCF)	457.362	450.027	472.749	484.351	466.947	481.259	448.921	396.449
TOTALE (escluso LULUCF)	519.157	529.951	551.640	574.893	563.911	554.569	541.749	491.120

Nota: NA= non applicabile

Se si osservano però i dati relativi al metano si evince come l'agricoltura sia uno dei principali emettitori insieme al settore dei rifiuti. Il metano di origine agricola rappresenta infatti il 40%

del totale e tali emissioni sono associate quasi totalmente al settore zootecnico. La fermentazione enterica è responsabile del 71% di queste emissioni di CH₄, mentre un 19% è a carico delle deiezioni (ISPRA, 2011). In Tabella 7 si possono osservare i quantitativi in esame, in cui: 4 A rappresenta la fermentazione enterica, 4 B la gestione delle deiezioni animali, 4 C la coltivazione del riso e 4 F la combustione dei residui agricoli.

Tabella 7 – Emissioni nazionali di metano dal settore agricoltura dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011).

Anni	CRF 4 A	CRF 4 B	CRF 4 C	CRF 4 F	TOTALE
					Gg
1990	579,93	164,86	74,39	0,62	819,80
1991	592,81	164,82	71,09	0,68	829,39
1992	574,81	158,67	73,86	0,66	807,99
1993	568,74	158,32	77,48	0,64	805,18
1994	573,87	153,34	79,22	0,64	807,07
1995	584,15	156,48	78,90	0,62	820,15
1996	586,80	156,90	77,27	0,64	821,62
1997	589,39	156,26	76,91	0,57	823,14
1998	585,33	157,94	72,99	0,64	816,91
1999	591,84	159,48	71,27	0,62	823,22
2000	579,30	156,10	65,80	0,58	801,77
2001	540,01	159,19	65,80	0,53	765,53
2002	525,27	155,42	67,63	0,60	748,91
2003	526,52	154,89	69,69	0,55	751,65
2004	515,89	150,14	73,05	0,67	739,75
2005	516,24	149,93	70,11	0,62	736,90
2006	506,01	144,20	70,32	0,60	721,12
2007	524,93	145,43	72,52	0,61	743,50
2008	520,04	140,99	66,48	0,65	728,16
2009	513,30	137,41	75,17	0,60	726,48

Analogo discorso può essere fatto per il protossido di azoto: nel 2009 la filiera agricola è stata responsabile del 56% del totale di tali emissioni a livello nazionale (ISPRA, 2011). In questo caso il 20% circa proviene dalla gestione delle deiezioni, mentre l'80% (4 D) deriva dalle emissioni dei suoli agricoli. In Tabella 8 i dettagli anche per queste emissioni.

Tabella 8 – Emissioni nazionali di protossido di azoto dall'agricoltura dal 1990 al 2009 (ISPRA, 2011).

Anni	CRF 4 B	CRF 4 D	CRF 4 F	TOTALE
	Gg			
1990	12,65	62,84	0,013	75,51
1991	12,63	64,79	0,014	77,43
1992	12,09	65,12	0,014	77,22
1993	11,98	66,39	0,013	78,38
1994	11,93	64,67	0,013	76,62
1995	12,20	62,66	0,013	74,88
1996	12,34	61,60	0,013	73,95
1997	12,44	64,86	0,012	77,31
1998	12,70	62,65	0,013	75,36
1999	12,89	63,20	0,013	76,10
2000	12,46	62,39	0,012	74,86
2001	12,91	61,38	0,011	74,30
2002	12,42	60,72	0,013	73,15
2003	12,33	60,15	0,012	72,49
2004	11,98	60,34	0,014	72,34
2005	11,96	58,39	0,013	70,37
2006	11,61	57,89	0,013	69,52
2007	12,19	57,79	0,013	69,99
2008	12,18	54,45	0,013	66,64
2009	12,14	49,87	0,013	62,02

Un'altra importante considerazione sui dati mostrati nelle sopracitate tabelle è il fatto che dal 1990 al 2009 le emissioni relative al settore agricolo hanno subito un costante calo: in particolare, il metano ha subito una riduzione dell'11,4% nel periodo considerato.

L'ISPRA ha inoltre registrato i dati sul metano prodotto dalle fermentazioni enteriche disaggregati per categorie animali. È risultato che nel 2009 il 78% delle emissioni è stato determinato dagli allevamenti bovini (41% da vacche da latte e 37% da altri bovini). Tale risultato, sempre secondo ISPRA, è giustificato sia dall'elevato fattore di emissione utilizzato per le vacche da latte (nel 2009 pari a 113 kg/capo/anno) sia dalla loro consistente popolazione, che nel 2009 era pari a quasi 1,9 milioni di capi. La riduzione delle emissioni dal 1990 è legata anche alla diminuzione del numero di capi, che al 2009 risulta pari al 29% per le vacche da latte e pari al 17% per gli altri bovini.

2.3.2 Allevamenti intensivi ed estensivi

Nel 2009 la FAO ha valutato che circa l'80% dei terreni utilizzati in agricoltura è dedicato all'allevamento, attività che genera, inoltre, la gran parte delle emissioni di GHG agricole. È quindi evidente che migliorare la resa di tale settore, sia per unità di area che di emissioni di GHG, porterebbe a benefici sia di carattere ambientale che commerciale.

Uno dei problemi maggiori dell'allevamento di ruminanti è proprio la grande emissione di metano: tali emissioni sono stimate essere attorno al 30% delle emissioni di CO₂eq legate al bestiame (FAO, 2006). Sarebbe quindi auspicabile un'azione prioritaria nell'abbattimento nel breve termine delle emissioni di gas metano e altri gas caratterizzati da una breve vita atmosferica, in quanto essi presentano un elevato *global warming potential* nei primi anni di vita (Moore and MacCracken, 2009; Ramanathan and Xu, 2010). A livello quantitativo si è osservato come le emissioni dei ruminanti differiscano non solo da specie a specie, ma anche a seconda della loro dieta, il che comporta differenze di emissioni tra gli allevamenti nei paesi sviluppati e quelli in via di sviluppo (Tabella 9).

Tabella 9 – Stima del rateo di emissione medio di metano legato alla fermentazione enterica dei ruminanti (Seijan et al., 2010).

Animal Type	Region/Countries	Methane emission rate (g/animal/day)
Cattle	Developed	150.7
	Developing	95.9
Sheep	Developed	21.9
	Developing	13.7
Buffalo	---	13.7
Goat	---	13.7

Una delle possibili pratiche per ridurre le emissioni del bestiame è, quindi, il miglioramento dell'alimentazione e l'utilizzo di specifici agenti o additivi alimentari, facendo attenzione al corretto bilanciamento tra proteine, amidi e fibre e riducendo la quantità di foraggio. Questo perché la frazione di cibo convertita in metano diminuisce all'aumentare della qualità e dell'ingestione di cibo. L'efficienza di conversione del cibo è quindi migliorata quando gli animali ingeriscono mangimi più concentrati e il loro tasso di crescita aumenta, raggiungendo prima il peso per il macello e producendo quindi meno emissioni. Risultati simili si possono ottenere anche aggiungendo additivi del foraggio, come oli e semi oleosi, che ne aumentano il contenuto energetico e favoriscono la digestione delle fibre, oppure utilizzando foraggio con minor contenuto di fibre e un maggior contenuto di carboidrati. Tuttavia, mirare esclusivamente alla maggiore resa possibile può diventare controproducente per l'aumentare di problemi di

salute degli animali: si potrebbero, ad esempio, verificare alti tassi di infertilità e mortalità, che di fatto andrebbero ad azzerare i vantaggi ottenuti in termini di minori emissioni di GHG. Per questi motivi, si ribadisce l'importanza e la necessità di trovare un punto di equilibrio tra la produttività, gli altri obiettivi di allevamento e le problematiche ambientali.

Le attività di allevamento possono essere classificate in due categorie principali: estensive e intensive. Gli allevamenti estensivi, tipicamente di animali ruminanti, hanno un minore impatto ambientale rispetto ai sistemi intensivi se le emissioni vengono rapportate all'area utilizzata per l'allevamento, tuttavia l'impronta risulta essere maggiore se la si valuta rispetto all'unità di prodotto finale. Se ben gestita, la pastorizia del bestiame potrebbe portare benefici all'ambiente, come il mantenimento di un ecosistema sano e della biodiversità. Alcune ricerche hanno suggerito come i sistemi di pascolo potrebbero incrementare il sequestro del carbonio nel suolo (Allard et al., 2007; Leibig et al., 2010); tuttavia esistono altri studi discordanti da questa teoria (Gill et al., 2010) e ciò che risulta è che qualsiasi possibile beneficio sarebbe comunque limitato nel tempo. Sebbene gli allevamenti estensivi potrebbero portare a una maggiore efficienza nell'uso delle risorse e a benefici all'ecosistema, tali aspetti sarebbero effettivamente positivi solo in uno scenario statico che non considera la continua crescente domanda di carni e che presupporrebbe una sempre corretta gestione del sistema. Tutto ciò, però, non rispecchia lo stato reale delle cose, in cui si ha uno scenario in continua evoluzione e negli ultimi decenni il maggior consumo di prodotti di origine animale ha portato ad una continua deforestazione, alla degradazione dei suoli adibiti a pastorizia (causando perdita di carbonio) e a minacciare il mantenimento della biodiversità. Sono queste le motivazioni che hanno fatto emergere una nuova questione, ovvero se non sia necessario un vero e proprio cambiamento nelle abitudini di consumo.

Per quanto concerne gli allevamenti intensivi, oltre a un minor utilizzo di suolo rispetto a quelli estensivi, l'adozione di mangimi più ricchi di nutrienti rispetto al foraggio riduce ulteriormente l'uso di suolo a parità di quantità di nutrimento, e conseguentemente si riducono le relative emissioni di GHG (in particolare di metano). Essi sono tuttavia associati ad altri problemi ambientali quali l'inquinamento di suoli e acque, oltre a destare preoccupazioni circa il benessere degli animali allevati; questo include non solo problemi di carattere fisiologico come la zoppia e l'infertilità, ma anche disordini comportamentali e l'incapacità di esprimere un comportamento naturale (Fraser, 2008; Pew Commission, 2009). Giustificare la maggiore

produzione intensiva con la minore emissione di gas serra porta quindi a inevitabili e serie questioni etiche che non possono essere ignorate.

Gli allevamenti di suini e avicoli, tipicamente intensivi, richiedono quindi meno terreno e producono meno emissioni rispetto a quelli di ruminanti per via della loro migliore efficienza di conversione del cibo, producendo quantitativi di metano praticamente trascurabili. Inoltre, questi hanno anche tassi di crescita e di riproduzione molto più veloci, favorendo una rapida introduzione di tratti genetici favorevoli. Per quanto visto sin'ora, l'allevamento di animali monogastrici risulta quindi più efficiente e redditizio e negli ultimi anni c'è stata una rapida crescita e consumo di prodotti da allevamenti di questo tipo e si prevede che tale trend di crescita continuerà nei prossimi anni: secondo quanto detto precedentemente, quindi, questa tendenza dovrebbe portare ad una riduzione delle emissioni di gas climalteranti (FAO, 2009).

Le considerazioni fatte portano quindi a riflettere sulle possibili strade da prendere ai fini della sostenibilità. Un aiuto decisionale potrebbe arrivare da una misura concreta della produttività degli allevamenti, che si appoggia all'analisi LCA. L'approccio dominante con questa metodologia è quello di misurare il volume di CO₂eq emesso per massa di prodotti di origine animale ottenuti (Garnett, 2011). Ci sono tuttavia altre possibili vie per misurare la produttività; in Tabella 10 si riportano alcune di queste possibilità e per ognuna di esse viene suggerito come la diversa metrica adottata porta a risultati che favoriscono differenti sistemi o tipologie di allevamento.

Tabella 10 – Differenti metri di misura per la valutazione delle emissioni di GHG in funzione della produttività.

	Comments
<i>Quantity based</i>	
kg CO ₂ eq/kg product	Mainstream metric – favours intensive monogastric production
kg CO ₂ eq/kg protein, iron, calcium, fatty acid profile and so forth	Depends on nutrient: iron and calcium metric may favour ruminants; grass-fed ruminants may have better Omega 3-6 ratios than cereal fed animals (Aurousseau et al., 2004; Demirel et al., 2006); protein as metric will favour intensive monogastrics
kg CO ₂ eq/kg food and non-food goods provided (leather, wool, feathers, dung, traction)	Variable; on balance likely to favour ruminants
<i>Area based</i>	
kg CO ₂ eq per area of land	Emissions lower for extensive systems and for monogastrics
kg CO ₂ eq per area of prime arable land required	Emissions lower for extensive systems, both ruminant and monogastric
<i>Resources based</i>	
kg CO ₂ eq/kg of fossil fuel based inputs	Emissions lower for extensive systems, both ruminant and monogastric
kg CO ₂ eq avoided through use of byproducts or poor quality land to rear livestock; this approach quantifies the GHG and land opportunity cost of needing to obtain an equivalent quantity of nutrition from elsewhere	Favours extensive systems and particularly landless household pig and poultry reliant on scraps
kg edible output per given quantity of ecosystem services provided on farmed land	Favours extensive ruminant systems
kg edible output per given area of land 'spared' for conservation or biomass production	Favours intensive systems, especially monogastrics

La scelta della metrica, combinata a differenti assunzioni circa il trend della domanda, può dare origine a conclusioni diverse. Se la crescita della domanda per i prodotti di origine animale viene vista come inevitabile, allora la priorità sarà quella di produrre il massimo output possibile al minimo costo in termini di GHG emessi: in tal caso il problema è ridurre al massimo gli impatti degli allevamenti e la soluzione più logica sembrerebbe quella di sfruttare maggiormente allevamenti intensivi di animali monogastrici a discapito dei ruminanti. Se invece la domanda dei consumatori viene vista come possibilmente mutabile (intendendo anche un vero e proprio cambio nelle abitudini alimentari), allora si aprirebbero diverse vie, in cui gli allevamenti potrebbero contribuire in maniera benefica all'agricoltura sostenibile. Questo punto di vista darebbe maggiore importanza agli animali da pascolo e all'alimentazione di suini e pollame con sottoprodotti per ottimizzare l'uso delle risorse. In questo caso gli allevamenti vengono quindi visti come una risorsa benefica piuttosto che come un problema da gestire, tenendo conto tuttavia che i quantitativi di carne e latticini ottenibili sarebbero nettamente inferiori.

Concludendo, nell'ambito delle emissioni in atmosfera a carico del comparto zootecnico, ci sono le condizioni per una consistente riduzione delle emissioni, invertendo su più fronti:

- Il numero di capi di bestiame deve essere adeguato alle superfici disponibili. In tale ambito, ad esempio, la gestione sostenibile dei pascoli contribuisce a ridurre le emissioni legate all'allevamento. Tra le possibili misure rientrano la prevenzione del sovrapascolo e la rotazione dei terreni adibiti all'alimentazione del bestiame. In questo modo non si pregiudica, ma, anzi, si sviluppa ulteriormente la funzione di assorbimento del carbonio, prevenendo, altresì, l'erosione del suolo nei pascoli;
- le razioni di cibo somministrate al bestiame dovrebbero essere oggetto di specifica attenzione e riconsiderate al fine di ridurre la formazione di metano nell'apparato digerente dei ruminanti, senza per questo rallentare la produzione. Migliorando l'alimentazione e la produttività del bestiame è possibile ridurre le emissioni legate all'allevamento degli animali da latte;
- anche la selezione genetica, rivolta a razze bovine, ovine e caprine, con l'ottenimento di animali in grado di emettere metano in modo ridotto, è un potente strumento per migliorare l'impatto ambientale dovuto alle emissioni di gas climalteranti;

- lo sviluppo di impianti di biogas per la produzione di energia dai reflui zootecnici contribuisce in modo determinante alla riduzione delle emissioni di metano nel rispetto dei criteri di economicità e di gestione sostenibile. La tecnologia necessaria per lo sfruttamento di tale consistente potenzialità è già matura e disponibile;
- le indicazioni sulle etichette della carne del tipo di produzione utilizzato può costituire un ausilio per le scelte dei consumatori, indirizzandoli il più possibile verso sistemi produttivi più sostenibili dal punto di vista ambientale.

2.3.3 Produzione locale e globale

Negli ultimi anni è emersa una maggiore attenzione da parte di alcuni paesi come il Regno Unito, gli USA, il Giappone e i Paesi scandinavi nei confronti dell'approvvigionamento alimentare. In particolare, si ritiene che per il perseguimento della sostenibilità debbano essere favoriti prodotti locali e di stagione (Lehtinen, 2011). Una catena di approvvigionamento locale viene infatti vista come una reale ed efficace alternativa a quella globale, in quanto permette di risparmiare energia, di ridurre i chilometri associati al trasporto degli alimenti e di conservare valore economico nell'ottica di un'economia locale (Ilbery and Maye, 2005).

Tale situazione nasce da una crescente presa di consapevolezza del fatto che la globalizzazione ha portato con se non solo benefici ma anche aspetti negativi, che verranno analizzati nel seguito del presente capitolo. È doveroso prima di tutto definire ciò che si intende per "globalizzazione". In letteratura si possono trovare diverse definizioni e una delle più utilizzate la definisce come l'intensificazione delle interconnessioni sociali e geografiche e l'accelerata movimentazione di persone, capitali, informazioni e simboli culturali su scala globale (Tomlinson, 2006; Vasilescu and Himayatullah, 2008; Ukpere and Slabbert, 2009). Ovviamente anche il cibo, essendo una delle merci più scambiate al mondo, rientra in quest'ottica. Questo fenomeno ha portato a una modernizzazione nel sistema di approvvigionamento alimentare caratterizzata da una standardizzazione di massa dei processi di produzione del cibo (Murdoch and Miele, 1999). Ciò ha conseguentemente innescato una serie di modelli globalizzati di consumo alimentare di massa che tendono ad sovrastare le pratiche di consumo locali e più differenziate. Nonostante la globalizzazione abbia permesso una maggiore e facilitata accessibilità al mercato grazie alle importazioni, va considerato anche l'altro lato della medaglia, ovvero il fatto che ciò ha portato in alcuni paesi ad una diminuzione dei sussidi

interni per l'agricoltura e l'esportazione (Quaye et al., 2010). Negli ultimi tempi si è osservato un processo di riavvicinamento a modelli di consumo e produzione non standardizzati, che hanno il potenziale di limitare gli effetti della globalizzazione e delle sue pratiche non diversificate. Un esempio è la notevole crescita del mercato dei prodotti biologici, soprattutto ortofrutticoli, ampiamente supportata dalla crescente domanda, specialmente in Europa (Murdoch and Miele, 1999).

In contrasto al termine globalizzazione è stato definito il termine “localizzazione”, che delinea un processo il cui obiettivo è assicurare che vengano utilizzati e forniti all'interno di un territorio prima di tutto i beni e servizi che possono ragionevolmente essere sviluppati localmente (Breitenbach and Slabbert, 2008). Per produzione “locale” si intende un orizzonte spaziale circoscritto a una piccola realtà come una regione, oppure a realtà più ampie come una nazione o un gruppo di stati, come ad esempio l'Unione Europea, ma che comunque non raggiunge un ambito internazionale. La forza di tale fenomeno non starebbe nella competizione per offrire il prodotto più economico, ma nella cooperazione tra le parti per offrire la migliore qualità, al contrario della globalizzazione che, guidata dagli interessi delle multinazionali, mira alla competizione internazionale e a un modello di crescita fondato sulla massimizzazione del profitto. Nonostante questi aspetti contrastanti, bisogna mettere in evidenza l'odierno bisogno di trovare un punto d'incontro tra i due concetti, in quanto ci saranno sempre delle interazioni tra le due sfere: è per questo motivo che nel corso degli anni sono nate nuove terminologie come “*glocalization*” (Bauman, 1998; Robertson, 2001), o slogan come “*global meets the local*” (Thorns, 1997), che sottolineano la necessità di proteggere le produzioni, le tradizioni e le economie locali traendo anche vantaggio dalle opportunità create dalla globalizzazione. In questo contesto nasce anche il termine “*glocal food*”; un esempio sono i cibi tradizionali prodotti con alimenti tipici di una località che vengono rivisitati per essere accettati da una più ampia gamma di consumatori anche al di fuori del luogo di origine. Ciò rientra nell'idea di creare nuovi mercati alimentari alternativi, che, per un verso, sono in grado di sottolineare le diversità tra globalizzazione e localizzazione simbolizzando lo spostamento dal settore alimentare convenzionale e industrializzato verso regimi di produzione ri-localizzati (Sonnino and Marsden, 2006), mentre per l'altro, rappresentano una vera e propria interazione “globale-locale”.

Uno degli aspetti negativi subentrati con la globalizzazione riguarda la salute dei consumatori: l'introduzione di additivi come gli acidi grassi, di amidi impoveriti di fibre e di sciroppi dolci

nelle produzioni alimentari industriali ha portato nel corso degli anni ad un innalzamento del livello di zuccheri nel sangue e quindi di insulina, il che comporta un vero e proprio danno alla salute dei consumatori. In un recente studio, Manzini (2008) spiega come l'attuale sistema agro-alimentare industriale ha portato a livello mondiale a vedere i terreni come fossero aree industriali, piante e animali come vere e proprie macchine e il cibo come una banale merce da standardizzare, causando così il degrado dell'ecosistema e delle relazioni sociali, oltre che un danno al benessere dei consumatori. In questa visione globale, Manzini sottolinea anche come, nonostante il progresso raggiunto nella produzione alimentare industriale, una parte consistente della popolazione mondiale soffre ancora di insicurezza alimentare, intendendo con tale termine sia l'accessibilità al cibo che la sua qualità, sicurezza e salubrità. Per questi motivi, la letteratura ha cercato negli ultimi anni di portare l'attenzione sulla necessità di un nuovo tipo di consumatori, sensibili all'argomento della sostenibilità e che agiscano da forza trainante per l'affermazione dei cosiddetti "glocal food".

È stato analizzato un esempio pratico di quello che potrebbe essere considerato un glocal food in Ghana (Quaye et al., 2010). Si è implementato un sondaggio in diverse regioni del Ghana, che ha portato all'individuazione di due alimenti locali molto popolari nella zona Nord, chiamati "koose" e "waakye", i quali hanno guadagnato un'ampia accettazione al di là delle preferenze alimentari delle famiglie. L'aspetto interessante risultato dal sondaggio è che sembra ci sia stato un graduale spostamento del loro consumo dal Nord al Sud che ha seguito la migrazione delle persone avvenuta in tali anni proprio in questa direzione; ciò dimostra il legame delle persone alle proprie abitudini alimentari nonostante la distanza dal luogo di origine. Da una prospettiva di interazione "globale-locale", i due alimenti considerati, preparati principalmente da venditori locali, potrebbero essere ulteriormente migliorati al fine di diventare "glocal food" a tutti gli effetti e concorrere con prodotti alimentari, sviluppati tipicamente con materie prime importate, molto diffusi e venduti in tutto il Ghana che sono pane e riso fritto. Per fare ciò sono essenzialmente due le innovazioni strategiche da considerare:

- la produzione: migliorare i metodi di preparazione in relazione tanto al gusto e alle qualità nutrizionali quanto alla presentazione e al packaging dei due prodotti per incentivarne la vendita rendendoli competitivi come glocal food;

- le materie prime: è richiesta in questo senso una ri-localizzazione delle materie prime utilizzate. Per fare ciò tuttavia sono necessari ulteriori miglioramenti in tali produzioni, come l'aumento di varietà nelle specie coltivate, l'utilizzo di migliori tecnologie di lavorazione dei prodotti e una fase di processamento successiva che garantisca l'igienicità del prodotto.

Solamente implementando il sistema nella sua interezza, come appena visto, sarà possibile rendere il 'waakye' e il 'koose' alimenti "glocal" rendendoli competitivi sul mercato nazionale Ghanese contrastando così i prodotti frutto della globalizzazione e migliorando anche l'economia locale con la creazione di nuove posizioni lavorative e incrementando il lavoro anche ai piccoli e medi produttori locali.

Sotto un altro punto di vista, ovvero quello dell'efficienza di produzione, non sempre l'equazione "locale = più sostenibile" è vera. Un esempio è dato da uno studio condotto dal "Barilla Center for Food & Nutrition" e pubblicato nel 2011: utilizzando l'approccio LCA sono stati messi in relazione gli impatti legati al trasporto degli alimenti con quelli relativi alla loro produzione a partire dalle materie prime. L'analisi è stata limitata in questo caso alla sola impronta di carbonio, rappresentativa degli effetti del trasporto su scala globale. Lo studio ha considerato tre tipologie di prodotti alimentari: frutta, latte e carne. Ciò che è emerso è il fatto che l'impatto legato al trasporto è rilevante solo per certe categorie di alimenti (nello studio in esame solo per frutta e latte) nel caso di trasporto su ruota, rotaia o via mare e solo qualora si parli di grandi distanze; il trasporto con aereo risulta essere invece molto impattante per tutti gli alimenti considerati. I risultati sono illustrati nei seguenti grafici (Grafico 1, Grafico 2):

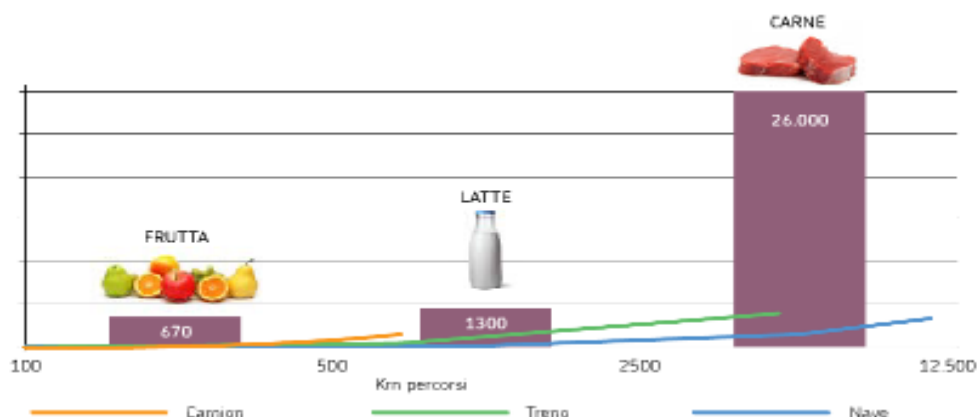


Grafico 1 – Impatto di diverse tipologie di trasporto su tre categorie di alimenti in funzione della distanza percorsa. I numeri riportati nelle colonne dell'istogramma sono espressi in [gCO2-eq/kg di prodotto] (Barilla Center, 2011).

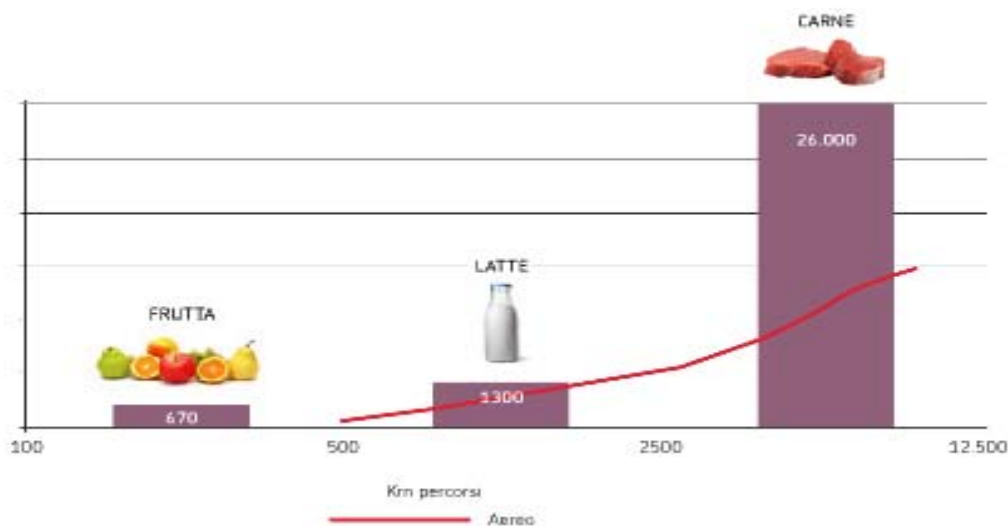


Grafico 2 - Impatto del trasporto aereo su tre categorie di alimenti in funzione della distanza percorsa. I numeri riportati nelle colonne dell'istogramma sono espressi in [gCO₂-eq/kg di prodotto] (Barilla Center, 2011).

Emerge quindi che non è sempre vero che le produzioni “a chilometri zero” hanno un minor impatto ambientale rispetto ai prodotti di importazione, almeno per quanto riguarda la carbon footprint; può anzi accadere il contrario se questi ultimi hanno una fase di produzione delle materie prime e di processamento delle stesse più efficienti.

2.3.4 Packaging

La crescente consapevolezza nei confronti della sostenibilità ha portato cittadini e imprese a implementare azioni volte a ridurre la produzione di rifiuti incoraggiando il riciclo, il riuso e la rigenerazione dei prodotti ormai giunti a fine vita. Sia le organizzazioni pubbliche che le imprese private subiscono una crescente pressione che spinge all'analisi dei loro processi produttivi con lo scopo di identificare e mitigare tutte le fonti di rifiuti (Accorsi et. al., 2013). Il packaging gioca un ruolo fondamentale per la protezione, distribuzione ed etichettatura dei prodotti e il materiale che lo costituisce risulta una delle maggiori fonti di rifiuti. L'uso di imballaggi nei processi a catena va ulteriormente a gravare sull'impatto delle procedure di trattamento a fine vita.

Le soluzioni tradizionali di imballaggio presentano impatti ambientali appartenenti a diverse categorie. Tali impatti includono, ad esempio, il consumo di risorse non rinnovabili, emissione di gas a effetto serra provenienti dalla produzione, dal trasporto e dall'utilizzo e produzione di rifiuti solidi; tutto ciò evidenzia l'importanza della gestione e dello smaltimento del packaging a

fine vita. Una delle sfide cruciali che le industrie e la ricerca devono affrontare è proprio la progettazione e l'applicazione di soluzioni di imballaggio più sostenibili; molti studi si sono concentrati sulla forma e sui materiali degli imballaggi in modo che le operazioni di gestione e spedizione vengano comunque svolte in maniera efficiente e allo stesso tempo si cerchi di ridurre il costo complessivo delle attività coinvolte nel ciclo di lavorazione e dei trattamenti di fine vita (Accorsi et. al., 2013).

Negli ultimi anni la maggior parte dei dibattiti e delle attività che hanno avuto come argomento gli imballaggi e i loro impatti ambientali si sono concentrati sulla filiera della vendita al dettaglio. Si noti come tale settore sia caratterizzato da un'accurata previsione della domanda e consistenti flussi di materiali volti a soddisfarla; è quindi vitale che un sistema di questo tipo debba essere adeguatamente organizzato e in tale contesto gli imballaggi giocano un ruolo fondamentale per diversi aspetti: preservano le condizioni chimiche, fisiche e nutrizionali degli alimenti e allo stesso tempo ne facilitano tutte le attività di gestione e trasporto lungo la filiera, dai produttori ai rivenditori (Verghes and Lewis, 2007). Tra le azioni intraprese per ottenere un packaging "più sostenibile" ci sono l'utilizzo di contenitori RPC (Contenitori di Plastica Riutilizzabile), usati soprattutto nella produzione ortofrutticola, ma anche nella distribuzione commerciale, e di contenitori IBC (Contenitori Intermedi per prodotti sfusi), la cui diffusione è sempre più vasta a favore di un notevole risparmio di imballaggi tradizionali, i cosiddetti "one-use" ovvero a utilizzo singolo. Questa è una nota positiva in un contesto di evoluzione del mercato alimentare: il comportamento dei consumatori è caratterizzato da un trend crescente in termini di utilizzo di imballaggi e conseguente produzione di rifiuti. Ad esempio la crescente richiesta di pasti pronti influisce su tale aspetto: sia che si tratti di ristoranti, catering o take-away, tale richiesta è causa di una crescita della produzione di rifiuti dovuta all'aumento dell'utilizzo di materiali.

Come illustrato in Figura 5, all'interno della catena di approvvigionamento alimentare vi sono strette connessioni tra la catena dei prodotti (o primaria) e quella degli imballaggi (o secondaria): sono evidenziati i punti di incontro tra le due catene; il primo punto di connessione avviene al momento dell'imballaggio degli alimenti e il secondo dopo il consumo dell'alimento stesso, con l'imballaggio che da rifiuto della catena dei prodotti diventa risorsa nella catena che lo ha generato. È evidente inoltre come il ciclo di vita dei prodotti alimentari termina con il consumo degli stessi, mentre quello degli imballaggi continua a generare flussi di materiali che dovrebbero essere adeguatamente trattati e indirizzati. Ci sono in merito due possibilità ed

entrambe vanno a creare un anello chiuso nella catena secondaria: la prima possibilità prevede il riuso, mentre la seconda prevede il riciclo.

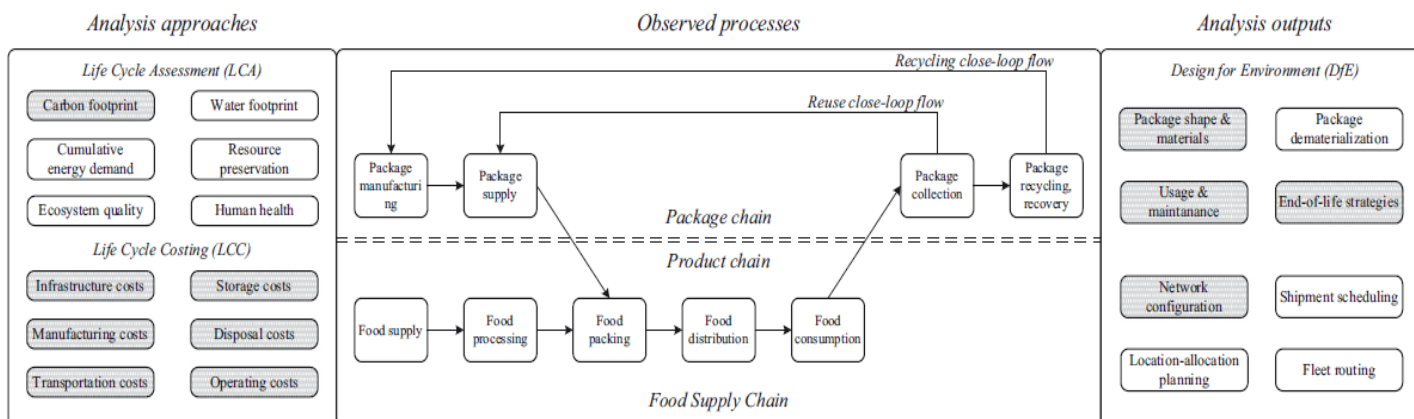


Figura 5 – Schema concettuale delle interazioni tra la catena di produzione del cibo e quella del packaging.

Un recente studio LCA ha analizzato l’impatto ambientale dell’utilizzo di diversi contenitori per prodotti ortofruitticoli utilizzando la metodologia della Carbon Footprint (Accorsi et al., 2013). Nella fattispecie sono stati considerati contenitori “one-use” e contenitori RPC, suddivisi in base al numero di riutilizzi previsti, 30, 50 o 70. I risultati sono stati analizzati in funzione dell’ampiezza della rete, utilizzando fattori moltiplicativi della rete analizzata (con ampiezza di circa 100 km, infatti si tratta di una realtà regionale), e sono esposti nel Grafico 3.

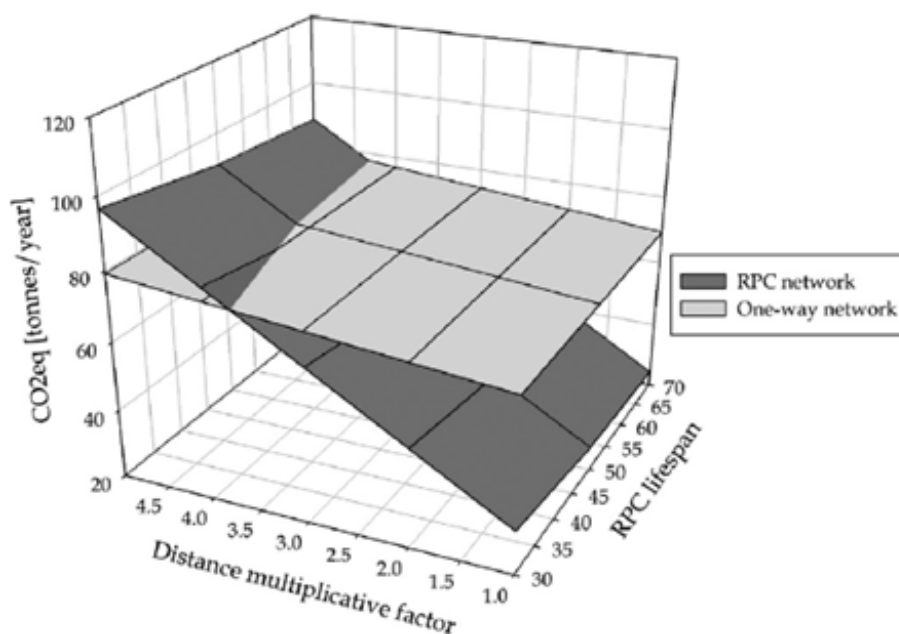


Grafico 3 – Emissione annuale di CO2-eq utilizzando due differenti sistemi di packaging e in funzione dell’ampiezza della rete analizzata (Accorsi et al., 2013).

Risulta che la distanza ha una forte influenza nel caso di utilizzo di contenitori RPC, tanto che con un fattore moltiplicativo di poco superiore a 4 (ovvero considerando una rete 4 volte

maggiore di quella usata nello studio) ogni soluzione con gli RPC diventa svantaggiosa in termini ambientali rispetto all'opzione "one-way", che subisce invece solo un lieve aumento in termini di emissioni di CO₂eq passando da un fattore 1 a un fattore 5.

Anche se lo studio sopra analizzato si riferisce ad una piccola realtà regionale, ciò che risulta evidente sono le grandi potenzialità di sviluppo e cambiamento in favore di una maggiore sostenibilità nell'ambito del packaging, purché tali possibilità vengano affiancate da una gestione e un'organizzazione ben congegnate.

2.3.5 Gli sprechi alimentari

Un'altra problematica relativa al settore alimentare è quella dello spreco di cibo. Circa il 54% dello spreco di cibo avviene durante la fase di produzione, lavorazione post-raccolto e stoccaggio, mentre il 46% occorre nelle fasi di lavorazione, distribuzione e consumo. Complessivamente, quindi, dalla produzione al consumo, lo spreco può arrivare fino al 50% del cibo prodotto, che, a livello europeo, equivale a una media di circa 179 kg pro capite. A livello mondiale, ogni anno vengono sprecate circa 1,3 miliardi di tonnellate di cibo, per la cui produzione sono necessari 250 km³ di acqua e 1,4 miliardi di ettari di terreno, e per i quali vengono emessi nell'atmosfera 3,3 miliardi di tonnellate di gas serra (FAO, 2013). Nell'industria parte delle perdite è strettamente correlata alla natura del prodotto e risulta necessaria per esempio per trasformare la derrata da agricola ad alimentare. In altri casi, invece, lo spreco è connesso all'attività gestionale dell'impresa: dall'organizzazione della produzione e/o commercializzazione all'attività di marketing si generano sprechi quando, ad esempio, il packaging risulta difettato o danneggiato, per cambi di immagine, lancio di nuovi prodotti, prossimità della data di scadenza, residui di promozioni. È stato stimato come il 90% di ciò che viene sprecato potrebbe essere ancora utilmente recuperato e utilizzato per l'alimentazione umana (WWF, 2014).

Gli sprechi alimentari possono essere catalogati in sprechi "diretti" della filiera (industria alimentare e grande distribuzione organizzata) e "indiretti" (fertilizzanti, fitosanitari, energia, acqua). Per ogni kilogrammo di cibo prodotto si emettono in media 4,5 kg di CO₂eq: ne consegue, che le 89 milioni di tonnellate di cibo sprecate solo in Europa sono responsabili dell'emissione di 170 milioni di tonnellate di CO₂eq l'anno (WWF, 2014); tra i processi

causanti tale risultato, l'emissione di metano durante la decomposizione dei rifiuti alimentari presenta un contributo significativo.

Oltre all'emissione di gas serra, vengono consumate anche enormi quantità d'acqua durante i processi di produzione del cibo; calcolare l'impronta idrica degli alimenti è tuttavia ancora un aspetto controverso dal punto di vista metodologico; infatti non esistendo ancora al momento degli standard internazionali in merito, le informazioni e le metodologie esistenti considerano contributi di risorsa idrica differenti nel calcolo. In linea del tutto generale, è possibile affermare che, a parità di quantità considerata, le carni hanno mediamente un'impronta idrica più elevata rispetto a frutta e verdura per via della maggiore complessità dell'allevamento (che comprende un numero più elevato di stadi prima di giungere al prodotto finale, tra i quali intercorrono coefficienti di efficienza di conversione).

Per risparmiare davvero acqua e ridurre le emissioni di CO₂eq connesse al cibo è fondamentale ridurre i consumi di alimenti animali, nel caso in cui siano eccessivi, privilegiando il consumo diretto di vegetali (cereali, legumi, verdura, frutta) e il consumo di cibo stagionale e prodotto localmente: da parte del singolo cittadino questa è forse l'azione più incisiva che esso possa intraprendere, in quanto le scelte dei consumatori influenzano la domanda del mercato e conseguentemente l'offerta dello stesso.

2.3.6 Il consumo di suolo

La problematica del consumo di suolo nasce dal fatto che il suolo è una risorsa esauribile ed è quindi soggetto al conflitto tra le sue possibili destinazioni d'uso, come ad esempio la produzione di cibo e la produzione di energia o materiali (Figura 6). La limitatezza della risorsa "suolo" deve inoltre affrontare il problema dell'aumento della popolazione mondiale e la conseguente richiesta di incremento della produzione di cibo (che causa la conversione di suoli naturali in suoli agricoli); dall'altra parte c'è invece la necessità di ridurre la dipendenza da fonti esauribili come il petrolio e tale necessità viene spesso adempita con soluzioni che prevedono l'utilizzo di nuovi terreni (ad esempio la produzione dei biocombustibili). Ad aggravare la pressione sul consumo di suolo è anche la continua crescita dei territori urbani. Oltre all'impatto dovuto al consumo di suolo, il cambiamento d'uso del suolo è direttamente responsabile dell'emissione di GHG: è stato stimato che il contributo all'emissione di gas a

effetto serra da parte dell'attuale sistema agricolo unitamente ai cambiamenti di uso del suolo è due volte e mezzo superiore al contributo delle emissioni totali dovute ai trasporti su scala globale (IPCC, 2007). I soli cambiamenti di uso del suolo, principalmente la deforestazione, sono responsabili fino al 18% delle emissioni globali di GHG (IPCC, 2007).

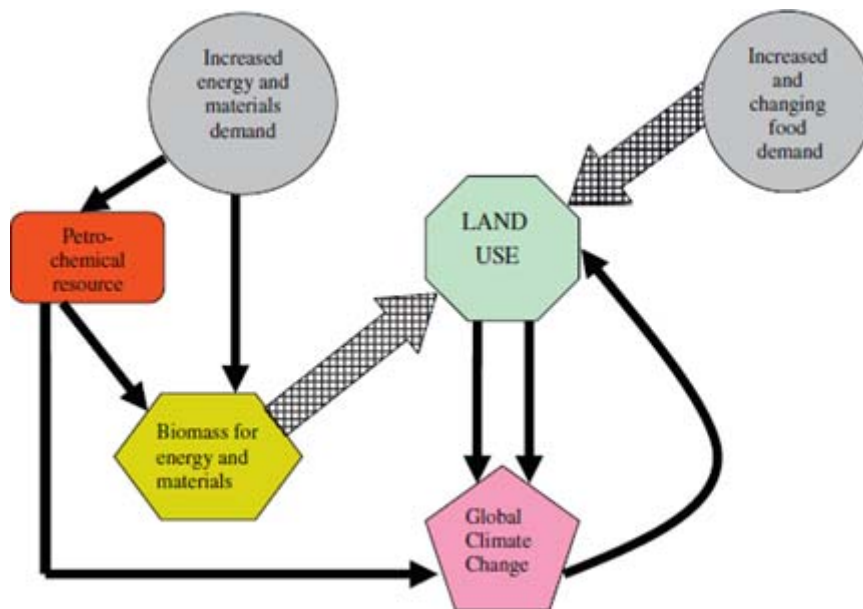


Figura 6 – Competizione per l'uso del suolo: interazioni e feedback.

La limitatezza della risorsa in questione, il suolo, e l'elevata richiesta della stessa crea una situazione conflittuale: espandere le aree agricole per aumentare la produzione lorda, oppure incrementare i rendimenti di produzione dei terreni agricoli già esistenti. La prima opzione, tuttavia, porterebbe a una inevitabile perdita di vitali ecosistemi e biodiversità, oltre a danneggiare i mezzi di sussistenza delle comunità che si basano su queste terre (Millennium Ecosystem Assessment, 2005); le retroazioni conseguenti porterebbero a un aumento delle emissioni di GHG dovute all'ossidazione del carbonio attualmente sequestrato nel terreno, alla rimozione di un sink (serbatoio di stoccaggio) del carbonio e all'aumento dell'utilizzo di fertilizzanti azotati e di combustibili fossili (The Royal Society, 2009). Per questi motivi è necessario cercare di sfruttare in modo efficiente i terreni a disposizione cercando di adottare scelte di compromesso tra le problematiche precedentemente esposte; si è parlato in questo senso, ad esempio, di una "intensificazione sostenibile" (Harvey and Pilgrim, 2011), intendendo la necessità di utilizzare intensivamente le risorse a disposizione ma in maniera sostenibile, ovvero senza degradarle o esaurirle andando a causare altri impatti come il cambiamento climatico globale e la diminuzione della disponibilità di terreni coltivabili.

2.4 Le scelte alimentari

L'impatto relativo a un prodotto venduto al consumatore è il risultato del processo di produzione del prodotto stesso, dall'estrazione delle materie prime in poi. La scelta effettuata dal consumatore all'atto dell'acquisto ha quindi un potenziale elevato in termini di influenza sull'impatto ambientale di un prodotto per via dei meccanismi di regolazione del mercato basati sull'interazione tra domanda e offerta. Un consumatore sensibile all'aspetto di tutela ambientale può essere maggiormente portato a comprare prodotti a minore impatto ambientale come possono esserlo quelli biologici e quelli locali e di stagione, rinunciando invece ai prodotti surgelati o a quelli con imballaggi multipli. La consapevolezza e la sensibilità dei consumatori è dunque una carta in più a favore della sostenibilità e l'investire in campagne di comunicazione potrebbe portare a un incremento ulteriore della loro potenzialità.

Un altro aspetto strettamente legato alle scelte dei consumatori sono le loro abitudini alimentari. Uno studio condotto dal "Barilla Center for Food & Nutrition" pubblicato nel 2011 ha studiato diversi tipi di modelli alimentari (tra cui la dieta mediterranea); tra i risultati ottenuti vi è la cosiddetta "Doppia Piramide Ambientale e Alimentare" (Figura 7) nonché la "Doppia Piramide per chi cresce" (Figura 8), una versione della Doppia Piramide dedicata specificatamente a bambini e adolescenti.

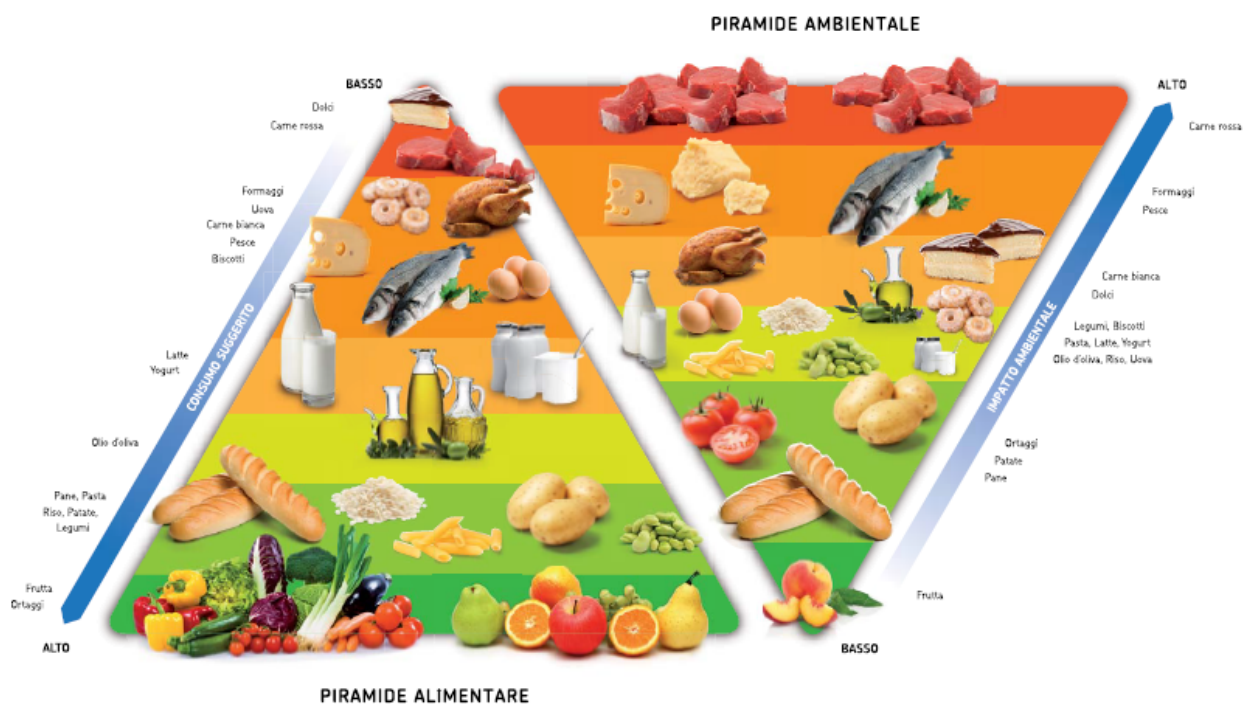


Figura 7 – "Doppia Piramide Ambientale e Alimentare" (Barilla Center, 2011).

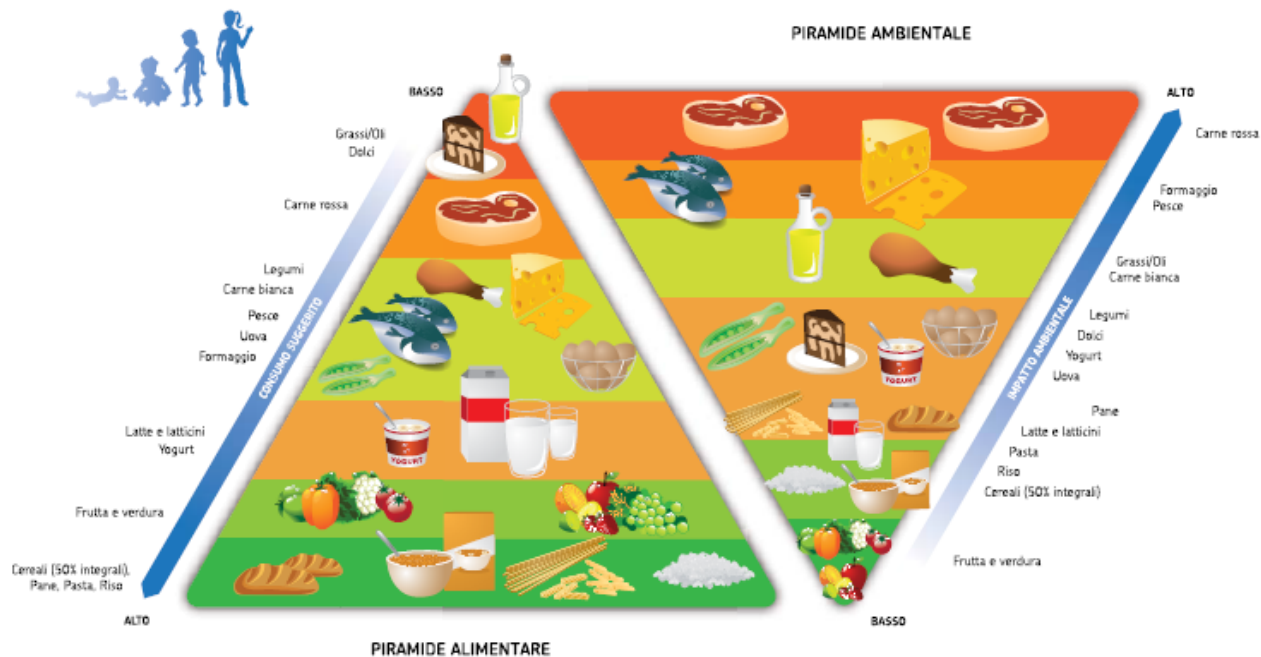


Figura 8 – “Doppia Piramide per chi cresce” (Barilla Center, 2011).

La Doppia Piramide mette in evidenza, nella parte alimentare, i cibi il cui consumo debba essere il più possibile limitato ponendoli in cima, fino ad arrivare alla base in cui troviamo gli alimenti che bisognerebbe invece consumare quotidianamente per una corretta dieta; al contrario, la piramide ambientale è capovolta e troviamo in basso gli alimenti con un minore impatto ambientale e in alto quelli con gli impatti ambientali maggiori. L’aspetto interessante sta nella sequenza degli alimenti sulle due piramidi, che è pressoché la stessa, sebbene invertita: ciò significa che gli alimenti per i quali viene raccomandato un consumo ridotto sono anche quelli che hanno i maggiori impatti sull’ambiente. In tal modo sono stati messi in correlazione gli aspetti nutrizionali e gli impatti ambientali degli alimenti.

Nell’ambito di tale progetto sono stati stimati gli impatti ambientali associati ad ogni singolo alimento utilizzando dati calcolati secondo il metodo LCA, che prende in considerazione tutte le fasi, da quella agricola alla distribuzione e, ove necessario, quella della cottura. Come è emerso in precedenza, dal Capitolo 2 del presente elaborato, i principali carichi ambientali legati alla produzione degli alimenti sono rappresentati dalle emissioni di gas serra, dall’utilizzo di acqua e dal consumo di suolo per produrre le risorse. Per questi motivi gli impatti sono stati rappresentati con i seguenti indicatori ambientali:

- Carbon Footprint [massa di CO₂eq] (Figura 9);
- Water Footprint [L di acqua] (Figura 10);

- Ecological Footprint [m^2 o ettari globali] (Figura 11).

Tali indicatori danno una visione degli impatti immediata, in quanto sono indicatori mono categoria, ma non esaustiva; esistono, infatti, altri impatti che potrebbero essere considerati, come quelli dovuti all'utilizzo di sostanze chimiche in agricoltura, al rilascio di azoto sul terreno (il cui relativo indicatore è il *Nitrogen Footprint*) o all'emissioni di altri inquinanti nell'aria. La Piramide Ambientale è in realtà costruita sulla base della sola Ecological Footprint. Per quanto riguarda gli altri indicatori citati in precedenza, si riportano di seguito i risultati ottenuti per diversi prodotti:

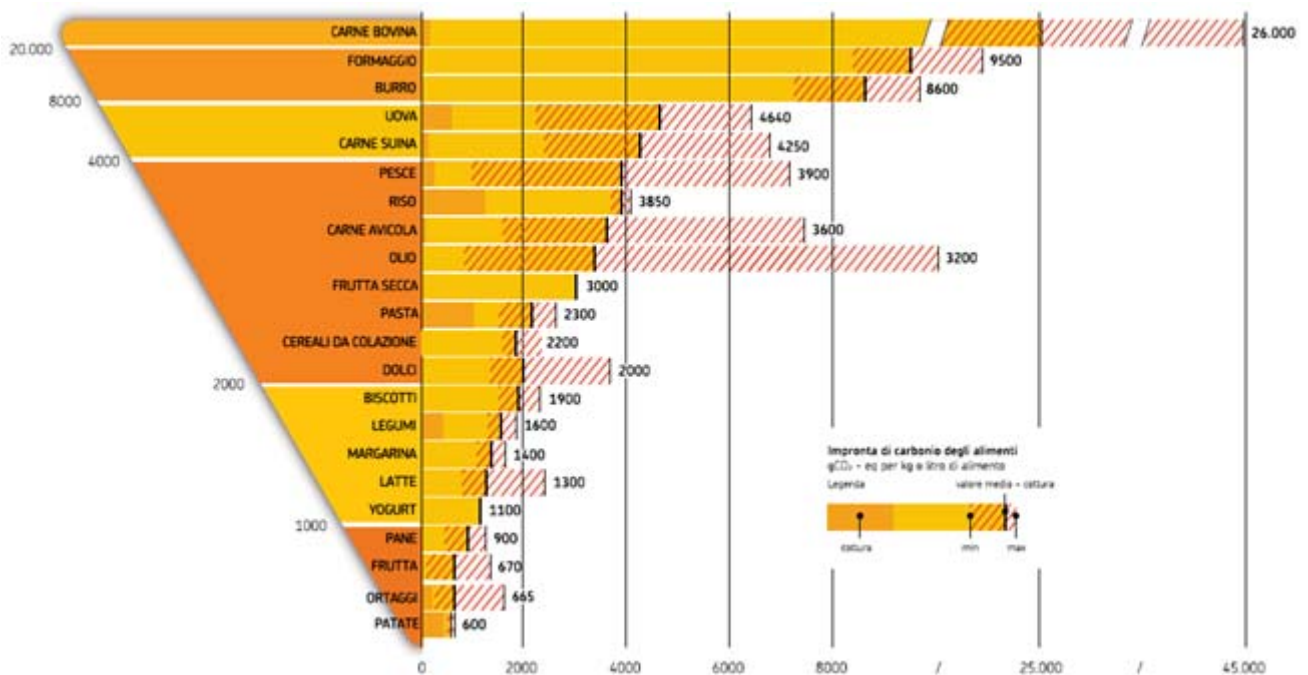


Figura 9 – Carbon Footprint degli alimenti secondo il “Barilla Center” (Barilla Center, 2011).

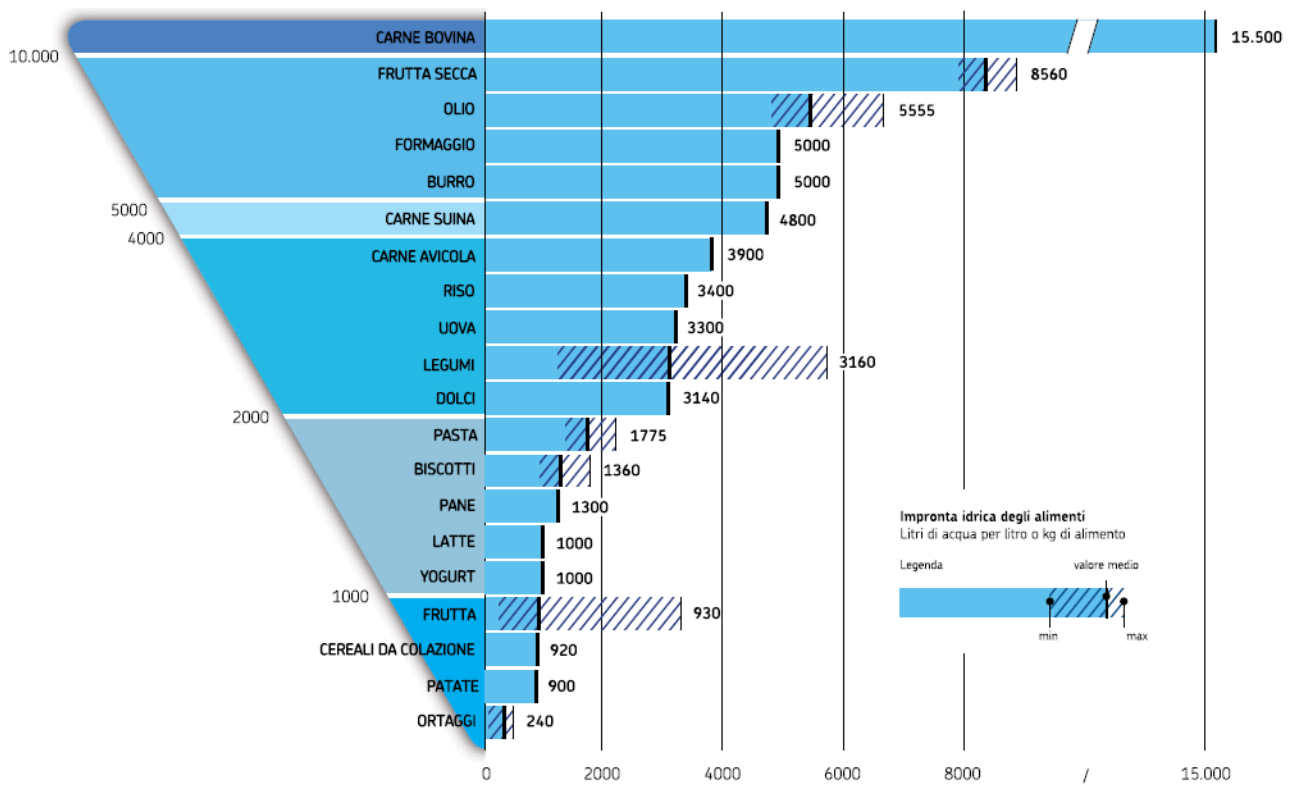


Figura 10 - Water Footprint degli alimenti secondo il "Barilla Center" (Barilla Center, 2011).

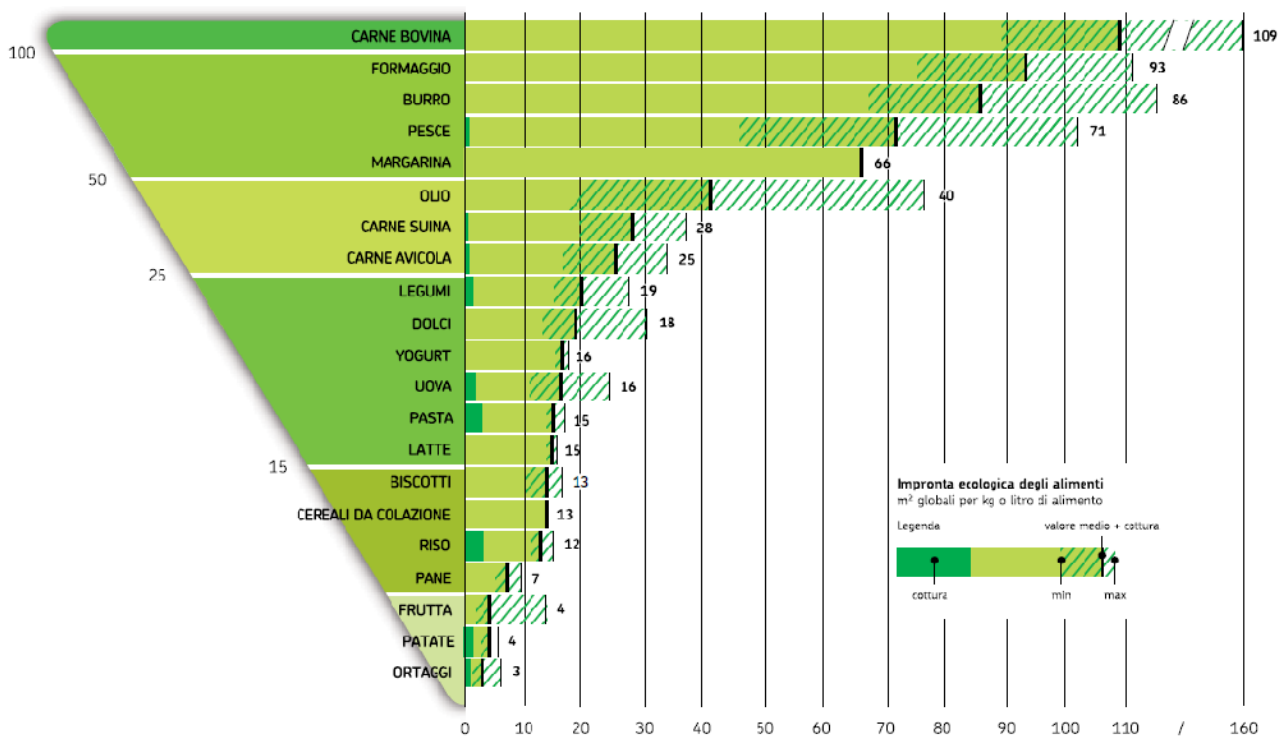


Figura 11 - Ecological Footprint degli alimenti secondo il "Barilla Center" (Barilla Center, 2011).

2.5 Gli impatti della cottura e della catena del freddo

Per un calcolo rigoroso e completo (in ottica “from cradle to grave”) degli impatti ambientali dei cibi lungo tutto il loro ciclo di vita si deve tenere in considerazione sia la fase di produzione agricola e/o industriale, sia le fasi che stanno a valle della produzione, che possono comprendere l’eventuale presenza della catena del freddo e/o la fase di cottura. Tali impatti dipendono ad esempio dal mix energetico che caratterizza il fornitore di energia elettrica (come ad esempio il paese in cui sono localizzate le diverse fasi) oppure dalla tipologia e dai tempi di cottura adottati (carne al sangue o ben cotta, verdure bollite o in padella).

Nello studio del “Barilla Food Center” citato in precedenza viene riportato un esempio per illustrare la variazione di CO₂ emessa al variare della modalità di cottura adottata:

- 1- Cottura di 500g di pasta per 10 minuti utilizzando un fornello alimentato a gas metano variando la quantità di acqua di $\pm 20\%$ rispetto alla quantità normalmente consigliata pari a 5L (Grafico 4);
- 2- Utilizzo di un forno elettrico vuoto ma già in temperatura per 10 minuti in diversi paesi, quindi a seconda del mix energetico (Grafico 5).

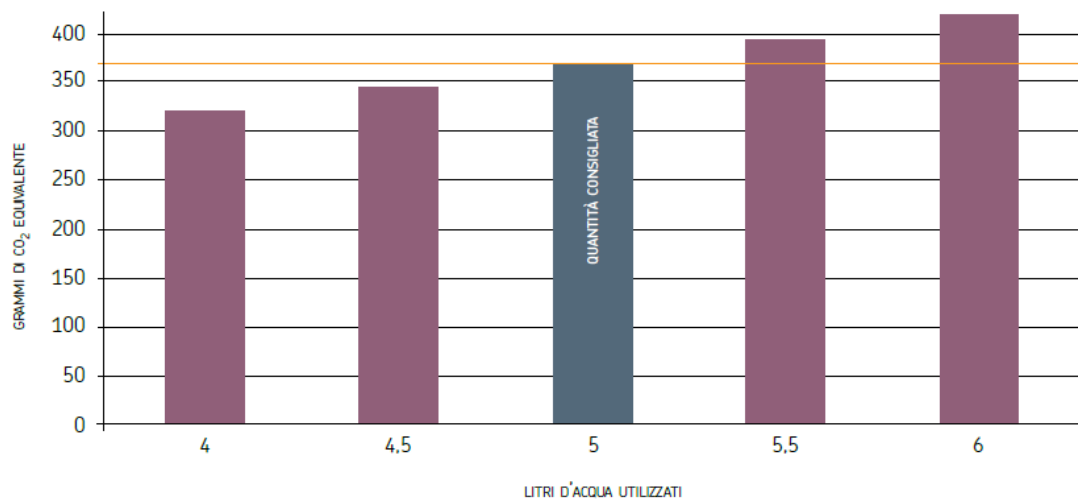


Grafico 4 – Variazione della CO₂-eq emessa per la cottura di 500g di pasta in funzione della quantità di acqua usata (Barilla Center, 2011).

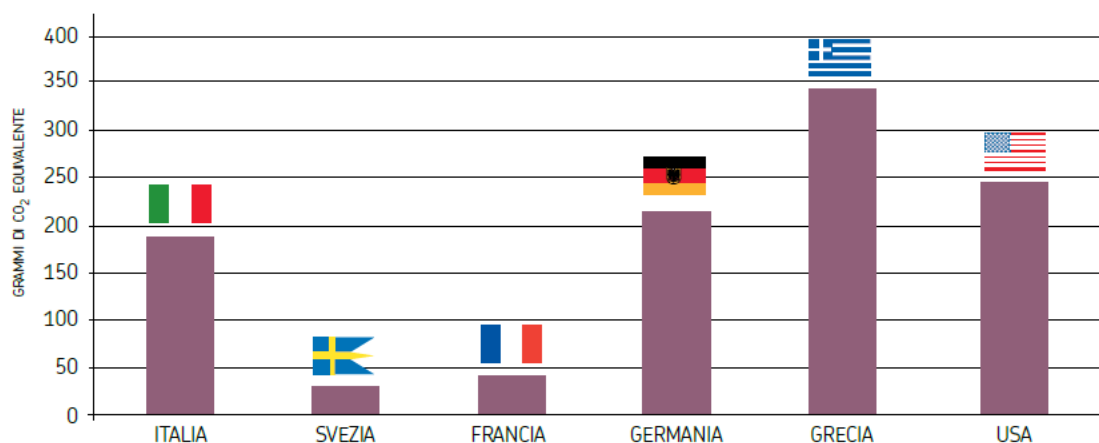


Grafico 5 - Variazione della CO₂-eq emessa per l'utilizzo di un forno elettrico vuoto già in temperatura per 10 minuti in diversi paesi (Barilla Center, 2011).

La variabilità del risultato è molto ampia: nel caso (1), ad esempio, la variazione di solo mezzo litro d'acqua da 5L a 4,5L comporta una diminuzione dell'impatto della cottura del 7%, pari a circa 30gCO₂eq; nel caso (2) il mix energetico del paese considerato influisce notevolmente sulle emissioni, spaziando dai circa 30gCO₂eq per la Svezia ai quasi 350gCO₂eq per la Grecia.

Per quanto concerne la refrigerazione, sempre lo studio del "Barilla Food Center" analizza e confronta gli impatti della produzione, della conservazione industriale, del trasporto refrigerato e della conservazione domestica degli ortaggi (freschi o surgelati) e della carne rossa (fresca o surgelata), mettendo in evidenza le fasi in cui l'impatto della refrigerazione diviene rilevante.

Dallo studio sono emersi i seguenti aspetti:

- i prodotti classificati come "freschissimi", tipicamente le verdure e gli ortaggi, sono caratterizzati da tempi di conservazione molto brevi (qualche giorno) e per questa ragione gli impatti ambientali associati alla loro conservazione in frigorifero sono generalmente molto bassi e possono essere trascurati;
- la catena del freddo è una fonte di impatto rilevante solo per i surgelati, ossia quei prodotti che prevedono dei lunghi tempi di stoccaggio sia a livello industriale, sia distributivo a basse temperature;
- il trasporto refrigerato (ad esempio camion dotati di refrigerazione) comporta un incremento degli impatti ambientali che, quando ripartito all'impatto del prodotto finito, si può ritenere trascurabile.

Osservando il Grafico 6 è evidente che l'impatto della refrigerazione è praticamente trascurabile per i prodotti freschi, mentre fa aumentare del 10% circa l'impatto della carne nel caso sia

surgelata e risulta invece preponderante (soprattutto per la fase di conservazione domestica) per gli ortaggi surgelati. La motivazione sta nel fatto che tra gli ortaggi e la carne varia radicalmente l'impatto della fase di produzione, risultando così rilevante l'impatto della refrigerazione solo per i prodotti alla base della parte ambientale della Doppia Piramide citata in precedenza.

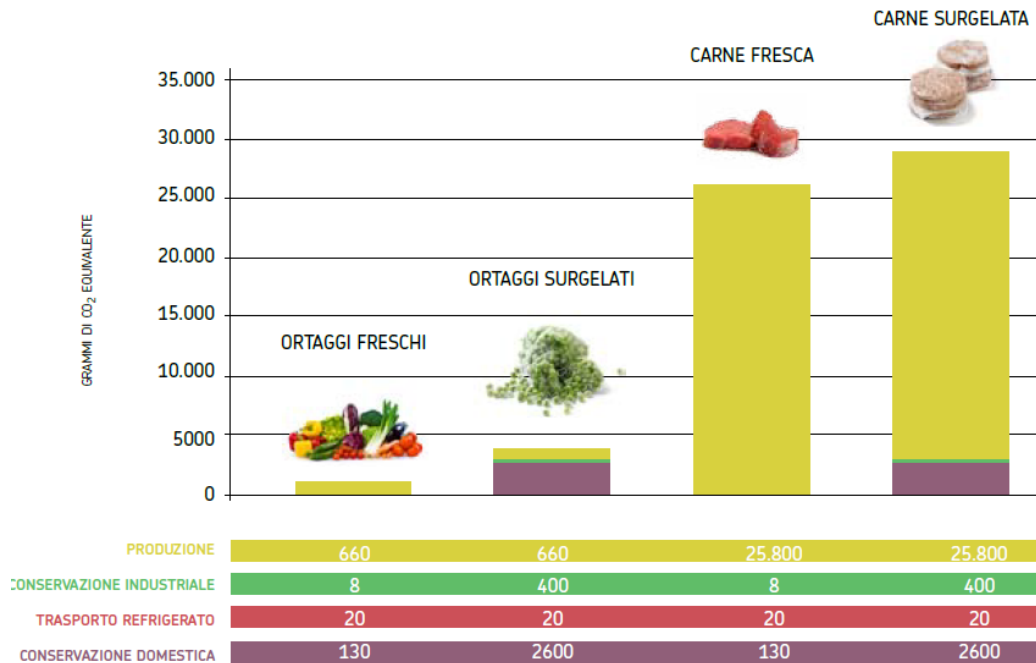


Grafico 6 – Impatti della refrigerazione su due categorie di prodotto (Barilla Center, 2011)

CAPITOLO 3

Life Cycle Assessment

In questo capitolo verrà illustrato il metodo dell'analisi del ciclo di vita (LCA) nel suo complesso. La presentazione di tale approccio seguirà l'evoluzione subita dello stesso e tratterà sia aspetti generali che specifici di ogni fase costituente. Verrà inoltre riportata una descrizione degli strumenti che supportano l'analisi LCA, quali software e database.

3.1 Nascita e sviluppo dell'LCA

L'approccio LCA fonda le sue origini durante la fine degli anni '60. La sensibilità ambientale diffusa all'epoca si traduceva nella trattazione di problematiche riguardanti il consumo delle risorse e la produzione di reflui e rifiuti connessi soprattutto alle attività industriali: tali analisi, caratterizzate da una trattazione parziale della problematica dell'analisi di ciclo di vita posero la basi per l'approccio complesso e completo quale è LCA ai giorni nostri. .

A partire dagli anni '70 alcune grandi aziende statunitensi e inglesi insieme all'agenzia per la protezione dell'ambiente americana (EPA) costituirono studi di carattere ambientale per supportare il sistema decisionale. Queste analisi erano inizialmente conosciute con diverse terminologie, quali "REPA" (*Resource and Environmental Profile Analysis*), usata nel Nord America, "cradle to grave analysis", "eco balance", "energy and environmental analysis". Essi erano pressoché focalizzati sui consumi energetici, mentre non consideravano altri aspetti di rilevanza ambientale come la produzione e il riciclo dei rifiuti. Tra gli studi REPA emergono quello commissionato da The Coca Cola Company, che mirava ad analizzare i diversi carichi ambientali connessi con la produzione di differenti tipi di contenitori per le bevande (plastica,

vetro e alluminio) nonché il miglior fine vita degli stessi in termini energetici ed ambientali (a rendere o a perdere), e lo studio commissionato dalla Mobil Chemical Company che mirava a stabilire se fossero più eco-compatibili i fogli in poliestere o quelli in carta per l'incartamento di prodotti alimentari.

La grande novità introdotta con questi studi era il diverso tipo di approccio operativo che veniva usato per studiare i problemi: lo studio mirava ad avere una visione globale in riferimento a tutta la vita del prodotto e non si occupava solamente di una singola fase del processo. A partire da ciò, numerosi studi iniziarono ad affrontare temi relativi allo sfruttamento incondizionato delle risorse e alla produzione di rifiuti e i loro effetti sull'ambiente. Sono proprio questi principi che danno origine al termine LCT, *Life Cycle Thinking*. Lo strumento operativo utilizzato in campo ambientale su cui si basa l'LCT è proprio l'LCA, *Life Cycle Assessment*, termine coniato durante il congresso SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) del 1990 svoltosi a Smuggler Notch (Vermont, U.S.A.). Grazie a questa crescente presa di consapevolezza, negli anni '90 presero piede numerose iniziative per la standardizzazione della metodologia LCA, con la pubblicazione di numerosi manuali e testi scientifici. La crescente necessità di avere una linea guida in questi studi portò nel 1997 l'Organismo Internazionale per la Standardizzazione ISO (International Organisation for Standardization) a codificare una procedura standard per eseguire uno studio LCA: vennero definite le norme ISO 14000 e successivamente, tra il 1998 e il 2000, le norme specifiche di prodotto della serie 14040 che riportano i principi, i requisiti e le linee guida per l'applicazione della metodologia LCA ad un servizio o un prodotto. Attualmente le due norme di riferimento per eseguire un'analisi del ciclo di vita sono le seguenti:

- UNI EN ISO 14040:2006 Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and framework (ISO, 2006a);
- UNI EN ISO 14044:2006 Environmental management – Life Cycle Assessment – Requirements and guidelines (ISO, 2006b).

Lo sviluppo della metodologia LCA ha portato ad avere oggi una struttura ben definita e un procedimento consolidato sulle modalità di svolgimento, ma è ancora in fervente sviluppo (Finnveden *et al*, 2009). Attualmente la LCA si sta affermando come strumento di calcolo degli impatti dei sistemi produttivi, inducendo le maggiori associazioni industriali di categoria a pubblicare banche dati per condividere informazioni sul ciclo di vita dei loro prodotti (Baldo et

al., 2008). A livello nazionale si è sviluppata un'intensa attività di tipo aziendale e accademico per sviluppare e condividere l'LCA in Italia: un esempio è la Rete Italiana LCA, lanciata da ENEA nel 2006, che raduna studiosi esperti nel settore e che permette di condividere una serie importante di lavori e informazioni.

3.2 LCA: generalità e struttura

Nell'ambito dello sviluppo sostenibile, l'analisi del ciclo di vita è una metodologia riconosciuta, in campo internazionale, dalle norme ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, che permette di calcolare gli impatti sull'ambiente di un prodotto o un servizio durante tutto il suo ciclo di vita. I principi fondamentali che devono essere seguiti come guida all'applicazione di una LCA sono i seguenti (ISO, 2006):

- generalità;
- prospettiva del ciclo di vita;
- attenzione focalizzata all'ambiente;
- approccio relativo e unità funzionale: l'approccio è strutturato attorno ad un'unità funzionale;
- approccio iterativo: l'LCA è una tecnica iterativa in quanto le singole fasi utilizzano i risultati di tutte le altre fasi;
- trasparenza: importante per garantire una corretta interpretazione dei risultati;
- completezza: in uno studio LCA vanno considerati tutti gli aspetti dell'ambiente naturale, della salute umana e delle risorse;
- priorità dell'approccio scientifico: le decisioni prese nello studio si devono basare principalmente sulle scienze naturali.

La SETAC fu la prima società che propose una definizione ufficiale di LCA: *“procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto,*

la distribuzione, il riutilizzo, il riciclo e lo smaltimento finale” (SETAC, 1993). Il prodotto è quindi seguito “dalla culla alla tomba” (“*from cradle to grave*”), ovvero a partire dall’estrazione delle materie prime, passando attraverso la produzione e trasformazione di materiali ed energia, per proseguire con l’uso e il fine vita (Baumann e Tillman, 2004). È anche possibile effettuare analisi parziali, ad esempio “dalla culla al cancello” (“*from cradle to gate*”), per verificare gli impatti del prodotto escludendo l’uso, o “dal cancello al cancello” (“*from gate to gate*”) per calcolare gli impatti della sola produzione. Nel caso in cui ci sia riciclo di materiale si parla di analisi “from cradle to cradle” per evidenziare che il prodotto completa il ciclo ritornando risorsa. Questa prospettiva allargata consente di evitare il rischio, che si corre volendo migliorare solo una parte del ciclo produttivo, di spostare gli impatti da una fase all’altra della vita del prodotto studiato.

Dal punto di vista tecnico l’LCA è composta da quattro fasi principali (Figura 12) (Baldo et al., 2008):

- **definizione di obiettivo e campo di applicazione** (*Goal and Scope Definition*): è la fase preliminare in cui vengono definiti le finalità dello studio, l’unità funzionale, i confini del sistema studiato, il fabbisogno di dati, le assunzioni ed i limiti;
- **analisi di inventario** (*Life Cycle Inventory, LCI*): è la fase principale di una LCA, il cui scopo principale è quello di riprodurre un modello analogico della realtà in grado di rappresentare il più fedelmente possibile tutti gli scambi (di energia e di materiali) tra le singole operazioni appartenenti alla catena produttiva;
- **valutazione degli impatti** (*Life Cycle Impact Assessment, LCIA*): è lo studio dell’impatto ambientale provocato dal processo o attività in esame ed ha lo scopo di evidenziare l’entità delle modificazioni generate a seguito dei consumi di risorse e dei rilasci nell’ambiente calcolati in fase di inventario;
- **interpretazione dei risultati** (*Life Cycle Interpretation*): è la parte conclusiva di una LCA ed ha lo scopo di proporre i cambiamenti necessari a ridurre l’impatto ambientale dei processi o attività considerati.

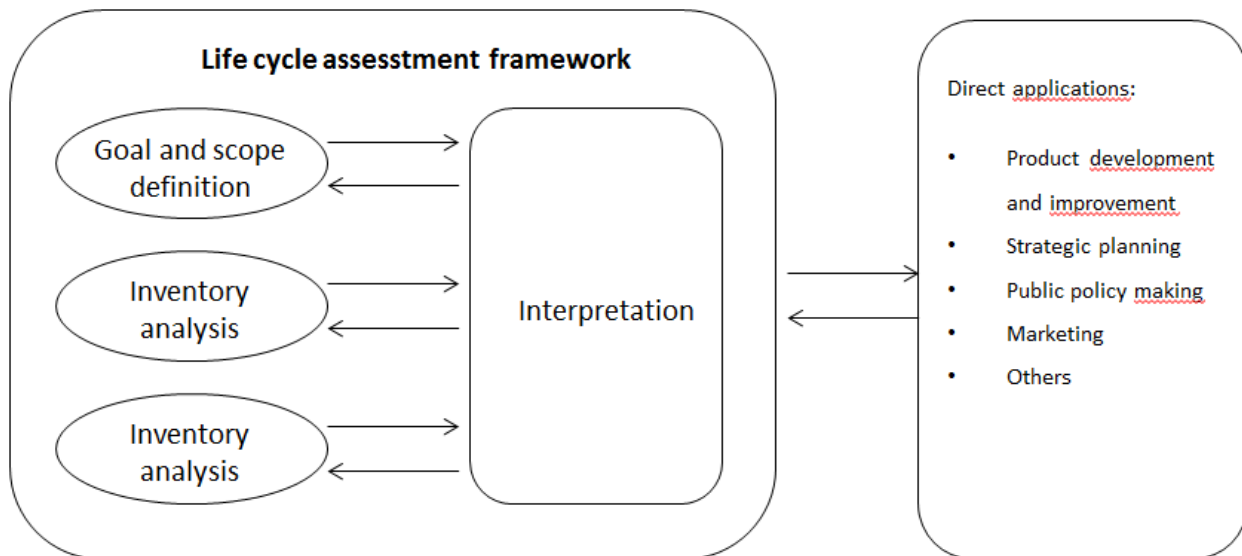


Figura 12 – Fasi di un’analisi LCA e possibili applicazioni del metodo.

3.3 Definizione dell’obiettivo e del campo di applicazione

La definizione dell’obiettivo è una fase molto importante, infatti le analisi che si svolgono nel corso dello studio sono finalizzate al raggiungimento dello stesso e per questo è necessario che esso sia chiaramente definito, chiarendo le motivazioni che hanno indotto ad effettuare lo studio ed il pubblico a cui è rivolto. Per quanto riguarda invece il campo di applicazione vanno definiti altri importanti parametri:

- 1- *il sistema studiato*, ovvero l’insieme dei processi unitari con i flussi elementari e dei prodotti;
- 2- *le funzioni del sistema*, che rappresentano le caratteristiche prestazionali del sistema studiato;
- 3- *i confini del sistema* per determinare i processi unitari da includere nell’LCA e quelli da escludere: tale passaggio è fondamentale poiché studiare lo stesso sistema con confini diversi può portare a risultati totalmente differenti tra loro. I principali criteri di inclusione o di esclusione per i flussi in input e in output dal sistema sono basati su contributi di “massa”, di “energia” o di “rilevanza ambientale”. È necessario esplicitare la scelta di non considerare qualche processo di input o di output in modo trasparente e dettagliato, per permettere a un altro utente di duplicare l’analisi di inventario;

- 4- *l'unità funzionale*, definita come prestazione quantificata del sistema di prodotto in esame, cioè l'unità di riferimento a cui riportare tutti gli input e gli output del sistema. Inoltre è un indice delle prestazioni del sistema poiché quantifica la funzione principale del sistema stesso. L'unità funzionale scelta deve essere coerente con l'obiettivo e il campo di applicazione ed è fondamentale per assicurare la comparabilità dei risultati dell'analisi, specialmente se si analizzano diversi sistemi;
- 5- *il flusso di riferimento*, ovvero i flussi di materia e energia in input al sistema necessari a soddisfare la funzione scelta;
- 6- *le procedure di allocazione*, cioè come viene eseguita la ripartizione dei flussi di materia ed energia in input o in output da un processo o da un sistema;
- 7- *i tipi di impatti analizzati*, determinando quali categorie di impatto, indicatori di categoria e modelli di caratterizzazione sono inclusi nello studio LCA;
- 8- *i requisiti di qualità dei dati*, i quali dovrebbero garantire copertura geografica, temporale e tecnologica, precisione, completezza, rappresentatività, coerenza, riproducibilità, oltre alla necessità di conoscere il grado di incertezza da cui sono affetti e le fonti di provenienza. È possibile distinguere tra dati di primo livello (sperimentali, raccolti direttamente nei siti di produzione associati ai processi inclusi nei confini del sistema), di secondo livello (ottenuti da letteratura), terzo livello (stime e dati medi). Naturalmente è sempre meglio disporre di dati di primo livello ed evitare ove possibile dati di terzo, intrinsecamente affetti da maggior incertezza, soprattutto per il “core process”, cioè il processo principale del sistema, per il quale è raccomandabile l'utilizzo di dati primari;
- 9- *le assunzioni*;
- 10- *i limiti dello studio*.

È importante poi distinguere tra due differenti tipi di modellazione (Finnveden et al., 2009):

- modellazione di tipo “attributional”, che pone l'attenzione nella descrizione dei flussi fisici d'interesse ambientale di un ciclo di vita e dei suoi sottoinsiemi;
- modellazione di tipo “consequential”, che descrive come i flussi rilevanti per l'ambiente cambieranno a causa di decisioni analizzate.

In sostanza, la *attributional* LCA descrive il sistema così com'è, inserendolo in una tecnosfera statica, mentre la *consequential* LCA inserisce il sistema in una tecnosfera dinamica

(Rigamonti, 2011). La scelta tra questi due tipi di modellizzazione ricade su diversi aspetti dello studio: generalmente, la modellizzazione consequential viene utilizzata in studi di tipo “decision-making”, cioè di supporto alle decisioni, mentre la modellizzazione attributional viene usata per rappresentare la situazione attuale, senza considerare eventuali effetti causati da decisioni future. Una consequential LCA ha quindi un grado di complessità maggiore, poiché include concetti addizionali, talvolta di carattere economico (es. costi marginali di produzione, elasticità di domanda e offerta, ecc.) (Finnveden et al., 2009). Nella attributional LCA vengono, invece, usati dati medi, cioè dati che rappresentano i carichi ambientali medi per produrre una unità di bene o servizio nel sistema (Finnveden et al., 2009).

3.4 Analisi di inventario

L’analisi di inventario è la fase preposta alla raccolta dei dati riguardanti i flussi in entrata e in uscita dal sistema studiato. La raccolta di dati è un processo iterativo, in quanto aumentando man mano la conoscenza del sistema può risultare necessario ricorrere all’identificazione di nuovi requisiti o limitazioni riguardo i dati stessi.

Un inventario deve seguire una procedura ben definita, così che i risultati di diversi inventari di LCA possano essere confrontabili. In proposito, è proprio la norma ISO 14040 che fornisce tale codice, garantendo l’affidabilità dell’inventario e rendendolo meno soggettivo di quanto avveniva in passato.

L’inventario comprende:

- definizione di un modello con relativo diagramma di flusso del sistema che riporti la suddivisione in unità di processo e le loro interrelazioni;
- descrizione di ogni unità di processo al fine di individuare i flussi di massa, di energia e di ogni altra grandezza fisica rilevante;
- raccolta dei dati relativi ai flussi elementari in ingresso e uscita da ciascuna unità di processo;
- validazione dei dati sulla base della descrizione dell’unità di processo attraverso bilanci di massa, energia o altre relazioni pertinenti alla specifica unità in oggetto;

I dati per ogni unità di processo all'interno dei confini del sistema possono essere classificati in categorie principali (Figura 13), tra cui (ISO 14040:2006):

- input energetici, input di materie prime, di materie ancillari, altri input fisici;
- prodotti, co-prodotti e rifiuti;
- emissioni in aria, acqua e suolo;
- altri aspetti ambientali.

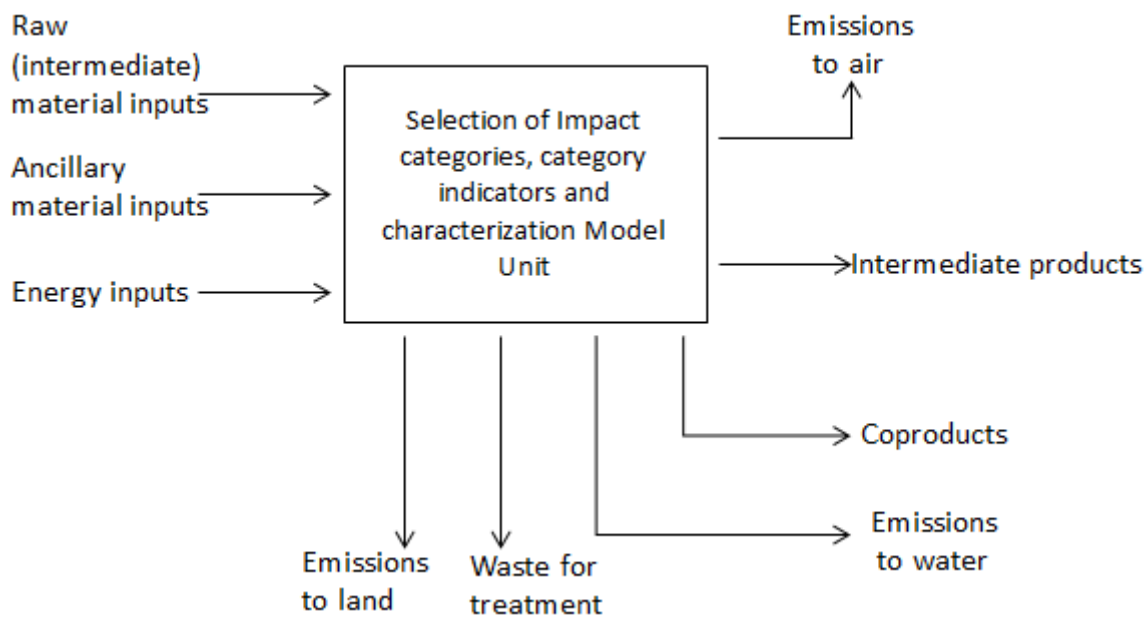


Figura 13 – Analisi di inventario su una singola unità di processo.

I calcoli relativi a input e output del sistema devono essere posti in relazione all'unità funzionale, e sono necessari per costituire l'inventario del sistema studiato.

Una problematica che potrebbe insorgere durante questa fase è collegata alla possibilità di avere più prodotti (un prodotto principale e uno o più sottoprodotti) in uscita dal sistema; in tal caso si può procedere attuando un'allocazione, ovvero la ripartizione dei carichi ambientali del processo tra i diversi prodotti in modo pesato. La norma ISO 14044:2006 suggerisce tuttavia di evitare se possibile l'allocazione e ciò può essere fatto in due modi:

- dividendo l'unità di processo da allocare in due o più sottoprocessi e raccogliendo i dati di input e output relativi a questi sottoprocessi;
- espandendo i confini del sistema di prodotto includendo funzioni aggiuntive relative ai coprodotti.

Nel momento in cui non sia possibile evitarla, la norma prevede la ripartizione degli impatti tra i diversi coprodotti, rispettando delle proporzioni di tipo fisico, basandosi ad esempio sulla massa (allocazione fisica) o, nel caso il criterio fisico non sia applicabile, delle proporzioni di tipo economico, basandosi ad esempio sul prezzo di mercato (allocazione economica). Un caso particolare di allocazione avviene quando vi è riuso o riciclo di uno dei prodotti; in tal caso possono esserci complicazioni poiché (ISO 14044:2006):

- riuso e riciclo possono comportare che gli ingressi e le uscite associate ai processi unitari per estrazione e lavorazione delle materie prime e smaltimento finale dei prodotti debbano essere condivisi da più di un prodotto del sistema;
- riuso e riciclo potrebbero cambiare le proprietà del materiale nei successivi usi;
- è necessaria un'attenzione particolare per definire i confini del sistema riguardo ai processi di recupero.

Le procedure di allocazione per riuso e riciclo sono generalmente due (ISO 14044:2006):

- la procedura “closed-loop” si applica quando il materiale da avviare al riciclo rientra nel medesimo processo che lo ha generato;
- la procedura “open-loop” si applica quando il materiale di riciclo entra in un altro processo, variando le sue proprietà intrinseche.

Anche in questo caso la procedura deve seguire, se possibile, basi fisiche, altrimenti criteri economici o relativi al numero di usi conseguenti del materiale.

3.5 Analisi degli impatti

Come introdotto nei capitoli precedenti, l'analisi degli impatti o LCIA consiste nell'associare alla lista di dati ottenuta durante l'analisi di inventario degli impatti ambientali appartenenti a categorie di impatto definite. Attraverso la fasi di identificazione degli impatti, inoltre, le molteplici informazioni raccolte con la fase di LCI vengono aggregate in un numero limitato di indicatori di impatto: questa prima fase adotta le categorie di impatto definite “di livello Midpoint” (Baumann e Tillman, 2004). Sviluppando ulteriormente questa prima fase, i risultati del livello di midpoint vengono tradotti nei loro potenziali danni alle cosiddette “aree di protezione”, ovvero la salute umana, la qualità degli ecosistemi e le risorse: questa seconda fase

di LCIA si avvale dell'utilizzo di indicatori "endpoint" (Consoli et al., 1993). Prendendo in considerazione tali aree di protezione, la fase di LCIA applica una prospettiva olistica sugli impatti ambientali in quanto analizza non solo gli impatti tossici, ma anche ulteriori danni ad altre categorie di impatto quali emissioni di inquinanti atmosferici (es. global warming, acidificazione, formazione di smog fotochimico) o scarichi in acqua (eutrofizzazione), così come gli impatti ambientali relativi al cambiamento di uso di suolo o all'uso di risorse non rinnovabili (Finnveden et al., 2009).

Per quanto riguarda le categorie di impatto, esse possono essere divise in due gruppi:

- categorie di input: si riferiscono agli impatti connessi a materiali o risorse consumate;
- categorie di output: si riferiscono agli impatti causati dalle emissioni di diverse sostanze.

Le categorie di impatto adottate per uno studio sono solitamente categorie esistenti. Tra le principali si annoverano le seguenti:

- **Effetto serra**

La valutazione riguardante il contributo in termini di effetto serra causata dal processo è sviluppata mediante l'indicatore GWP (*Global Warming Potential*), definito come (IPCC, 2007):

$$GWP = \sum GWP_i \cdot m_i$$

GWP_i = potenziale di riscaldamento della sostanza i-esima [kg CO₂ eq/kg];

m_i = massa della sostanza i-esima [kg].

Il risultato è espresso in termini di kg CO₂ eq, per rapportare il contributo di ogni gas a quello dell'anidride carbonica.

Il Global Warming Potential di un composto i è calcolato come:

$$GWP_i = \frac{\int a_i \cdot c_i dt}{\int a_{CO_2} \cdot c_{CO_2} dt}$$

Dove a_i è la forzante radiativa per l'aumento di una unità di concentrazione di gas serra i-esimo [W/(m²kg)], mentre c_i è la concentrazione di gas serra i-esimo al tempo t dopo il rilascio [kg/m³]. Il tutto è riferito all'assorbimento della radiazione infrarossa di 1 kg di CO₂.

- **Assottigliamento della fascia di ozono**

Esprime il potenziale di assottigliamento dello strato di ozono delle sostanze e utilizza come indicatore di categoria l'ODP (*Ozone Depletion Potential*), con unità di misura i kg CFC-11 equivalenti e formulazione seguente:

$$ODP = \sum ODP_i \cdot m_i$$

ODP_i = potenziale di degrado della sostanza i-esima [kg CFC-11 eq/kg];

m_i = massa della sostanza i-esima [kg].

- **Acidificazione**

Esprime il contributo all'abbassamento del pH di laghi, foreste e suolo a causa di emissioni di ossidi di zolfo (SO_x) e, in parte minore, di ossidi di azoto (NO_x). Questo contributo è espresso in termini di kg SO_x eq e l'indicatore di categoria è il potenziale di acidificazione, definito come (Heijungs et al., 1992):

$$AP = \sum AP_i \cdot m_i$$

AP_i = potenziale di acidificazione della sostanza i-esima [kg SO_2 eq/kg];

m_i = massa della sostanza i-esima [kg].

- **Eutrofizzazione**

Questo fenomeno, che consiste nella limitazione della crescita degli organismi viventi causata dall'arricchimento in nutrienti del loro habitat, è fortemente condizionato dalle condizioni locali. Sono stati definiti dei potenziali di eutrofizzazione, espressi in kg di NO_3^- o in kg di PO_4^{3-} .

- **Smog fotochimico**

È un fenomeno causato da ossidi di azoto e composti organici volatili (COV), presenti in atmosfera a causa di meccanismi antropici o naturali. Queste sostanze, in giornate particolarmente soleggiate, innescano delle reazioni fotochimiche indotte dai raggi UV del sole, con formazione di ozono, acido nitrico (HNO_3), perossiacetil nitrato (PAN), perossibenzoil nitrato (PBN), aldeidi e altre sostanze. Il complesso di queste sostanze viene denominato smog fotochimico e costituisce gran parte dello smog delle aree urbane.

Per ognuna delle sostanze sono stati determinati dei potenziali, i POCP, definiti come rapporti tra variazione di concentrazione di ozono causata dall'emissione della sostanza in esame e variazione di concentrazione di ozono causata dall'emissione di etilene (C₂H₄). L'indicatore della formazione fotochimica di ozono è quindi espresso in kg di C₂H₄ equivalenti come:

$$\text{formazione fotochimica di ozono} = \sum_i \text{POCP}_i \cdot m_i$$

POCP_i = potenziale di formazione fotochimica di ozono della sostanza i-esima [kg C₂H₄ eq/kg];

m_i = massa della sostanza i-esima [kg].

- **Tossicità per l'uomo**

È un effetto molto difficile da valutare, poiché l'impatto è di tipo locale e dipende da diversi fattori, quali predisposizione, durata dell'esposizione, ecc. L'indicatore di tossicità umana è espresso in kg di 1,4 diclorobenzene (DCB) equivalenti come:

$$\text{tossicità umana} = \sum_i \text{HTP}_i \cdot m_i$$

HTP_i = potenziale di tossicità umana della sostanza i-esima [kg 1,4-DCB eq/kg];

m_i = massa della sostanza i-esima [kg].

- **Consumo di risorse non rinnovabili**

Il consumo di risorse non rinnovabili è generalmente espresso in MJ o in kg di materie consumate. Vi sono numerosi approcci per definire il consumo di risorse.

Le categorie di impatto sono determinate, come già accennato, su due livelli: midpoint ed endpoint (Figura 14). Il livello midpoint consiste in categorie con indicatori facilmente calcolabili e di cui si ha un buon livello di conoscenza. Le categorie endpoint sono minori in numero e conducono a un risultato di più facile comprensione, ma con un maggior grado di incertezza. Ad esempio, i gas serra contribuiscono al riscaldamento globale, e gli effetti vengono aggregati nel GWP, indicatore a livello midpoint. Questi effetti possono poi disturbare la salute dell'uomo, e ciò viene espresso introducendo il DALY (Disability-Adjusted Life Years), indicatore endpoint che misura il danno alla salute (Finnveden et al., 2009).

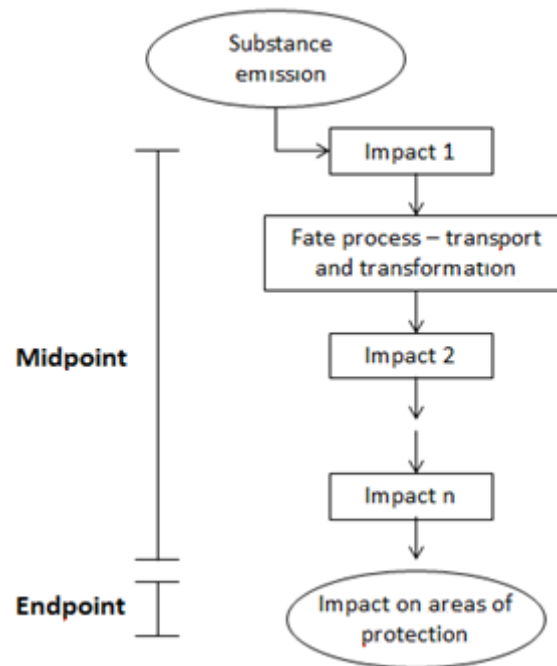


Figura 14 – Aree di competenza dei livelli Midpoint ed Endpoint.

A questo punto si possono definire gli aspetti metodologici della fase di LCIA; essa si compone di elementi obbligatori e opzionali (Figura 15).

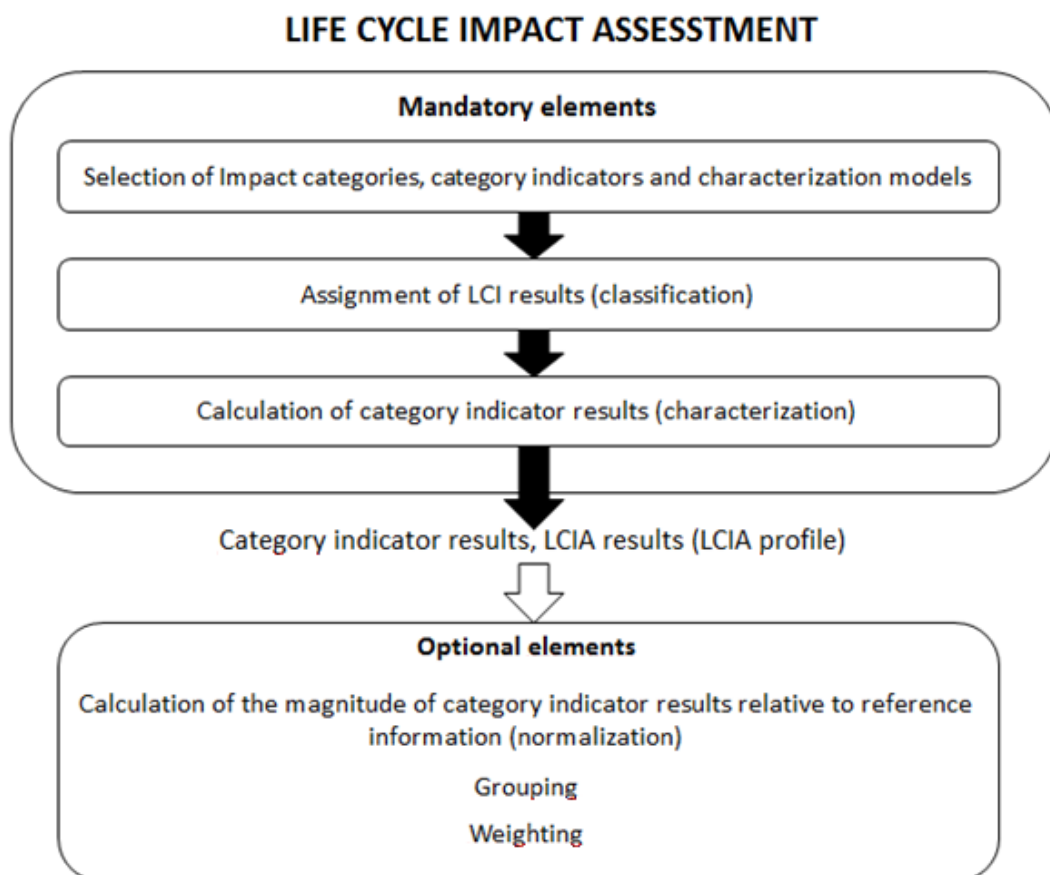


Figura 15 – Elementi obbligatori e opzionali della fase di analisi degli impatti.

Quelli obbligatori sono (ISO14040:2006):

1. *definizione delle categorie di impatto*, degli indicatori di categoria e dei modelli di caratterizzazione: le categorie di impatto scelte sono quelle ritenute rilevanti per lo studio in esame;
2. *classificazione*: assegnazione dei parametri dell'LCI alle categorie di impatto cui si riferiscono;
3. *caratterizzazione*: calcolo dei risultati degli indicatori di categoria (tramite appropriati modelli) convertendo i risultati dell'LCI in una sola grandezza, tramite dei fattori di caratterizzazione, e aggregando tali risultati all'interno della medesima categoria di impatto. Questa operazione fornisce un risultato numerico, generalmente dotato di una dimensione, che rappresenta la quantificazione dell'impatto considerato.

Gli elementi opzionali sono:

4. *normalizzazione*: calcolo dell'entità dei risultati per ogni indicatore di categoria rispetto ad un valore di riferimento, con lo scopo di evidenziare il valore relativo di ciascun indicatore. La normalizzazione, infatti, spesso avviene dividendo il risultato di un indicatore per un valore di riferimento selezionato a priori. Le scelte più comuni sono:
 - il valore complessivo della grandezza in questione per una data area globale, regionale, nazionale o locale che sia;
 - il valore complessivo per una data area e per persona;
 - il valore della grandezza in questione in uno scenario di riferimento;
5. *raggruppamento*: aggregazione di più categorie di impatto in settori omogenei. Spesso si predefiniscono delle macro-categorie di danno (salute umana, risorse non rinnovabili, danni all'ecosistema, ecc.) e si raggruppano le categorie d'impatto in base al ruolo che hanno in ciascuna categoria di danno. Il raggruppamento è quindi una forma di classificazione delle categorie di impatto;
6. *pesatura*: procedura qualitativa o quantitativa che permette di dare un peso ad ogni categoria di impatto, in modo tale da evidenziare le categorie ritenute più importanti dell'analisi. Lo scopo di questa operazione è quello di giungere ad un risultato finale rappresentato da un unico indice che definisca l'impatto globale esercitato dall'attività in

esame (Baldo et al., 2008). I risultati degli indicatori di categoria, eventualmente normalizzati, vengono convertiti in valori pesati mediante fattori numerici che traducono il peso relativo che l'analista attribuisce a quella categoria di impatto. I metodi per generare i fattori di pesatura si basano essenzialmente sulle scienze sociali e sono affetti da un certo grado di soggettività.

Ulteriori analisi aggiuntive di qualità dei dati utili per meglio comprendere la significatività, l'incertezza e la sensibilità dei risultati dell'LCIA possono essere:

- analisi dei contributi: procedura volta ad identificare gli elementi che contribuiscono maggiormente ad un certo impatto;
- analisi di incertezza: procedura statistica usata per capire in che modo le incertezze nei dati e nelle ipotesi incidono sull'affidabilità dei risultati dell'LCIA;
- analisi di sensibilità: procedura per determinare in che modo le modifiche delle scelte metodologiche e dei dati incidono sui risultati dell'LCIA (per capire qual è l'influenza delle assunzioni più importanti);
- analisi delle perturbazioni: individuare i parametri la cui variazione anche minima va ad influire notevolmente sui risultati e quei parametri la cui variazione, anche se grande, risulta essere irrilevante.

3.6 Metodi di caratterizzazione

I metodi di caratterizzazione sono modelli che includono categorie di impatto, indicatori ed eventuali fattori di normalizzazione e pesatura. La scelta di un metodo dipende da fattori quali obiettivi dello studio, destinatari dello stesso o del paese in cui saranno pubblicati i risultati. Di seguito sono presentati alcuni tra i principali metodi di caratterizzazione.

Greenhouse Gas Protocol (GGP)

Tale metodo si utilizza per valutare la *carbon footprint* (impronta di carbonio) di un prodotto, ovvero l'emissione totale netta (differenza tra emissioni e rimozioni) di gas serra (“*greenhouse gases*”-GHG) nell'atmosfera, esprimendo il risultato in termini di kg CO₂ equivalente. Il metodo GGP è di fatto un aggiornamento del precedente metodo dell'IPCC 2007, in quanto ne

utilizza gli stessi fattori di caratterizzazione, ovvero i GWP_{100} dei gas emessi, cioè i potenziali di riscaldamento calcolati su un orizzonte temporale di 100 anni, espressi sempre come kg CO_2 equivalente; la differenza col precedente metodo sta nel fatto che i valori di kg CO_2 equivalente ottenuti sono divisi in quattro categorie:

- fossil CO_2 : emissioni di anidride carbonica equivalente originate dall'utilizzo di combustibili fossili;
- biogenic CO_2 : emissioni di anidride carbonica equivalente originate dall'uso di fonti biogeniche come le biomasse;
- CO_2 from Land Transformation: emissioni di anidride carbonica equivalente provenienti da trasformazioni del territorio e sfruttamento del suolo;
- CO_2 uptake: anidride carbonica immagazzinata nelle piante e nella biomassa durante la fase di vita. Questo valore è sempre negativo poiché rappresenta anidride carbonica sottratta all'ambiente.

Cumulative Energy Demand (CED)

Sviluppato da Boustead & Hancock nel 1979, tale metodo si propone di quantificare i consumi energetici (espressi in MJ equivalenti) di un sistema produttivo. Si tratta di una valutazione di tipo midpoint, nella quale l'utilizzo delle risorse energetiche viene suddiviso in cinque categorie di impatto:

1. energia non rinnovabile, fossile;
2. energia non rinnovabile, nucleare;
3. energia rinnovabile, biomasse;
4. energia rinnovabile, eolica, solare e geotermica;
5. energia rinnovabile, idroelettrica.

Tale metodologia consente il calcolo delle diverse tipologie di energia utilizzata:

- energia diretta: richiesta per alimentare il processo produttivo e direttamente consumata nelle fasi connesse alla produzione stessa;
- energia indiretta: necessaria per la produzione, l'estrazione ed il trasporto dell'energia e dei combustibili usati nel processo;

- energia di feedstock: contenuto energetico dei materiali potenzialmente combustibili impiegati nel processo non come fonte di energia, quindi energia che è potenzialmente recuperabile a fine vita.

Il limite intrinseco di tale sistema è il fatto di essere legato unicamente ai carichi energetici delle diverse operazioni coinvolte nel sistema produttivo, così da non poter fornire da solo un quadro esaustivo dell'effettivo carico ambientale del sistema stesso; da qui la necessità di affiancarlo ad un altro metodo di indagine che vada a considerare ulteriori categorie di impatto, altri effetti ambientali ed i relativi fattori di caratterizzazione.

Eco-indicator 99

Questo metodo, derivato da un aggiornamento della versione del 1995, è basato su un approccio endpoint e permette di calcolare un singolo punteggio che quantifica l'impatto totale sull'ambiente. Le categorie di danno considerate sono tre (Goedkoop e Spriensma, 2000):

- **Salute umana** (*Human health*): come unità di misura si usa l'indice DALY (Disability Adjusted Life Years), calcolato come la somma tra gli anni di vita persi (YLL, "Years of Life Lost") e gli anni di vita passati in disabilità (YLD, "Years of Life Disabled"). Il DALY si basa su un'aspettativa di vita media, che però varia in base al periodo e al luogo geografico.
- **Qualità dell'ecosistema** (*Ecosystem quality*): usa come unità PDF·m²·yr (PDF: Potentially Disappeared Fraction of species, cioè la variazione percentuale di specie animali o vegetali che hanno un'alta probabilità di non sopravvivere a seguito degli impatti). In generale, la qualità di un ecosistema è rappresentata dalla varietà di specie, cioè maggiore è il numero delle specie esistenti e maggiore è la qualità dell'ecosistema.
- **Risorse** (*Resources*): come unità di misura si usa MJ surplus energy, ossia il surplus di energia necessario per estrarre 1 kg di materiale quando il suo consumo sarà 5 volte quello del 1990. Il consumo di risorse è una delle fasi più importanti di una LCA, per tenere conto del rischio che le generazioni future non ne abbiano sufficiente disponibilità.

Il metodo può essere realizzato seguendo tre distinti approcci, che servono per raggruppare assunzioni e scelte simili:

- Individualist (I), cioè individualista: tende a dare maggiore importanza a una prospettiva di breve termine (20 anni), è il punto di vista più ottimista, poiché presuppone una totale adattabilità della specie umana ai cambiamenti e considera solo gli impatti accertati dalla comunità scientifica;
- Hierarchist (H) cioè gerarchia: è la prospettiva a medio termine (100 anni) e considera i più comuni principi della politica, con uno sguardo alla cornice temporale e altri fattori;
- Egalitarian (E) cioè ugualitaria: è la prospettiva a lungo termine (500 anni) ed è la più conservativa; considera anche gli impatti ancora incerti e a lungo termine. Non considera un'adattabilità e quindi per tutti gli impatti valuta gli effetti peggiori possibili.

In base a questo, esistono tre versioni dello stesso modello: Eco-indicator 99(I), Eco-indicator 99 (H) e Eco-indicator 99 (E). Ogni utente può scegliere la metodologia che predilige, anche considerando le caratteristiche e gli obiettivi della LCA.

Nella fase di valutazione del danno sono sommati nelle tre citate categorie di danno i dati pertinenti derivanti dalla caratterizzazione e relativi alle categorie di impatto considerate in tale metodo. Si osservino in Figura 16 le tre categorie di danno e le categorie di impatto presenti nel metodo Eco-indicator 99.

Gli impatti vengono quindi normalizzati considerando un livello europeo, cioè il danno causato da un cittadino europeo in un anno. Per calcolare i valori normalizzati si ricorre all'approccio scelto (individualista, gerarchico o ugualitario) e infine si ha la pesatura per ottenere un singolo punteggio, dato dalla somma dei tre contributi: più il punteggio è alto, più è alto l'impatto sull'ambiente. Per agevolare la pesatura è possibile ricorrere al metodo del triangolo ("mixing triangle", Figura 17), che permette di rappresentare contemporaneamente le tre categorie di danno, assegnando a ciascuna di esse un peso relativo: sui tre lati sono rappresentate le tre macro-categorie di impatto (categorie di danno) secondo una percentuale di importanza crescente in senso orario. Possono poi essere tracciate delle linee d'indifferenza lungo le quali l'importanza di uno dei danni rimane costante: ogni punto nel triangolo, individuato grazie a queste linee, rappresenta quindi una somma pesata delle importanze relative delle tre macro-categorie.

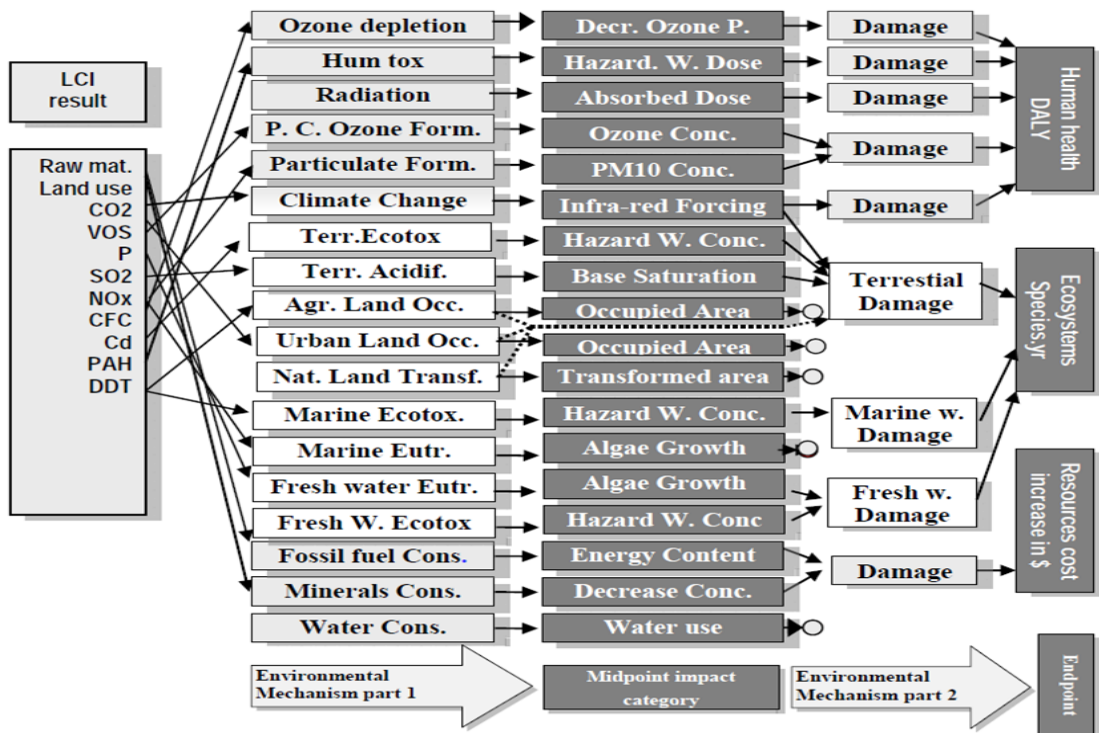


Figura 16 – Categorie di danno e categorie di impatto del metodo “Eco-indicator 99”.

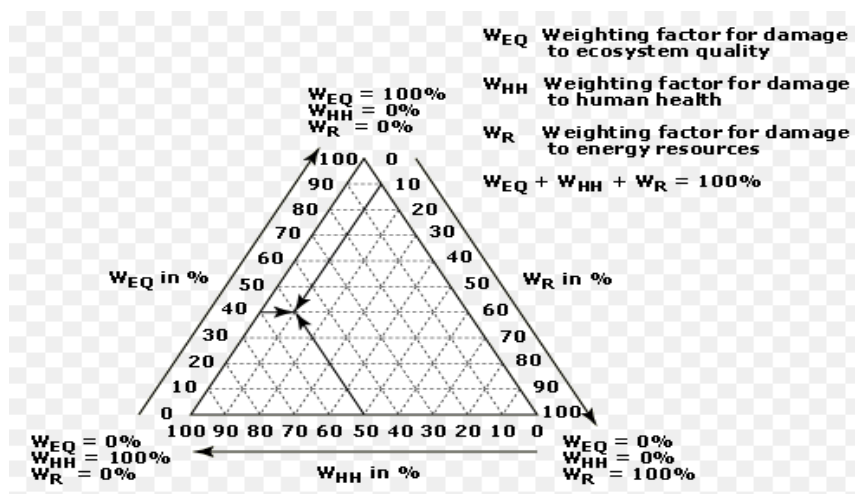


Figura 17 – “Mixing Triangle” per la valutazione dell’impatto col metodo “Eco-indicator 99”.

ReCiPe 2008

L’utilizzo di metodi di calcolo che tengano conto di più categorie d’impatto permette un’analisi di sostenibilità di prodotto/processo più organica e completa. Il metodo più completo e aggiornato è ReCiPe 2008, sviluppato sulla base dell’Eco-indicator 99 e del CML 2001. Questi metodi convertono le emissioni di sostanze inquinanti e l’estrazione di risorse naturali in

indicatori di categoria a livello midpoint (CML 2001) o endpoint (Eco-indicator 99): di qui la necessità di elaborare un metodo per poter presentare i risultati a entrambi i livelli. Quindi il metodo ReCiPe prevede sia un approccio midpoint, con 18 categorie di impatto, che un approccio endpoint, con tre categorie di danno:

- Danno alla salute umana;
- Danno alla diversità dell'ecosistema;
- Danno alla disponibilità di risorse.

Uno degli scopi principali del progetto ReCiPe è quindi quello di poter disporre in maniera congiunta di entrambe le tipologie di indicatori per lo studio di uno stesso meccanismo ambientale. Le categorie midpoint ed endpoint sono analoghe a quelle viste per “Eco-indicator 99” in Figura 16. Si noti come alcune categorie a livello midpoint (Occupied area, Transformed area, ecc.) non vengono considerate in un ulteriore modello ambientale per il calcolo relativo alle categorie di endpoint.

In accordo con Eco-indicator 99, anche ReCiPe è stato realizzato in tre versioni, ovvero quella individualista, quella gerarchica e quella ugualitaria.

3.7 Interpretazione dei risultati

La fase di interpretazione dei risultati chiude un'analisi LCA. L'obiettivo è quello di interpretare i risultati ottenuti dalle fasi precedenti dello studio nell'ottica di dare risposte soddisfacenti all'obiettivo preposto e mettere in evidenza i principali aspetti di rilevanza ambientale. Un riesame critico dei risultati porta a una conseguente individuazione dei possibili cambiamenti da implementare nel processo studiato al fine di migliorare l'intero ciclo di vita in termini di minore impatto ambientale. A tal proposito, la norma UNI EN ISO 14044 specifica che l'interpretazione deve articolarsi in tre tipi di controlli:

- di completezza: deve garantire la disponibilità e la completezza di tutte le informazioni e i dati;
- di sensibilità: deve stabilire l'attendibilità dei risultati finali e delle conclusioni;
- di coerenza: necessaria per determinare la coerenza delle ipotesi, dei metodi e dei dati con l'obiettivo ed il campo di applicazione.

3.8 Il software SimaPro8

Per svolgere l'analisi del ciclo di vita si è utilizzato il software SimaPro8, sviluppato dalla società olandese Pre Consultants. Il software viene oggi ampiamente utilizzato da centri di ricerca, aziende e società di consulenza in più di 80 paesi, rappresentando uno strumento efficace, flessibile e sufficientemente completo per svolgere analisi del ciclo di vita in campi anche molto diversi tra di loro; questo grazie alle banche dati in esso contenute: Ecoinvent Processes, DK Input Output Database 99, ETH-ESU 96, Franklin USA 98 IDEMAT 2001, Industry Data, LCA Food DK, USA Input Output Database 99. La ricchezza dei database risulta essere fondamentale, in quanto garantisce la conoscenza di un'enorme mole di informazioni anche riguardo a dati non noti o non ottenibili direttamente dal processo in esame, oltre a permettere di eseguire eventualmente confronti utilizzando dati provenienti da database diversi.

Ciò che SimaPro permette di fare è la costruzione di modelli, anche complessi dal punto di vista del ciclo di vita, di prodotti o servizi, restituendo gli output analizzati nei paragrafi sopra, avendo come fine ultimo differenti possibili applicazioni:

- Calcolo della carbon footprint;
- Eco-design di prodotto;
- Dichiarazione ambientale di prodotto (EPD, *Environmental Product Declaration*);
- Impatti ambientali di prodotto e servizi;
- Reporting ambientale (GRI, *Global Reporting Initiative*).

Nell'ambito del caso di studio del presente elaborato, verranno utilizzate due banche dati:

- *Ecoinvent*: sviluppato dallo Swiss Center for Life Cycle Inventories, è la banca dati più completa, con oltre 2700 processi industriali descritti e dati riguardati tutti i settori di principale interesse (energia, trasporti, materiali da costruzione, chimici, agenti di lavaggio, agricoltura e gestione dei rifiuti);
- *LCA Food DK*: si tratta di un database danese completamente dedicato al settore alimentare. È stato creato da alcuni professionisti del settore (Nielsen P.H., Nielsen A.M., Weidema B.P., Dalgaard R. and Halberg N.) grazie al finanziamento da parte del "Danish Ministry of Food, Agriculture and Fisheries".

Nel caso di studio si è ricorso all'utilizzo del database LCA Food DK solo nel momento in cui Ecoinvent presentava delle carenze in termini di dati, infatti esso è in continuo sviluppo e aggiornamento ed è comunque preferibile il suo utilizzo in quanto sfrutta dati di tipo globale, quindi sicuramente più generali rispetto al primo, che utilizza invece dati danesi.

Per quanto riguarda Ecoinvent, esso presenta due tipi di dati, contraddistinti dalla lettera "U" o dalla lettera "S". Le cartelle "U" sono le più complete in quanto descrivono il processo come un insieme di sottoprocessi a loro volta contenuti nella banca dati: in tal modo è possibile controllare l'accuratezza del processo e modificarlo laddove sia necessario per adattarlo al caso di studio specifico. Al contrario le cartelle "S" non permettono di visualizzare i dati relativi ai singoli sottoprocessi, così che non è possibile valutare l'effettiva corrispondenza tra il processo reale che si sta esaminando e quello contenuto in banca dati che serve per la sua rappresentazione. Per questi motivi i dati utilizzati provenienti dal database Ecoinvent saranno sempre di tipo "U".

Completata la fase di analisi di inventario, SimaPro permette di sviluppare un'analisi degli impatti scegliendo il metodo di caratterizzazione che più si adatta allo studio da eseguire. I risultati vengono restituiti in forma di tabelle o grafici con la possibilità di essere esportati su Excel. I risultati di un processo possono essere visualizzati attraverso diverse funzioni di calcolo presenti nel software:

- Network e Albero: è un diagramma a blocchi che definisce il contributo di ogni sottoprocesso al punteggio del processo analizzato. Tale rappresentazione consente di visualizzare sia il punteggio complessivo che i risultati disaggregati riguardanti le varie categorie di impatto o di danno fino ad arrivare all'inventario, in cui si può osservare l'emissione e il consumo di ogni singola sostanza. È possibile ottenere l'albero solo se nel processo non sono presenti loops, altrimenti è comunque possibile configurare una rete (network) con le stesse funzionalità;
- Analisi: fornisce i risultati in forma di grafici a barre o di tabelle e si può suddividere in diverse sezioni a seconda della visualizzazione degli impatti scelta;
- Confronto: permette di confrontare le prestazioni ambientali di più processi mettendone in evidenza vantaggi e svantaggi;

- Analisi di incertezza: tutti i dati nei modelli del ciclo di vita sono affetti da incertezza. L'analisi Monte Carlo è un metodo numerico usato per calcolare, a partire dall'incertezza dei dati, una distribuzione statistica dei risultati nella valutazione dell'impatto.

CAPITOLO 4

CASO DI STUDIO

-Il settore del catering-

4.1 Cosa si intende per catering

Il catering rientra nelle tipologie di servizi di ristorazione e in particolare il termine deriva dall'inglese "to cater" che significa provvedere al rifornimento di cibi e bevande; parlando di catering, in realtà, si intende anche un altro tipo di attività, ovvero quella di "banqueting", che si riferisce invece all'organizzazione e alla presentazione di un banchetto. "Caterer" è infine la parola inglese per indicare il fornitore di cibi e bevande, nella forma di persona fisica o azienda specializzata, preposto all'erogazione del servizio; esso può essere ad esempio un'attività di ristorazione che offre anche servizio di catering, un privato che opera per conto proprio, piuttosto che un'azienda che si occupa esclusivamente di questo.

Le tipologie di attività di catering sono numerose, anche se tutte accomunate dallo stesso concetto di base, ovvero quello di fornire un'attività di ristorazione a distanza; il concetto della distanza è in effetti uno degli aspetti di maggiore rilevanza, in quanto implica la necessità di un trasporto di cibo e bevande ed eventualmente anche di materiale. Come si vedrà nel seguito del presente elaborato, il trasporto è appunto uno dei principali fattori di impatto ambientale e per questo verrà svolta un'analisi più approfondita in merito.

Le attività principali che rientrano nella definizione di catering sono in linea generale le seguenti:

- Servizi di mensa per scuole e aziende;

- Banchetti per matrimoni, feste e cerimonie, pubbliche o private;
- Banchetti in occasione di eventi (riunioni, convegni, esposizioni ecc.).

Tali attività differiscono le une dalle altre per la tipologia di servizio offerto (buffet o servizio al tavolo), per il quantitativo di cibo utilizzato e anche per la tipologia di pietanze proposte, oltre che per il tipo e la quantità di materiale da trasportare. Tipicamente i banchetti matrimoniali risultano essere, a parità di persone, quelli con maggiore varietà e quantitativi di cibo e materiale utilizzati; è proprio per questa ragione che il caso di studio di cui si occuperà nel seguito questa tesi considererà come tipologia di servizio il matrimonio, ipotizzando che sia l'attività maggiormente impattante tra tutte.

4.2 Motivi di interesse verso questo settore

L'interesse nell'eseguire uno studio LCA di un servizio di catering risiede in diverse motivazioni:

- è un servizio di ristorazione, e in quanto tale, rientra nella più ampia panoramica (analizzato nei capitoli precedenti) della sostenibilità della filiera alimentare;
- è un settore caratterizzato da un elevato tasso di crescita, soprattutto da vent'anni a questa parte, non solo in Italia ma anche all'estero;
- in letteratura non sono presenti studi riguardanti tale settore, e proprio per questo uno degli obiettivi di questa tesi è quello di creare le basi, attraverso un'analisi preliminare, per futuri approfondimenti.

4.3 Caso di studio: obiettivo e campo di applicazione

Lo studio svolto ha come oggetto una ditta di catering con sede a Caravaggio (BG), principalmente operante in Lombardia: è stata quindi analizzata la struttura dell'azienda, la catena di fornitura e le modalità con cui opera nell'offrire il servizio, raccogliendo quindi i dati primari necessari allo svolgimento dell'analisi. L'impresa rientra nella categoria delle piccole-medie aziende ed è stata scelta anche perché molto rappresentativa del settore in esame, operando come catering da circa 15 anni.

4.3.1 Unità di processo e flussi

L'analisi del sistema nel suo complesso ha portato alla sua seguente schematizzazione (Figura 18):

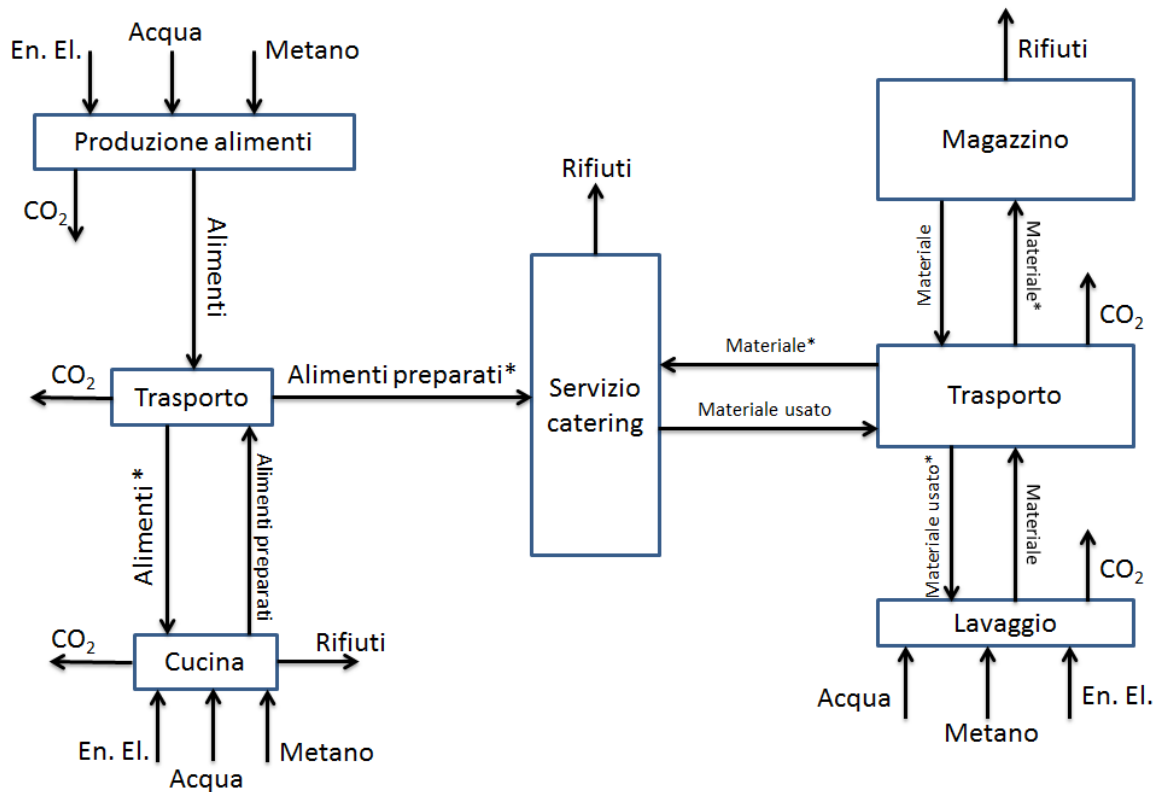


Figura 18 – Diagramma di flusso del sistema analizzato.

4.3.2 Obiettivi ed unità funzionale

Lo studio si propone di raggiungere diversi obiettivi:

- Creare le basi per future analisi approfondite per il settore del catering.
- Confrontare menù alternativi in termini di impatto ambientale dovuto alla produzione, al trasporto e al consumo di diversi alimenti; in particolare, si è deciso di fare un'analisi per tre tipi di menù: uno a base di carne, uno a base di pesce e uno vegetariano. Tali menù sono stati selezionati tra le proposte più richieste all'interno dell'offerta della ditta in analisi. Un'altra differenziazione svolta caratterizzante i menù è quella riguardante l'utilizzo di prodotti di diversa provenienza: materie prime locali oppure non locali,

ovvero prodotti d'importazione; in totale si ottengono sei menù, tre caratterizzati dal consumo di prodotti locali e tre menù caratterizzati da prodotti di importazione.

- Analizzare la fase del trasporto per mettere in evidenza il suo contributo sull'impatto totale e come tale contributo possa variare nei diversi scenari: circa la fase del trasporto, l'interesse sta nel fatto che, come in precedenza accennato, un'attività di catering è intrinsecamente caratterizzata dalla movimentazione di materiale ed alimenti da trasportare per ogni servizio in un luogo esterno alla ditta. Proprio per questo lo studio analizzerà tale fase osservando come varia l'impatto al variare della distanza e del numero e del tipo di furgoni utilizzati.
- Integrare le due analisi precedenti in diversi scenari, per mettere in evidenza come varia in contributo di ciascun componente al variare della tipologia e delle modalità di servizio.

Tutti gli obiettivi esposti sin qui verranno riferiti all'unità funzionale scelta: essa consiste in un servizio catering effettuato presso location differenti per un evento matrimoniale a cui partecipano 100 ospiti;

4.3.3 Confini del sistema

Per questo studio è necessario considerare all'interno dei confini del sistema, oltre alle fasi del servizio stesso, anche la fase di produzione delle materie prime e del loro trasporto, che ovviamente può variare di molto a seconda che si considerino prodotti locali o di importazione.

Lo studio inoltre non considera la fase di trattamento dei rifiuti, sia per difficoltà nel reperire i dati (la produzione di rifiuti è estremamente variabile e soggetta talvolta a difficoltà nell'attuare una corretta raccolta differenziata) sia per la complessità dell'argomento.

Un altro processo escluso dal confine è la fase di lavaggio del materiale: la sede adibita a tale funzione possiede un impianto di trattamento delle emissioni atmosferiche, che tuttavia non verrà considerato nel presente studio. Non verrà considerato nemmeno l'utilizzo di detersivi e quindi il loro ciclo di vita. Per la fase di lavaggio verranno utilizzati solamente i dati relativi ai consumi elettrici, idrici e di gas metano.

Un altro aspetto incluso solo parzialmente nell'analisi effettuata è il materiale da allestimento: ogni anno l'azienda investe denaro per acquistare nuovo materiale, in parte per aumentare la varietà degli allestimenti, in parte per rimpiazzare materiale rotto o usurato; considerata tuttavia l'enorme varietà di oggetti utilizzati e l'incertezza e la variabilità della loro vita utile (si pensi a un bicchiere che potrebbe durare per alcuni anni o rompersi al primo utilizzo), è molto difficile stabilire in modo oggettivo la modalità di inserimento di tali oggetti in uno studio di questo tipo. Per tali motivi gli unici aspetti relativi all'utilizzo del materiale considerati riguarderanno il suo trasporto a partire dal magazzino della ditta al luogo del servizio; verranno, invece, esclusi dallo studio la fase di produzione e il trasporto dal fornitore all'azienda acquirente.

In ultimo, si è deciso di non considerare gli impatti legati ai consumi che avvengono durante il servizio dei clienti in quanto trascurabili rispetto invece agli impatti della preparazione del menù in sede; in particolare, gli impatti dovuti alla fase di servizio dei clienti sono causati dalla cottura finale del cibo con l'utilizzo quindi di gas metano, l'utilizzo di energia elettrica (non quantificabile facilmente in quanto molto variabile e a carico della location) e il consumo di acqua.

In Figura 19 si riporta il confine del sistema in cui è possibile osservare i cut-off effettuati.

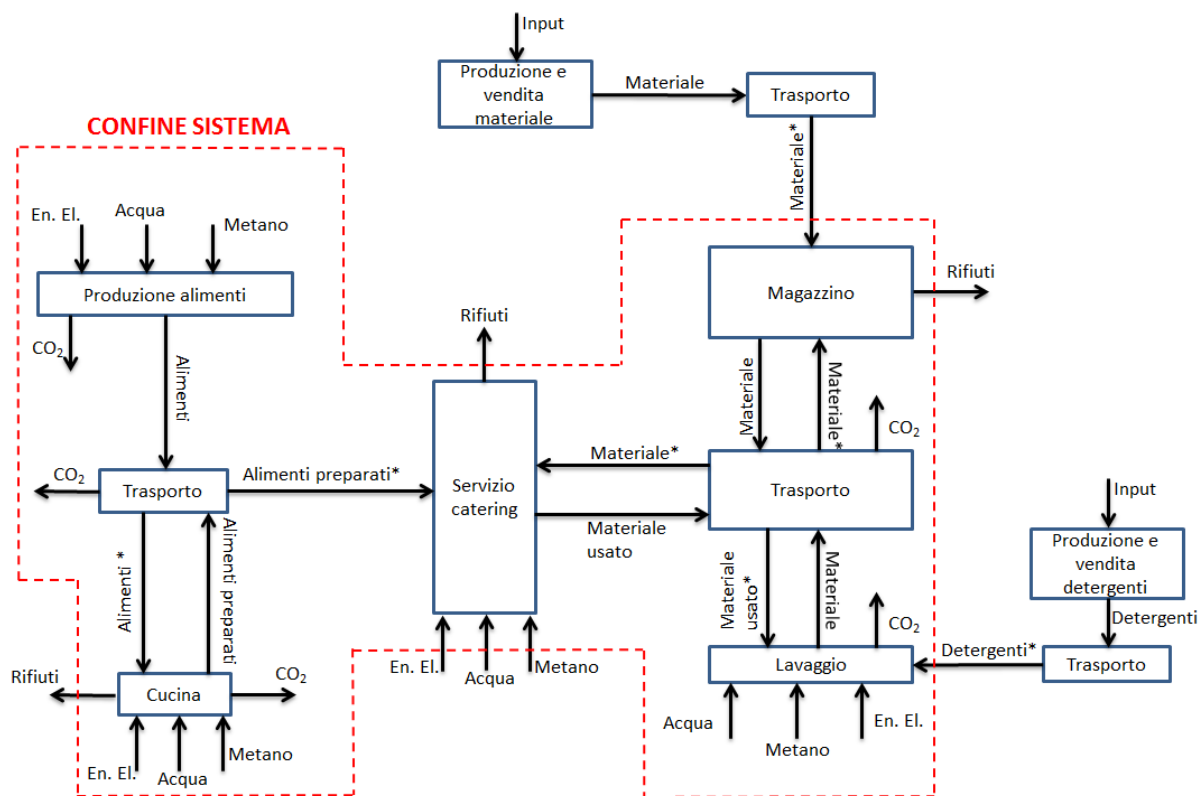


Figura 19 – Diagramma di flusso con i confini del sistema in esame.

4.3.4 Impatti analizzati

Il presente studio è prevalentemente orientato ad analizzare le materie prime utilizzate e le fasi di trasporto; per questo le categorie di impatto più rappresentative sono sicuramente l'effetto serra e il consumo di risorse.

Per quanto concerne l'effetto serra verrà stimata l'impronta di carbonio, la cosiddetta Carbon Footprint; verranno utilizzati diversi metodi, accomunati dall'uso dello stesso fattore di caratterizzazione per le diverse sostanze, ovvero il GWP_{100} , ottenendo un risultato in termini di $kgCO_2eq$. I metodi utilizzati sono:

- il metodo GGP (Greenhouse Gas Protocol), che restituisce come output quattro contributi distinti di CO_2 equivalente: la CO_2 fossile, la CO_2 dovuta al cambiamento di uso del suolo (CO_2 land transformation), la CO_2 biogenica e la CO_2 stoccata (o CO_2 uptake) nonché la somma di essi come CO_2 totale;
- il metodo IPCC 2007 e il suo aggiornamento IPCC 2013, che forniscono come output il solo contributo di CO_2 fossile.
- Il metodo ReCiPe Midpoint (H) che è invece un metodo completo, ovvero che restituisce un output per tutte le diverse categorie di impatto; in questo caso, per la CO_2 , verrà utilizzata la sola componente "Climate Change".

Ciò che cambia da un metodo all'altro sono i diversi pesi attribuiti alle sostanze e proprio per questo è interessante fare un confronto in modo da capire se ci sono grandi variazioni tra di essi. Di fatto si utilizzerà solo la CO_2 fossile per poter confrontare i risultati dei diversi metodi, ma sarà comunque evidenziata la CO_2 totale ottenuta con il primo metodo (il GGP) così da poter osservare quanto il totale differisce dalla sola componente fossile.

Circa il consumo di risorse, l'analisi effettuata si focalizza sui consumi idrici: in particolare viene effettuato un confronto tra i diversi menù proposti. I risultati ottenuti mettono in evidenza l'ingente quantità di acqua consumata per la produzione di un prodotto che non viene percepita dal consumatore finale. Si effettuerà quindi una valutazione dell'impronta idrica dei menù, la cosiddetta Water Footprint. Al contrario della Carbon Footprint, per questo studio non esistono ancora delle linee guida specifiche in quanto lo standard ad esso riferito (la norma ISO 14046) è ancora in fase di elaborazione. Esistono tuttavia alcuni metodi, sviluppati negli ultimi anni e inclusi nel software SimaPro8 che verranno utilizzati e posti a confronto con l'unico indicatore presente fino a pochi anni fa, il "*water consumption*" del metodo ReCiPe, misurato in volume

[m³]. La principale differenza tra i nuovi metodi e il “water consumption” sta nel fatto che quest’ultimo è un dato di consumo diretto di acqua che non considera altre componenti come ad esempio la reimmissione di acqua in un corpo idrico piuttosto che il depauperamento delle risorse idriche in una determinata area; i nuovi metodi cercano invece di localizzare il consumo idrico rapportandolo alla disponibilità di acqua in uno stato o una regione: essi si basano sull’utilizzo del “WSI” (*Water Stress Index*), il quale attribuisce un peso, variabile da stato a stato, ai dati di consumo delle risorse idriche. Tale peso varia da metodo a metodo e viene calcolato a partire dal rapporto “acqua usata / acqua disponibile”. Per questi motivi i risultati vedranno la water consumption come dato quantitativamente maggiore, in quanto il peso ipoteticamente attribuito ai consumi idrici è sempre pari a 1, al contrario degli altri metodi per i quali è minore o uguale a all’unità. Di seguito si riportano i metodi utilizzati:

- “*Hoekstra et al 2012*”, sviluppato dalla “*Water Footprint Network*”;
- “*Pfister et al 2009*”, sviluppato dall’università “*ETH Zürich*”;
- “*Boulay et al 2011*”, sviluppato dall’università “*Ecole Polytechnique de Montreal*”;
- “*water consumption*” del metodo ReCiPe;

4.3.5 Qualità dei dati

Molti dei dati utilizzati sono di primo livello, in quanto forniti direttamente dall’azienda collaboratrice. Tali dati, nella fattispecie, sono quelli riferiti ai consumi energetici (bollette consumi elettrici e di metano) e a quelli idrici (bollette consumi di acqua), oltre ai dati quantitativi sul consumo di alimenti per la creazione dei diversi menù.

Altri tipi di dati sono invece di secondo livello; di questa categoria fanno parte i dati provenienti dai database del software SimaPro8 e, dove questi risultavano mancanti vista l’ampia varietà di alimenti analizzati, si è reso necessario ricercare in letteratura studi LCA dei prodotti mancanti.

Per alcuni prodotti non è stato possibile trovare studi LCA in letteratura, per questo si è deciso di utilizzare dati riguardanti prodotti simili, rendendoli tuttavia in tal modo dati di terzo livello e meno rappresentativi del prodotto specifico.

4.3.6 Ipotesi e limiti dello studio

Il lavoro presenta come caso di studio un sistema complesso, caratterizzato da numerosi flussi e una elevata quantità di scenari possibili; ciò ha reso necessaria l'assunzione di alcune ipotesi per limitare la variabilità degli scenari e l'esclusione di alcune fasi, il cui impatto può essere considerato trascurabile.

Anzitutto si è assunto trascurabile il contributo del consumo energetico del magazzino in quanto avente peso circa un decimo rispetto a quello della sola cucina, quindi ancora inferiore se confrontato con i consumi complessivi dell'attività.

Un'altra assunzione riguarda il personale di servizio: per arrivare sul luogo di lavoro alcuni camerieri utilizzano i mezzi aziendali, mentre altri si muovono con mezzi propri o con mezzi pubblici. Il motivo è che il personale risiede in luoghi anche molto distanti tra di loro (anche più di 50 km) e di conseguenza è molto difficile tenere conto degli spostamenti effettuati per giungere sul luogo di lavoro. Inoltre il numero di dipendenti utilizzati per un servizio con lo stesso numero di ospiti può essere molto variabile. Per queste ragioni si è deciso di attuare un cut-off di questa componente.

I fornitori della ditta in esame sono tutti localizzati nell'arco di circa 75 km, essendo il luogo di rifornimento più distante Piacenza. Si utilizzeranno in questo studio le reali distanze dei diversi fornitori, in modo da attribuire il corretto peso a tale fase di trasporto per ciascuna tipologia di alimento. Viene fatta eccezione per le bevande in quanto i vini usati possono avere provenienze molto distanti (Sud Italia), mentre l'acqua e le altre bevande analcoliche sono sempre provenienti da fornitori locali; per questo motivo si è deciso di attribuire una distanza simbolica alla provenienza di tutte le bevande, pari a 200 km.

Si è inoltre deciso di non considerare i consumi energetici riguardanti gli uffici, in quanto l'energia utilizzata è interamente proveniente da fonti rinnovabili (pannelli fotovoltaici e fonte geotermica).

Un altro limite riguarda il packaging: i dati contenuti nei database non considerano tale contributo e per questo motivo non si è considerato per tutti gli alimenti coinvolti nei menù. Differente è invece la questione per le bevande, per le quali, in quanto non presenti nei database, si sono dovuti ricercare studi in letteratura, i quali comprendevano anche dati sui

contenitori; inoltre, il contributo dell'imballaggio risulta spesso rilevante in termini di impatto ambientale.

Circa i menù è stato necessario fare le seguenti ipotesi e scelte:

- considerare la fase agricola di produzione delle materie prime implica una prima approssimazione, ovvero il fatto che i dati contenuti nei database inerenti tale fase sono molto spesso di tipo globale, ovvero dati medi e poco rappresentativi di prodotti locali o comunque provenienti da una zona specifica;
- per menù “non-locali” si intende creati con cibo per lo più proveniente da stati che non siano l'Italia (esclusi quei prodotti come ad esempio il burro, il latte o il pane per cui si ipotizza sempre una provenienza locale); la scelta è stata quella di effettuare una ricerca sui singoli alimenti per verificare quali fossero le zone di maggiore produzione a livello italiano, europeo e/o internazionale mantenendo lo stesso dato sulla produzione e modificando la componente del trasporto ipotizzando di fare arrivare i prodotti importati a Milano. Per prodotti non locali intendiamo quindi prodotti analoghi a quelli locali a cui è stata aggiunta una fase di trasporto variabile a seconda della provenienza. Tutte le specifiche sono esplicitate nell'analisi di inventario;
- lo studio sui menù comprenderà anche gli impatti derivanti dai consumi elettrici, di gas metano e di acqua sia della sede centrale che della sede del lavaggio, in quanto riguardano entrambi attività normalmente svolte da una cucina e quindi imputabili alla costruzione dei menù.

Per quanto riguarda il trasporto degli alimenti dal produttore al distributore all'ingrosso, sono state fatte le seguenti scelte:

- per cibo locale si intende prodotto in Italia ed è stato contrassegnato con “ITA”; i dati sulla produzione sono dati medi globali se provenienti dal database “Ecoinvent”, oppure dati danesi se provenienti dal database “LCA Food DK”, mentre la relativa componente di trasporto è stata calcolata sulla base della zona di maggiore produzione in Italia ipotizzando un trasporto su gomma fino a Milano in cui si ipotizza ci sia l'ingrosso che si occupa del successivo step di distribuzione;
- il cibo non locale ha diverse provenienze:
 - 1) “CINA”: Provenienza del riso di importazione;

- 2) “EUR”: prodotti provenienti da diversi paesi della Comunità Europea;
- 3) “FRA”: Francia, utilizzato solo per i formaggi nei menù non locali;
- 4) “GHANA”: paese scelto per la provenienza del cacao in quanto uno dei maggiori produttori mondiali;
- 5) “GRECIA”: riguarda la provenienza del branzino di importazione e degli agrumi;
- 6) “INDIA”: paese scelto per la provenienza dei legumi;
- 7) “MAROCCO”: è uno dei paesi del Mediterraneo in cui viene pescato ed esportato il polpo;
- 8) “PERU””: è tra i maggiori produttori mondiali di asparagi;
- 9) “SCOZIA”: utilizzato per un tipo di filetto di manzo in quanto proveniente dalla Scozia, oltre che come luogo di provenienza degli scampi importati;
- 10) “SUD AMERICA”: luogo di provenienza dei gamberetti di importazione;
- 11) “THAILANDIA”: paese da cui viene importata la seppia;
- 12) “TUNISIA”: utilizzato per il cous cous in quanto rappresenta uno dei piatti tipici del paese e viene quindi prodotto in grandi quantità;
- 13) “UGANDA”: provenienza del pesce persico per via della sua importante presenza nell’adiacente Lago Vittoria e delle consistenti importazioni in Europa;

Si hanno poi altre componenti del trasporto, i cui impatti verranno sommati tra di loro e messi poi a confronto con quelli legati alla costruzione dei menù.:

- Trasporto del cibo dai fornitori alla sede;
- Trasporto del materiale da lavare dal magazzino alla sede del lavaggio;
- Trasporto del cibo e del materiale dalla sede al servizio.

Nel seguente capitolo verranno riportate tutte le specifiche in merito ai trasporti.

4.4 Analisi di inventario

4.4.1 Studio sui menù

Si riportano in Tabella 11 le specifiche relative ai dati utilizzati per lo studio in modo da garantirne la riproducibilità, segnalando di che tipo di dati si tratta, se di primo, secondo o terzo livello e la fonte da cui sono stati tratti.

Tabella 11 – Dati di base utilizzati per le elaborazioni dei menù con la relativa origine e le informazioni circa la tipologia di dato.

DATI BASE MENU'	ORIGINE	TIPO DATO
Acqua	Nessi, S. (2012)	livello 2
Agrumi GRECIA	Ecoinvent 3	livello 2
Agrumi ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Asparagi PERU'	Ecoinvent 3	livello 2
Asparagi ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Bacon EUR	LCA Food DK	livello 2
Bacon ITA	LCA Food DK	livello 2
Branzino GRECIA	LCA Food DK	livello 3
Branzino ITA	LCA Food DK	livello 3
Burro ITA	Barilla Food Center	livello 2
Cacao GHANA	Solo trasporto	livello 2
Carote EUR	Ecoinvent 3	livello 2
Carote ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Cipolla EUR	Ecoinvent 3	livello 2
Cipolla ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Cous cous ITA	LCA Food DK	livello 3
Cous cous TUNISIA	LCA Food DK	livello 3
Cozze ITA	LCA Food DK	livello 2
Farina di grano ITA	LCA Food DK	livello 2
Filetto di maiale EUR	LCA Food DK	livello 2
Filetto di maiale ITA	LCA Food DK	livello 2
Filetto di manzo EUR	LCA Food DK	livello 2
Filetto di manzo ITA	LCA Food DK	livello 2
Filetto di manzo SCOZIA	LCA Food DK	livello 2
Formaggio FRA	LCA Food DK	livello 2
Formaggio ITA	LCA Food DK	livello 2
Fragole EUR	Ecoinvent 3	livello 2
Fragole ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Funghi porcini ITA	Solo trasporto (ipotesi di 100km di distanza)	livello 3
Gamberetti ITA	LCA Food DK	livello 2
Gamberetti SUD AMERICA	LCA Food DK	livello 2
Grana Padano ITA	LCA Food DK	livello 3
Latte scremato ITA	LCA Food DK	livello 2
Lattuga ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Legumi INDIA	LCA Food DK	livello 3
Legumi ITA	LCA Food DK	livello 3
Macinato di manzo EUR	LCA Food DK	livello 2
Macinato di manzo ITA	LCA Food DK	livello 2

Macinato di suino EUR	LCA Food DK	livello 2
Macinato di suino ITA	LCA Food DK	livello 2
Maionese ITA	Hetherington, A.C., McManus, M.C. and Gray, D. A. (2012)	livello 2
Melanzane EUR ¹	Ecoinvent 3	livello 2
Melanzane ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Melone EUR	Ecoinvent 3	livello 2
Melone ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Olio di colza EUR	Ecoinvent 3	livello 2
Olio di colza ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Olio di oliva ITA	Fiore, M., Breedveld, L., Arrivas Bajardi, C., Giaimo, L., Notaro, A. (2009)	livello 2
Olive ITA	Fiore, M., Breedveld, L., Arrivas Bajardi, C., Giaimo, L., Notaro, A. (2009)	livello 3
Pane ITA	LCA Food DK	livello 2
Patate EUR	Ecoinvent 3	livello 2
Patate ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Peperoni verdi EUR	Ecoinvent 3	livello 2
Peperoni verdi ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Persico ITA	LCA Food DK	livello 3
Persico UGANDA	LCA Food DK	livello 3
Polpo ITA	LCA Food DK	livello 3
Polpo MAROCCO	LCA Food DK	livello 3
Pomodori EUR	Ecoinvent 3	livello 2
Pomodori grappolo EUR	Ecoinvent 3	livello 2
Pomodori grappolo ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Pomodori ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Prosciutto EUR	LCA Food DK	livello 2
Prosciutto ITA	LCA Food DK	livello 2
Riso CINA	Ecoinvent 3	livello 2
Riso ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Salsa cocktail ITA	Hetherington, A.C., McManus, M.C. and Gray, D. A. (2012)	livello 3
Salsiccia EUR	LCA Food DK	livello 3
Salsiccia ITA	LCA Food DK	livello 3
Scampi ITA	LCA Food DK	livello 3
Scampi SCOZIA	LCA Food DK	livello ¹ 3
Sedano ITA	Ecoinvent 3	livello 2
Seppia ITA	LCA Food DK	livello 3

¹ La scheda riguardante le melanzane è stata modificata togliendo le componenti riguardanti il riscaldamento della serra in quanto si sono sempre ipotizzate coltivazioni all'aperto.

Seppia THAILANDIA	LCA Food DK	livello 3
Succo all'arancia ITA	Mordini, M., Nemecek, T., Gaillard, G. (2009)	livello 2
Uova ITA	LCA Food DK	livello 2
Uva ITA	Ecoinvent 3	livello 3
Vino ITA	Rallo, C. (2011)	livello 3
Zucchero EUR	Ecoinvent 3	livello 2
Zucchine EUR	Ecoinvent 3	livello 2
Zucchine ITA	Ecoinvent 3	livello 2

Sulla base di tali dati sono quindi stati creati i piatti che formano i diversi menù, sfruttando dati di primo livello per quanto riguarda le quantità utilizzate, in quanto direttamente fornite dalla ditta. Nel seguito (Tabella 12, Tabella 13, Tabella 14, Tabella 15, Tabella 16, Tabella 17) si riportano i sei menù scelti e la composizione relativa ad ogni piatto; la sigla “LOC” sta ad indicare un piatto creato usando tutti alimenti locali, mentre la sigla “NL” sta per “Non Locale” ed indica un piatto creato utilizzando anche alimenti non locali. Si ricorda che le quantità indicate sono sempre riferite a un menù da matrimonio per 100 persone.

Tabella 12 – Composizione del menù di carne locale.

Menù CARNE locale	Ingredienti	Quantità per menù [kg]
Verdure fritte LOC	Zucchine ITA Peperoni ITA Melanzane ITA Farina di grano ITA	2
Mezza forma grana	Grana padano ITA Uva ITA	6
Quiche lorainne LOC	Bacon ITA Burro ITA Farina di grano ITA Formaggio ITA Late scremato ITA Pomodori grappolo ITA Uova ITA Tap water, at user/RER U	4
Crostino salsiccia e crescenza LOC	Pane ITA Salsiccia ITA Formaggio ITA Olio di oliva ITA	1
Mozzarella in carrozza LOC	Burro ITA Pane ITA Formaggio ITA	6
Gnocco fritto LOC	Farina di grano ITA Olio di oliva ITA	2

	Tap water, at user/RER U	
Salumi LOC	Prosciutto ITA	6
Formaggi misti LOC	Formaggio ITA	5
Frutta fresca LOC	Fragole ITA Melone ITA	10
Muffin al parmigiano, zucchine e bacon LOC	Farina di grano ITA Grana padano ITA Uova ITA Latte scremato ITA Zucchine ITA Bacon ITA	1
Pane	Pane ITA	6
Stracci di pasta fresca al ragù LOC	Farina di grano ITA Uova ITA Pomodori ITA Macinato di manzo ITA Macinato di suino ITA Cipolla ITA Carote ITA Sedano ITA Burro ITA Tap water, at user/RER U	10
Risotto con verdure mantecato al castelmagno LOC	Zucchine ITA Melanzane ITA Pomodori grappolo ITA Riso ITA Formaggio ITA Burro ITA Tap water, at user/RER U	10
Tagliata di filetto con insalata e pomodorini LOC	Filetto di manzo ITA Lattuga ITA Pomodori grappolo ITA	14
Dolci	Uova ITA Cacao GHANA Farina di grano ITA Burro ITA Zucchero GLO	20
Olio di oliva LOC	Olio di oliva ITA	4,6
Olio di colza LOC	Olio di colza ITA	13,8
Acqua	Acqua	150
Succo all'arancia	Succo all'arancia	15
Vino	Vino	50

Tabella 13 - Composizione del menù di carne non locale.

Menù CARNE non locale	Ingredienti	Quantità per menù [kg]
Verdure fritte NL	Zucchine GLO Peperoni GLO Melanzane GLO Farina di grano ITA	2
Mezza forma grana	Grana padano ITA Uva ITA	6
Quiche lorainne NL	Bacon EUR Burro ITA Farina di grano ITA Formaggio FRA Latte scremato ITA Pomodori grappolo GLO Uova ITA Tap water, at user/RER U	4
Crostino salsiccia e crescenza NL	Pane ITA Salsiccia EUR Formaggio FRA Olio di oliva ITA	1
Mozzarella in carrozza NL	Burro ITA Pane ITA Formaggio FRA	6
Gnocco fritto LOC	Farina di grano ITA Olio di oliva ITA Tap water, at user/RER U	2
Salumi NL	Prosciutto EUR	6
Formaggi misti NL	Formaggio FRA	5
Frutta fresca NL	Fragole GLO Melone GLO	10
Muffin al parmigiano, zucchine e bacon NL	Farina di grano ITA Grana padano ITA Uova ITA Latte scremato ITA Zucchine GLO Bacon EUR	1
Pane	Pane ITA	6
Stracci di pasta fresca al ragù NL	Farina di grano ITA Uova ITA Pomodori GLO Macinato di manzo EUR Macinato di suino EUR Cipolla GLO Carote GLO Sedano ITA Burro ITA Tap water, at user/RER U	10
Risotto con verdure mantecato al castelmagno NL	Zucchine GLO Melanzane GLO	10

	Pomodori grappolo GLO Riso GLO Formaggio FRA Burro ITA Tap water, at user/RER U	
Tagliata di filetto con insalata e pomodorini NL	Filetto di manzo EUR Lattuga ITA Pomodori grappolo GLO	14
Dolci	Uova ITA Cacao GHANA Farina di grano ITA Burro ITA Zucchero GLO	20
Olio di oliva LOC	Olio di oliva ITA	4,6
Olio di colza NL	Olio di colza GLO	13,8
Acqua	Acqua	150
Succo all'arancia	Succo all'arancia	15
Vino	Vino	50

Tabella 14 - Composizione del menù di pesce locale.

Menù PESCE locale	Ingredienti	Quantità per menù [kg]
Mezza forma grana	Grana padano ITA Uva ITA	6
Pane	Pane ITA	6
Fritti di pesce LOC	Gamberetti ITA Farina di grano ITA	2
Formaggi misti LOC	Formaggio ITA	5
Carpaccio di branzino LOC	Branzino ITA Olio di oliva ITA	3
Risottino con zucchine e gamberi LOC	Riso ITA Zucchine ITA Gamberi ITA Olio di oliva ITA Tap water, at user/RER U	3
Frutta fresca LOC	Fragole ITA Melone ITA	10
Insalatina di polpo LOC	Polpo ITA Pomodori grappolo ITA Cipolla ITA Olio di oliva ITA	2
Gamberi in salsa cocktail LOC	Gamberetti ITA Salsa cocktail ITA	2
Mazzancolle e scampi all'olio e limone LOC	Gamberetti ITA Scampi ITA Agrumi ITA Olio di oliva ITA	4
Mozzarella in carrozza LOC	Burro ITA	6

	Pane ITA Formaggio ITA	
Mafalde con ragù bianco di pesce LOC	Farina di grano ITA Uova ITA Cozze ITA Seppia ITA Gamberetti ITA Tap water, at user/RER U	10
Crespelle al pesce persico gratinate LOC	Latte scremato ITA Farina di grano ITA Uova ITA Persico ITA	10
Branzino al cartoccio con olive e pomodorini LOC	Branzino ITA Pomodori grappolo ITA Olive ITA	15
Dolci	Uova ITA Cacao GHANA Farina di grano ITA Burro ITA Zucchero GLO	20
Olio di oliva LOC	Olio di oliva ITA	2,8
Olio di colza LOC	Olio di colza ITA	13,8
Acqua	Acqua	150
Succo all'arancia	Succo all'arancia	15
Vino	Vino	50

Tabella 15 - Composizione del menù di pesce non locale.

Menù PESCE non locale	Ingredienti	Quantità per menù [kg]
Mezza forma grana	Grana padano ITA Uva ITA	6
Pane	Pane ITA	6
Fritti di pesce NL	Gamberetti SUD AMERICA Farina di grano ITA	2
Formaggi misti NL	Formaggio FRA	5
Carpaccio di branzino NL	Branzino GRECIA Olio di oliva ITA	3
Risottino con zucchine e gamberi NL	Riso GLO Zucchine GLO Gamberi SUD AMERICA Olio di oliva ITA Tap water, at user/RER U	3
Frutta fresca NL	Fragole GLO Melone GLO	10
Insalatina di polpo NL	Polpo MAROCCO Pomodori grappolo GLO Cipolla GLO Olio di oliva ITA	2

Gamberi in salsa cocktail NL	Gamberetti SUD AMERICA Salsa cocktail ITA	2
Mazzancolle e scampi all'olio e limone NL	Gamberetti SUD AMERICA Scampi SCOZIA Agrumi GLO Olio di oliva ITA	4
Mozzarella in carrozza NL	Burro ITA Pane ITA Formaggio FRA	6
Mafalde con ragù bianco di pesce NL	Farina di grano ITA Uova ITA Cozze ITA Seppia THAILANDIA Gamberetti SUD AMERICA Tap water, at user/RER U	10
Crespelle al pesce persico gratinate NL	Latte scremato ITA Farina di grano ITA Uova ITA Persico UGANDA	10
Branzino al cartoccio con olive e pomodorini NL	Branzino GRECIA Pomodori grappolo GLO Olive ITA	15
Dolci	Uova ITA Cacao GHANA Farina di grano ITA Burro ITA Zucchero GLO	20
Olio di oliva LOC	Olio di oliva ITA	2,8
Olio di colza NL	Olio di colza GLO	13,8
Acqua	Acqua	150
Succo all'arancia	Succo all'arancia	15
Vino	Vino	50

Tabella 16 - Composizione del menù vegetariano locale.

Menù VEGETARIANO locale	Ingredienti	Quantità per menù [kg]
Mezza forma grana	Grana padano ITA Uva ITA	6
Pane	Pane ITA	6
Quiche lorainne LOC	Burro ITA Farina di grano ITA Asparagi ITA Formaggio ITA Latte scremato ITA Pomodori grappolo ITA Uova ITA Tap water, at user/RER U	4
Formaggi misti LOC	Formaggio ITA	5

Involtini di pasta phillo con ricotta e verdure LOC	Farina di grano ITA Olio di oliva ITA Formaggio ITA Carote ITA Zucchine ITA Tap water, at user/RER U	3
Muffin al parmigiano e zucchine LOC	Farina di grano ITA Grana padano ITA Uova ITA Latte scremato ITA Zucchine ITA	1
Frutta fresca LOC	Fragole ITA Melone ITA	10
Crudità di verdure in pinzimonio LOC	Peperoni verdi ITA Carote ITA Olio di oliva ITA	1,5
Cous cous con pomodorini e feta LOC	Cous cous ITA Pomodori grappolo ITA Formaggio ITA Olio di oliva ITA	3
Mozzarella in carrozza LOC	Burro ITA Pane ITA Formaggio ITA	6
Verdure fritte LOC	Zucchine ITA Peperoni ITA Melanzane ITA Farina di grano ITA	2
Risotto con asparagi mantecato al castelmagno LOC	Riso ITA Asparagi ITA Formaggio ITA Burro ITA Tap water, at user/RER U	10
Stracci fatti in casa con zucchine e pomodorini LOC	Burro ITA Farina di grano ITA Uova ITA Zucchine ITA Pomodori grappolo ITA Tap water, at user/RER U	10
Millefoglie di verdure LOC	Melanzane ITA Formaggio ITA Pomodori ITA Olio di oliva ITA Cipolla ITA Grana padano ITA	15
Dolci	Uova ITA Cacao GHANA Farina di grano ITA Burro ITA Zucchero GLO	20
Olio di oliva LOC	Olio di oliva ITA	2,8

Olio di colza LOC	Olio di colza ITA	13,8
Acqua	Acqua	150
Succo all'arancia	Succo all'arancia	15
Vino	Vino	50

Tabella 17 - Composizione del menù vegetariano non locale.

Menù VEGETARIANO non locale	Ingredienti	Quantità per menù [kg]
Mezza forma grana	Grana padano ITA Uva ITA	6
Pane	Pane ITA	6
Quiche lorainne NL	Burro ITA Farina di grano ITA Asparagi GLO Formaggio FRA Latte scremato ITA Pomodori grappolo GLO Uova ITA Tap water, at user/RER U	4
Formaggi misti NL	Formaggio FRA	5
Involtini di pasta phillo con ricotta e verdure NL	Farina di grano ITA Olio di oliva ITA Formaggio FRA Carote GLO Zucchine GLO Tap water, at user/RER U	3
Muffin al parmigiano e zucchine NL	Farina di grano ITA Grana padano ITA Uova ITA Latte scremato ITA Zucchine GLO	1
Frutta fresca NL	Fragole GLO Melone GLO	10
Crudità di verdure in pinzimonio NL	Peperoni verdi GLO Carote GLO Olio di oliva ITA	1,5
Cous cous con pomodorini e feta NL	Cous cous TUNISIA Pomodori grappolo GLO Formaggio FRA Olio di oliva ITA	3
Mozzarella in carrozza NL	Burro ITA Pane ITA Formaggio FRA	6
Verdure fritte NL	Zucchine GLO Peperoni GLO Melanzane GLO Farina di grano ITA	2
Risotto con asparagi mantecato al castelmagno NL	Riso GLO	10

	Asparagi GLO Formaggio FRA Burro ITA Tap water, at user/RER U	
Stracci fatti in casa con zucchine e pomodorini NL	Burro ITA Farina di grano ITA Uova ITA Zucchine GLO Pomodori grappolo GLO Tap water, at user/RER U	10
Millefoglie di verdure NL	Melanzane EUR Formaggio FRA Pomodori EUR Olio di oliva ITA Cipolla EUR Grana padano ITA	15
Dolci	Uova ITA Cacao GHANA Farina di grano ITA Burro ITA Zucchero GLO	20
Olio di oliva LOC	Olio di oliva ITA	2,8
Olio di colza NL	Olio di colza GLO	13,8
Acqua	Acqua	150
Succo all'arancia	Succo all'arancia	15
Vino	Vino	50

Riguardo alla provenienza degli alimenti e quindi il loro trasporto fino al distributore all'ingrosso ipoteticamente situato a Milano, le distanze e i mezzi di trasporto scelti sono riportati in Tabella 18:

Tabella 18 – Specifica dei trasporti per gli alimenti non locali.

PAESE PROVENIENZA	DESCRIZIONE TRASPORTO IPOTIZZATO
CINA	Trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 300 km internamente alla Cina, trasporto con "Transport, transoceanic freight ship/OCE U" per 20.000 km (distanza Shanghai – Genova), trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 150 km da Genova a Milano
EUROPA	Trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 1.400 km
FRANCIA	Trasporto su ruota con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 800 km
GHANA	Trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 300 km internamente al Ghana, trasporto con "Transport, transoceanic freight ship/OCE U" per 8.000 km (distanza porto di Accra – Genova), trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 150 km da Genova a Milano

GRECIA	Trasporto con "Transport, sea ship, 35000 DWT, 80%LF, middle, default/GLO Mass" per 2.000 km (dalle acque greche a Genova), trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 150 km da Genova a Milano
INDIA	Trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 1.000 km internamente all'India, trasporto con "Transport, transoceanic freight ship/OCE U" per 9.000 km (distanza Mumbai – Genova), trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 150 km da Genova a Milano
MAROCCO	Trasporto con "Transport, sea ship, 35000 DWT, 80%LF, middle, default/GLO Mass" per 2.000 km (dalle acque marocchine a Genova), trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 150 km da Genova a Milano
PERU'	Trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 2.000 km dal Perù alle coste del Venezuela, trasporto con "Transport, transoceanic freight ship/OCE U" per 9.000 km (distanza Venezuela – Genova), trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 150 km da Genova a Milano
SCOZIA	Trasporto su ruota con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 200 km internamente alla Scozia fino a Edimburgo (solo per filetto di manzo), movimentazione con "Transport, sea ship, 35000 DWT, 80%LF, middle, default/GLO Mass" per 1.000 km (da Edimburgo a Rotterdam), trasporto su ruota per 1.100 km con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" da Rotterdam a Milano
SUD AMERICA	Trasporto con "Transport, transoceanic freight ship/OCE U" per 9.000 km (distanza Salvador – Genova), trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 150 km da Genova a Milano
THAILANDIA	Trasporto con "Transport, transoceanic freight ship/OCE U" per 20.000 km (distanza acque Thailandesi – Genova), trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 150 km da Genova a Milano
TUNISIA	Trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 200 km internamente alla Tunisia, trasporto con "Transport, aircraft, freight, intercontinental/RER U" per 1.000 km (distanza Tunisi – Malpensa), trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 50 km da Malpensa a Milano
UGANDA	Trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 1.500 km (distanza Entebbe (Ghana) – Mombasa (Kenia)), trasporto con "Transport, transoceanic freight ship/OCE U" per 9.000 km (distanza Mombasa - Genova), trasporto con "Transport, truck >20t, EURO3, 80%LF, empty return/GLO Mass" per 150 km da Genova a Milano

4.4.2 Studio sui trasporti

Vista la vasta scelta di mezzi commerciali disponibile sui database del software, si è deciso di attuare un confronto tra due diversi scenari per valutare se sia più impattante a livello ambientale la scelta dell'utilizzo di più mezzi commerciali di uguale taglia, ovvero furgoni inferiori a 3,5 t (come avviene nel caso reale), piuttosto che l'utilizzo di un mezzo commerciale di taglia maggiore per il trasporto del materiale, ovvero un camion inferiore a 7,5 t, che possa contenere un carico massimo ipotizzato pari a quello di 3 furgoni, a cui si affiancherà l'uso di

un furgone frigo per il trasporto degli alimenti e un ulteriore eventuale furgone per il trasporto del materiale rimanente (per comparazione con il caso in cui si utilizzano 5 furgoni). La scheda utilizzata per la modellizzazione del furgone è stata “Transport, van <3.5t/RER U” del database Ecoinvent, mentre per il camion “Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO 3 {RER} | Alloc Def, U” del database Ecoinvent3.

In questo caso si è scelto di utilizzare il solo metodo ReCiPe Midpoint (H) analizzando il solo contributo del Climate Change. La scelta è stata fatta in quanto tale metodo, oltre a basarsi sugli stessi fattori di caratterizzazione dell’IPCC, presenta gli aggiornamenti più recenti (2014).

4.4.2.1 Trasporti sede - servizio

La scelta è stata quella di utilizzare delle distanze da alcune location realmente utilizzate, variando il numero di furgoni inviati da 3 a 5 oppure un camion con carico variabile affiancato da uno o due furgoni. Nel primo caso si ipotizza un carico medio di ogni furgone pari a 1,5 t. In realtà la scelta del carico non rispecchia il caso reale (carico di circa 1 t), ma è stato scelto un valore maggiore per compensare il fatto che il modello usato nel software ipotizza un viaggio di andata e ritorno in cui nel ritorno il furgone è vuoto, mentre nella realtà delle cose entrambi i viaggi avvengono con il furgone carico. Nel secondo caso il carico del furgone della cucina e dell’eventuale altro furgone è sempre pari a 1,5 t, mentre il camion viene caricato da 3 a 4,5 t in funzione del numero di furgoni che deve sostituire (2 o 3). In Tabella 19 si riportano le cinque location scelte con le relative distanze.

Tabella 19 – Specifica delle distanze delle location scelte per i servizi.

Trasporti Sede - Servizio	
Luogo Servizio	Distanza [km]
Fontanella / Cassano (BG / MI)	20
Milano	45
Pontenure (PC)	90
Verona	130
Bolzano	250

4.4.2.2 Trasporti magazzino - lavaggio

È il contributo riguardante il trasporto del materiale sporco dopo il servizio a partire dal magazzino fino alla sede del lavaggio, che dista 15 km. In questo caso la scelta è stata di utilizzare un solo furgone sempre con carico 1,5 t per i motivi già esposti.

4.4.2.3 Trasporti fornitori - sede

Si riportano in Tabella 20 i dati relativi a tale fase:

Tabella 20 - Specifica delle distanze dei diversi fornitori.

Fornitori		
Tipologia alimento	Luogo fornitore	Distanza dalla sede [km]
Carne e pesce	Bergamo	25
Salumi	Piacenza	75
Formaggi	Distributori locali	10
Ortofrutta	Distributori locali	10
Altro cibo	Milano	45
Bevande (acqua, vino, succo)	Provenienze differenti	200

Il peso del carico attribuito ai furgoni adibiti a tale trasporto varia da menù a menù in funzione delle quantità necessarie alla sua costruzione (Tabella 21):

Tabella 21 – Peso degli alimenti utilizzati per ogni menù da attribuire al trasporto dai fornitori alla sede.

Trasporto fornitori – sede; peso alimenti			
FORNITORI	Menù carne [kg]	Menù pesce [kg]	Menù vegetariano [kg]
Salumi	20	0	0
Carne / pesce	15	60	0
Formaggi	30	30	40
Ortofrutta	15	15	40
Altro cibo	80	80	80
Bevande	350	350	350

4.5 Analisi degli impatti

4.5.1 Impatti menù – produzione alimenti e trasporto

4.5.1.1 Carbon Footprint

Nel seguito (Tabella 22) sono presentati i risultati riguardanti la Carbon Footprint (considerando la sola CO₂ fossile) legati alla sola produzione degli alimenti e al loro trasporto fino al rivenditore all'ingrosso, senza ancora considerare i contributi del trasporto fino alla sede e la fase di preparazione delle pietanze.

Tabella 22 – Risultati della Carbon Footprint delle fasi di produzione degli alimenti e relativo trasporto verso il dispaccio all'ingrosso con i quattro metodi utilizzati.

GGP						
Categoria d'impatto	Menù CARNE (locale)	Menù CARNE (non locale)	Menù PESCE (locale)	Menù PESCE (non locale)	Menù VEGETARIAN O (locale)	Menù VEGETARIANO (non locale)
Totale [kgCO ₂ eq]	962,6	970,0	393,6	403,6	230,3	239,0
Fossil CO2 [kgCO ₂ eq]	1005,2	1012,7	435,1	445,1	274,1	282,8
IPCC 2013 GWP 100a						
Categoria d'impatto	Menù CARNE (locale)	Menù CARNE (non locale)	Menù PESCE (locale)	Menù PESCE (non locale)	Menù VEGETARIAN O (locale)	Menù VEGETARIANO (non locale)
IPCC GWP 100a [kgCO ₂ eq]	985,0	992,6	433,2	443,1	274,8	283,5
IPCC 2007 GWP 100a						
Categoria d'impatto	Menù CARNE (locale)	Menù CARNE (non locale)	Menù PESCE (locale)	Menù PESCE (non locale)	Menù VEGETARIAN O (locale)	Menù VEGETARIANO (non locale)
IPCC GWP 100a [kgCO ₂ eq]	1007,9	1015,3	435,3	445,2	277,1	285,8
ReCiPe Midpoint (H)						
Categoria d'impatto	Menù CARNE (locale)	Menù CARNE (non locale)	Menù PESCE (locale)	Menù PESCE (non locale)	Menù VEGETARIAN O (locale)	Menù VEGETARIANO (non locale)
Climate change [kg CO ₂ eq]	1007,9	1015,3	435,3	445,2	277,1	285,8

Il Grafico 7 riporta gli stessi risultati numerici in forma più facilmente comprensibile:

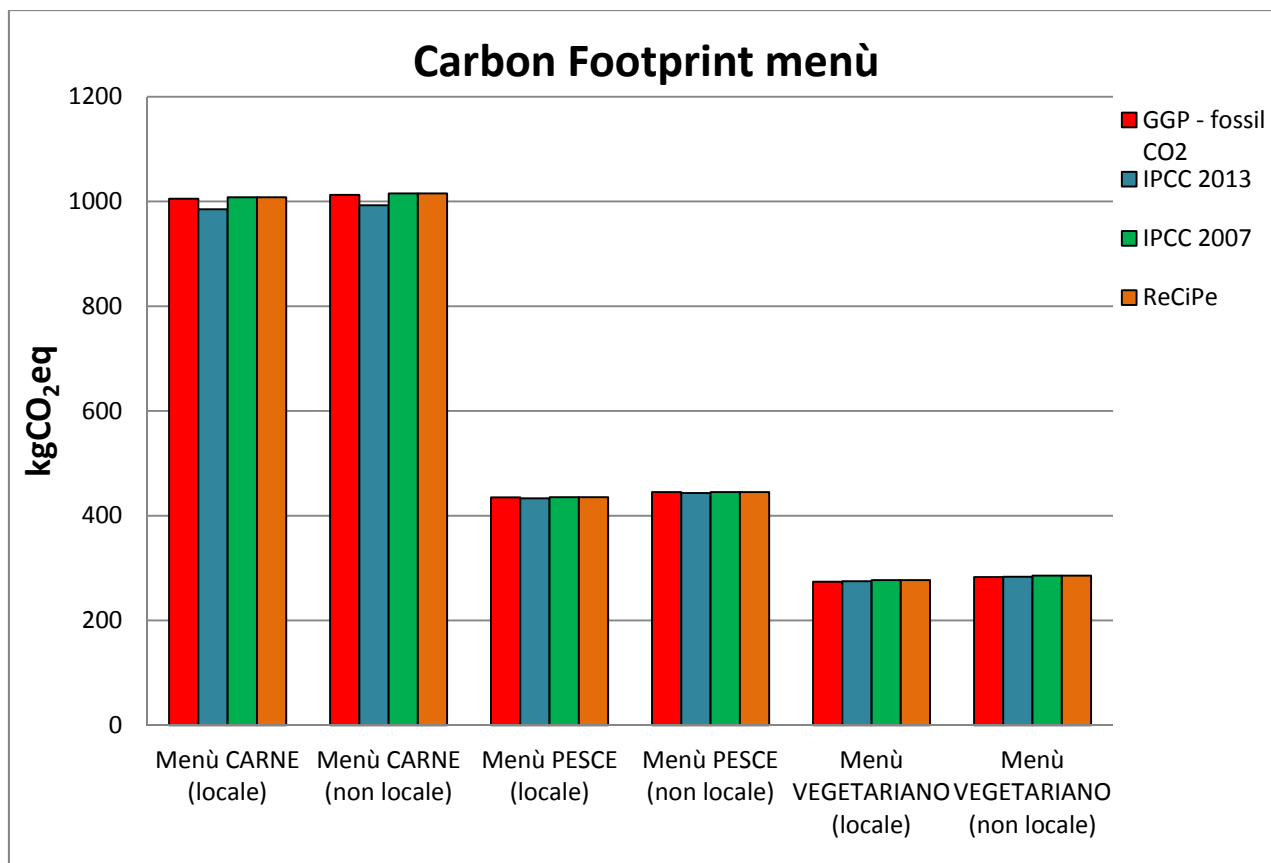


Grafico 7 – Rappresentazione grafica della Carbon Footprint delle fasi di produzione degli alimenti e relativo trasporto verso il dispaccio all'ingrosso con i quattro metodi utilizzati.

Anzitutto risulta subito evidente la differenza in termini di emissione di CO₂ fossile tra i tre tipi di menu, ovvero con il menù di carne molto più impattante rispetto agli altri e quello vegetariano caratterizzato dalle minori emissioni. Circa invece le differenze tra menù locali e non locali, si osserva per tutti e tre i menù una differenza sostanzialmente molto bassa rispetto invece all'impatto della produzione:

- Menù di carne: differenza di circa 7 kgCO₂eq tra locale e non locale su un totale di circa 1000 kg (circa lo 0,7%);
- Menù di pesce: differenza di circa 10 kgCO₂eq tra locale e non locale su un totale di circa 440 kg (circa il 2,3%);
- Menù vegetariano: differenza di circa 8 kgCO₂eq tra locale e non locale su un totale di circa 280 kg (circa il 2,9%).

La motivazione è il fatto che si sta pesando un trasporto di circa 120 kg di cibo per ogni menù, che, se confrontati con le tonnellate di alimenti che vengono trasportati con un solo carico (più è grande il mezzo di trasporto e in genere minore è l'impatto riferito al kg di alimento

trasportato), diventano quantità molto piccole. Ciò spiega le differenze quantitative così basse se confrontate invece con la produzione.

4.5.1.2 Water Footprint

L'analisi sulla Water Footprint riguardante la sola produzione e trasporto degli alimenti fino all'ingrosso (escludendo ancora una volta la fase di preparazione dei menù) ha portato ai risultati in Tabella 23:

Tabella 23 - Risultati della Water Footprint delle fasi di produzione degli alimenti e relativo trasporto verso il dispaccio all'ingrosso con i quattro metodi utilizzati.

Hoekstra et al 2012 (Water Scarcity)						
Categoria d'impatto	Menù CARNE (locale)	Menù CARNE (non locale)	Menù PESCE (locale)	Menù PESCE (non locale)	Menù VEGETARIANO (locale)	Menù VEGETARIANO (non locale)
WSI [m ³]	58.5	58.5	39.1	39.1	72.3	72.3
Pfister et al 2009 (Water Scarcity) V1.01						
Categoria d'impatto	Menù CARNE (locale)	Menù CARNE (non locale)	Menù PESCE (locale)	Menù PESCE (non locale)	Menù VEGETARIANO (locale)	Menù VEGETARIANO (non locale)
WSI [m ³]	31.9	31.9	22.5	22.5	37.7	37.7
Boulay et al 2011 (Water Scarcity) V1.01						
Categoria d'impatto	Menù CARNE (locale)	Menù CARNE (non locale)	Menù PESCE (locale)	Menù PESCE (non locale)	Menù VEGETARIANO (locale)	Menù VEGETARIANO (non locale)
WSI [m ³]	58.6	58.6	43.6	43.6	65.3	65.3
ReCiPe Midpoint (H)						
Categoria d'impatto	Menù CARNE (locale)	Menù CARNE (non locale)	Menù PESCE (locale)	Menù PESCE (non locale)	Menù VEGETARIAN O (locale)	Menù VEGETARIANO (non locale)
Water depletion [m ³]	101.4	102,0	90.2	94.0	109.0	110.0

Ancora una volta si riportano i medesimi risultati nel Grafico 8:

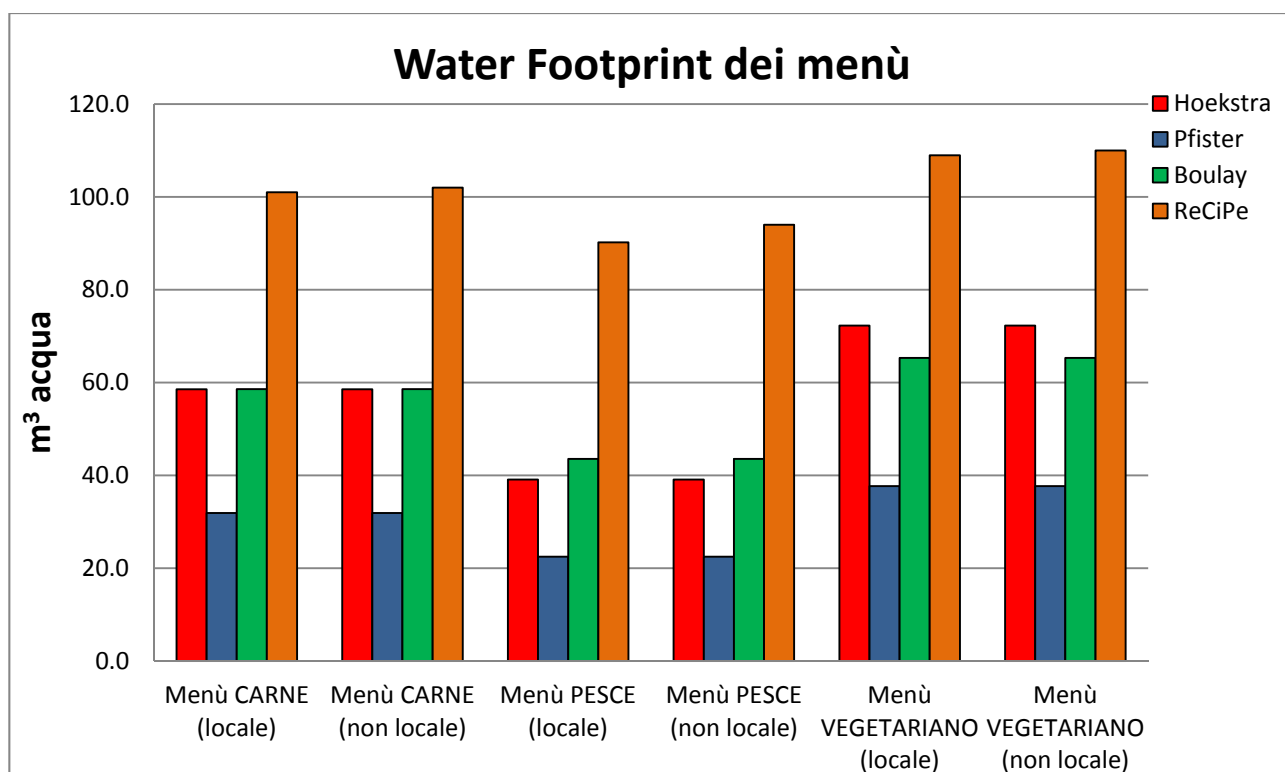


Grafico 8 – Rappresentazione grafica della Water Footprint delle fasi di produzione degli alimenti e relativo trasporto verso il dispaccio all'ingrosso con i quattro metodi utilizzati.

Il grafico mostra un risultato maggiore ottenuto con il metodo ReCiPe, valori confrontabili per i metodi Hoekstra e Boulay e un quantitativo minore per Pfister. La ragione, come già esposto, è il fatto che i metodi utilizzano fattori di peso differenti per ogni stato, di conseguenza, avendo Pfister dei pesi inferiori rispetto agli altri metodi, il risultato è quantitativamente più basso. La differenza interessante la si può notare invece confrontando il menù di carne con quello vegetariano: quest'ultimo ha un impatto sulla risorsa idrica maggiore. Probabilmente la motivazione è che la maggiore quantità di verdura presente nel menù rispetto agli altri comporta l'acquisizione di una certa importanza da parte dell'irrigazione, con conseguente aumento del consumo di acqua. La produzione della carne ha normalmente un'impronta idrica maggiore di frutta e verdura (nel caso di adozione del metodo proposto dalla Water Footprint Network completo, considerando i tre contributi di acqua blu, verde e grigia; il metodo riportato in SimaPro è stato infatti modificato per essere comparabile con gli altri metodi presenti e considera soltanto la componente blu), tuttavia bisogna contestualizzare il tutto, osservando che i quantitativi di carne utilizzata sono di entità modesta se confrontati con il peso complessivo del menù. Tra menù locali e non locali invece l'impatto sulla risorsa idrica non cambia per il singolo metodo, a conferma del fatto che l'unica distinzione effettuata tra alimenti locali e non locali è sul trasporto ma non sulla produzione.

4.5.2 Impatti totali dei menù

Agli impatti appena visti bisogna aggiungere i contributi (ipotizzati uguali per tutti i menù) dei consumi di energia elettrica, metano e acqua della sede principale e del lavaggio, valutati con i quattro metodi utilizzati per la Carbon Footprint e per la Water Footprint (Tabella 24 e Tabella 25):

Tabella 24 – Risultati della Carbon Footprint applicata ai consumi di elettricità e metano della sede centrale (cucina) e del lavaggio, valutata con i quattro metodi utilizzati.

GGP			
	Acqua	Luce	Metano
Lavaggio	0.0	58.3	62.3
Sede	0.0	226.2	78.8
IPCC 2013 GWP 100a			
	Acqua	Luce	Metano
Lavaggio	0.0	58.4	63.1
Sede	0.0	226.6	79.9
IPCC 2007 GWP 100a			
	Acqua	Luce	Metano
Lavaggio	0.0	58.3	62.3
Sede	0.0	226.1	78.8
ReCiPe Midpoint (H)			
	Acqua	Luce	Metano
Lavaggio	0.0	58.3	62.3
Sede	0.0	226.1	78.8

Tabella 25 – Risultati della Water Footprint applicata ai consumi di acqua ed elettricità della sede centrale (cucina) e del lavaggio, valutata con i quattro metodi utilizzati.

Hoekstra et al 2012 (Water Scarcity)			
	Acqua	Luce	Metano
Lavaggio	1.04	3.97	0.00
Sede	0.84	15.40	0.00
Pfister et al 2009 (Water Scarcity) V1.01			
	Acqua	Luce	Metano
Lavaggio	2.36	1.73	0.00
Sede	1.90	6.70	0.00
Boulay et al 2011 (Water Scarcity) V1.01			
	Acqua	Luce	Metano
Lavaggio	8.53	2.02	0.00
Sede	6.90	7.85	0.00
ReCiPe Midpoint (H)			
	Acqua	Luce	Metano
Lavaggio	8.64	352.66	0.00
Sede	6.99	1367.88	0.00

I grafici 9 e 10 riportano gli stessi risultati dei grafici 7 e 8, a cui sono sommati gli impatti appena calcolati:

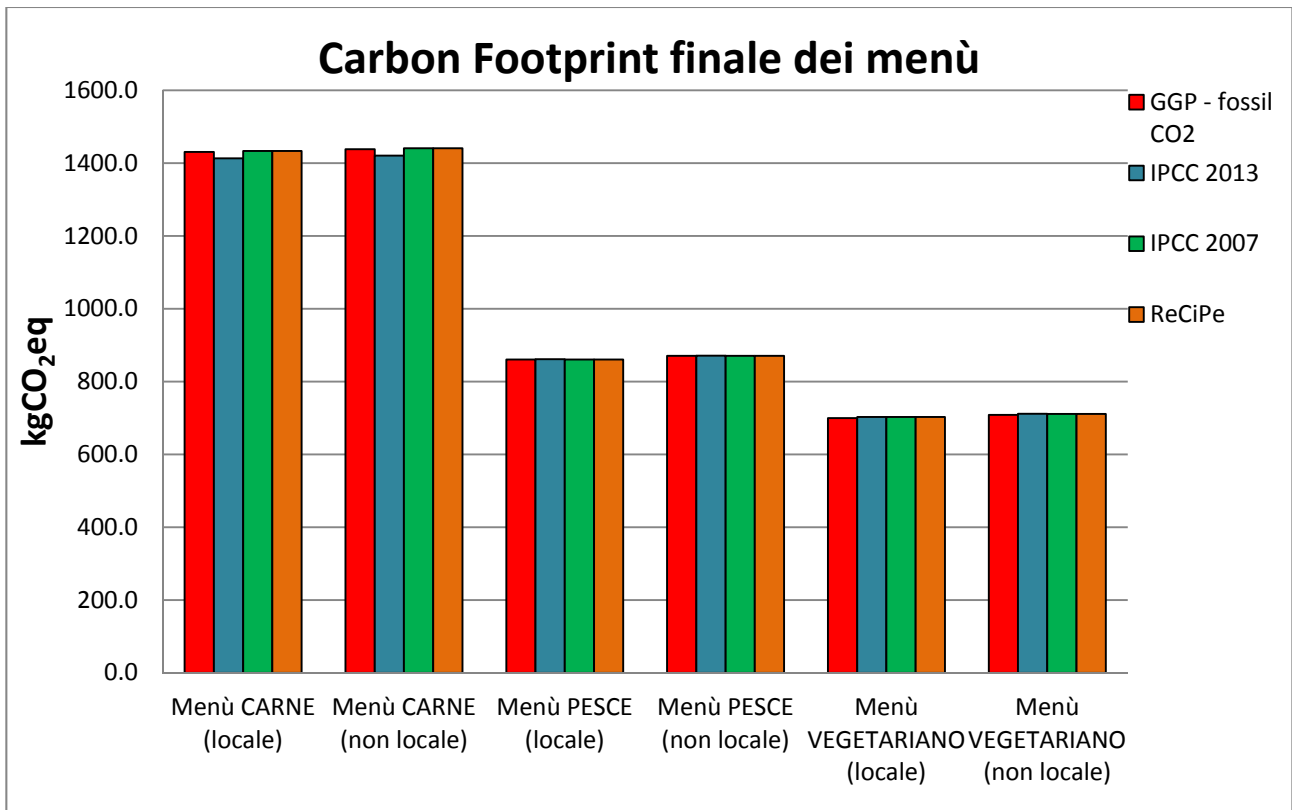


Grafico 9 - Rappresentazione grafica della Carbon Footprint complessiva relativa ai menù con i quattro metodi utilizzati.

Il grafico è analogo al precedente (Grafico 7) con la sola differenza che è stato aggiunto un uguale contributo a ogni colonna dell'istogramma legato ai consumi appena calcolati.

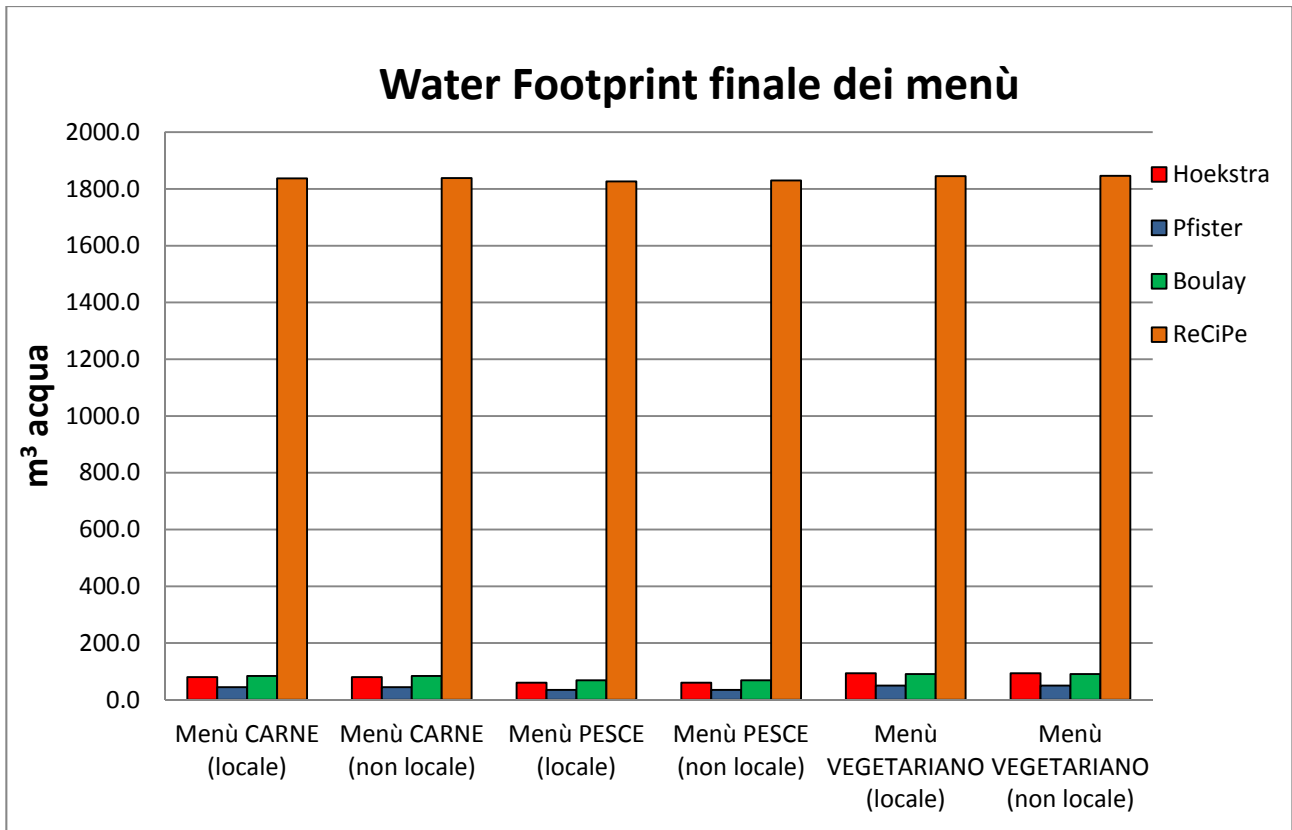


Grafico 10 - Rappresentazione grafica della Water Footprint complessiva relativa ai menù con i quattro metodi utilizzati.

Quest'ultimo grafico mostra i limiti del metodo ReCiPe : la differenza così marcata con gli altri metodi è dovuta alla presenza dell'idroelettrico nella produzione di energia; come già accennato, questo metodo non tiene conto delle reimmissioni di acqua nell'ambiente (in particolare, nello stesso bacino idrico da cui è stata prelevata) e quindi tutta l'acqua utilizzata per produrre l'energia elettrica viene considerata come acqua consumata. Al contrario, gli altri metodi attribuiscono un peso a tale consumo, tenendo così conto della reimmissione dell'acqua turbinata e per questo motivo si riportano i risultati escludendo tale metodo nel Grafico 11:

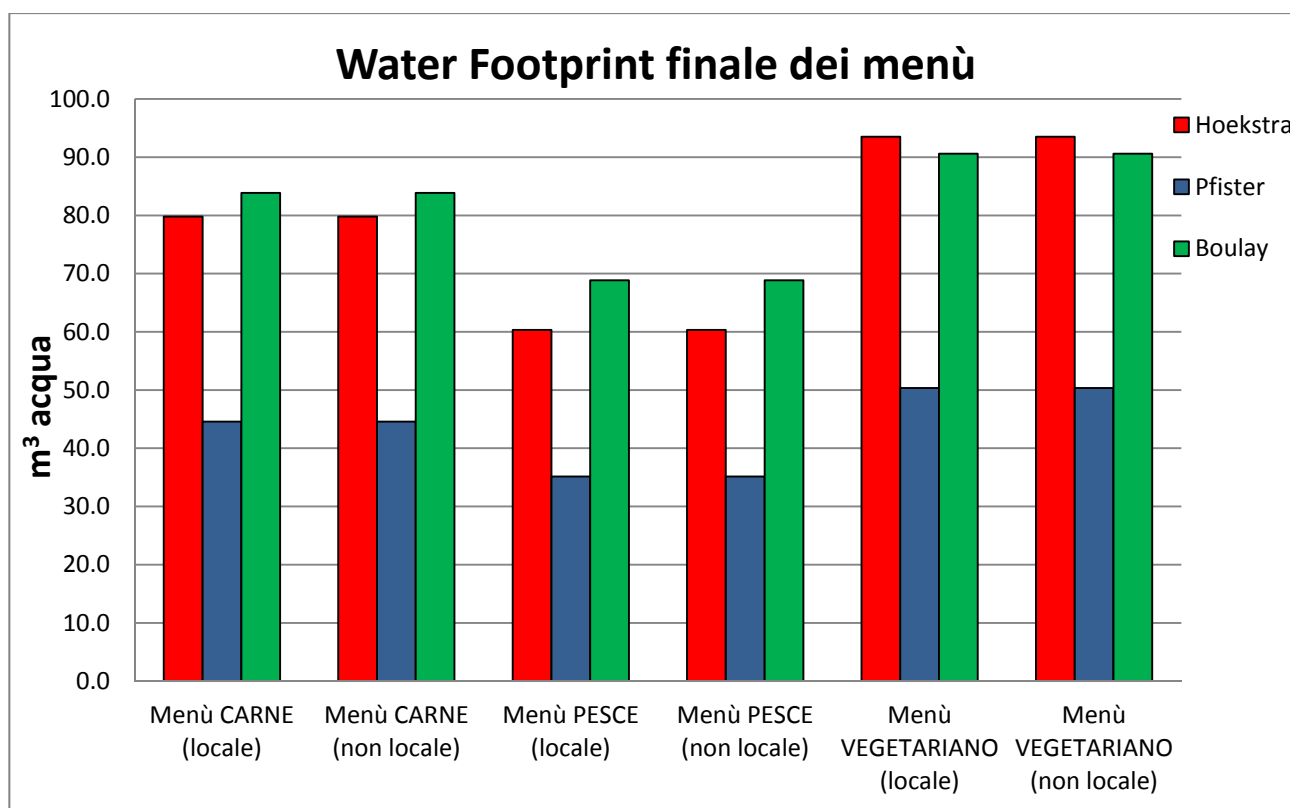


Grafico 11 - Rappresentazione grafica della Water Footprint complessiva relativa ai menù escludendo il metodo ReCiPe.

I dati ottenuti relativi alla Carbon Footprint con il metodo ReCiPe verranno quindi utilizzati per attuare il confronto con la componente del trasporto esposta nel seguito.

4.5.3 Impatti dei trasporti

Sono riportati nel seguito (Tabella 26) i risultati relativi alle singole fasi di trasporto che andranno poi sommati tra di loro osservando la differenza tra le due situazioni di trasporto proposte:

- Scenario 1: caso reale, ovvero utilizzo di soli furgoni, classificando tra:
 - o 1A) utilizzo di 3 furgoni;
 - o 1B) utilizzo di 4 furgoni;
 - o 1C) utilizzo di 5 furgoni.
- Scenario 2: è quello alternativo e anche in questo caso si propongono tre situazioni di confronto con lo scenario 1:
 - o 2A) utilizzo di 1 camion con carico di 3t più 1 furgone;
 - o 2B) utilizzo di 1 camion con carico 4,5t più 1 furgone;

- 2C) utilizzo di 1 camion con carico 4,5t più 2 furgoni.

Tabella 26 – Risultati della Carbon Footprint relativa ai trasporti divisi nelle tre fasi individuate con il solo metodo ReCiPe.

TRASPORTO FORNITORI - SEDE	
Menù	ReCiPe [kgCO ₂ eq]
Carne	149.6
Pesce	146.7
Vegetariano	144.5

TRASPORTO SEDE - LAVAGGIO	
Furgoni	ReCiPe [kgCO ₂ eq]
1	43,7

TRASPORTO SEDE - SERVIZIO				
Luogo	Scenario 1	ReCiPe [kgCO ₂ eq]	Scenario 2	ReCiPe [kgCO ₂ eq]
Fontanella / Cassano d'Adda	A	174.8	A	88.3
	B	233.0	B	103.4
	C	291.3	C	161.6
Milano	A	393.2	A	198.7
	B	524.3	B	232.6
	C	655.4	C	363.7
Paderna	A	786.4	A	397.5
	B	1048.6	B	465.2
	C	1310.7	C	727.3
Verona	A	1136.0	A	574.2
	B	1514.6	B	671.9
	C	1893.3	C	1050.6
Bolzano	A	2184.6	A	1104.1
	B	2912.8	B	1292.1
	C	3641.0	C	2020.3

Per ottenere la Tabella 27 sono stati sommati i seguenti valori tra di loro:

- Valore nella tabella “Trasporto sede – lavaggio”;
- Media tra i valori della tabella “Trasporto fornitori – sede”;
- Valore relativo a ogni situazione di trasporto della tabella “Trasporto sede – servizio”.

Tabella 27 – Risultati complessivi della Carbon Footprint relativa ai trasporti ottenuti come somma dei tre precedenti contributi e divisi per i due scenari individuati.

IMPATTO TOTALE SUL CLIMATE CHANGE DEI TRASPORTI				
Luogo	Scenario 1	ReCiPe [kgCO ₂ eq]	Scenario 2	ReCiPe [kgCO ₂ eq]
Fontanella / Cassano d'Adda	A	365.4	A	279.0
	B	423.7	B	294.0
	C	481.9	C	352.3
Milano	A	583.9	A	389.4
	B	714.9	B	423.2
	C	846.0	C	554.3
Paderna	A	977.1	A	588.1
	B	1239.2	B	655.8
	C	1501.4	C	917.9
Verona	A	1326.6	A	764.8
	B	1705.3	B	862.5
	C	2083.9	C	1241.2
Bolzano	A	2375.2	A	1294.8
	B	3103.4	B	1482.8
	C	3831.6	C	2211.0

È evidente la differenza tra le due diverse possibilità di trasporto, con lo scenario 2 che risulta avere il minore impatto sul Climate Change. Nei tre istogrammi seguenti (Grafico 12, Grafico 13, Grafico 14) si riportano gli stessi risultati numerici della Tabella 27, confrontando le tre possibili situazioni di trasporto:

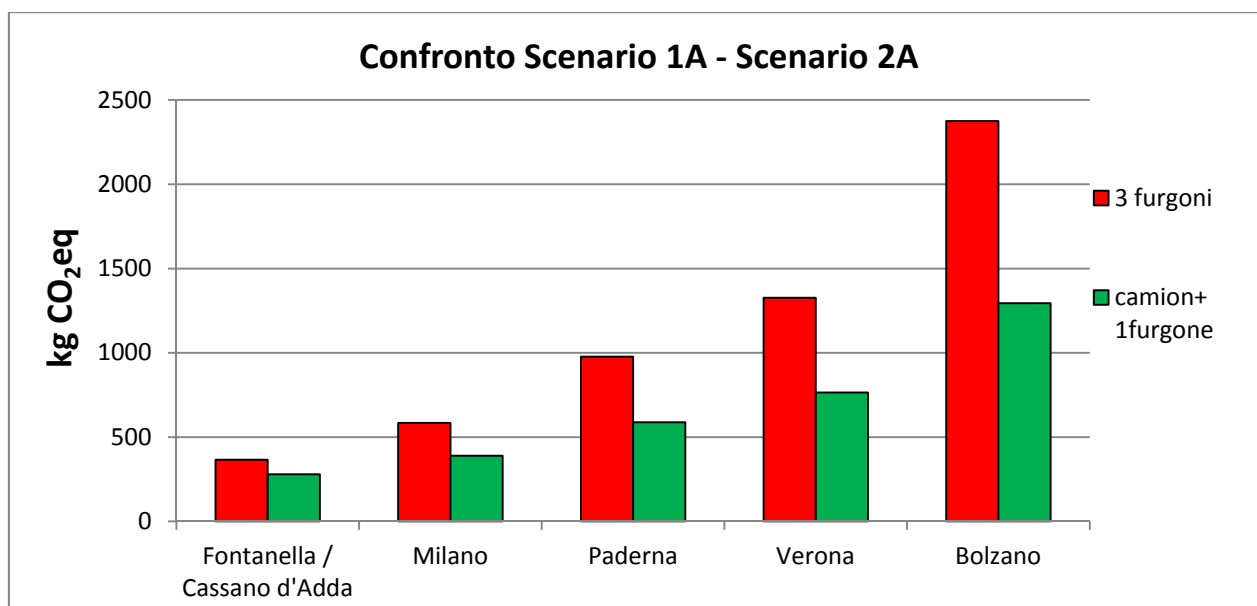


Grafico 12 – Confronto tra gli scenari 1A e 2A per ogni località considerata.

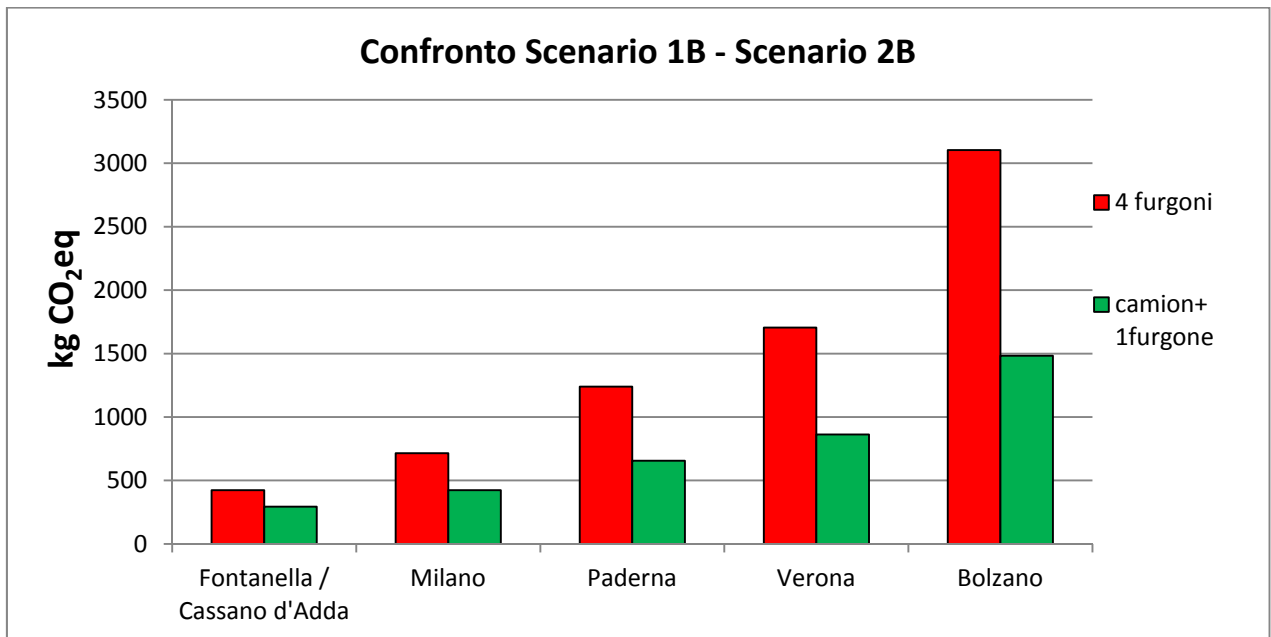


Grafico 13 - Confronto tra gli scenari 1B e 2B per ogni località considerata.

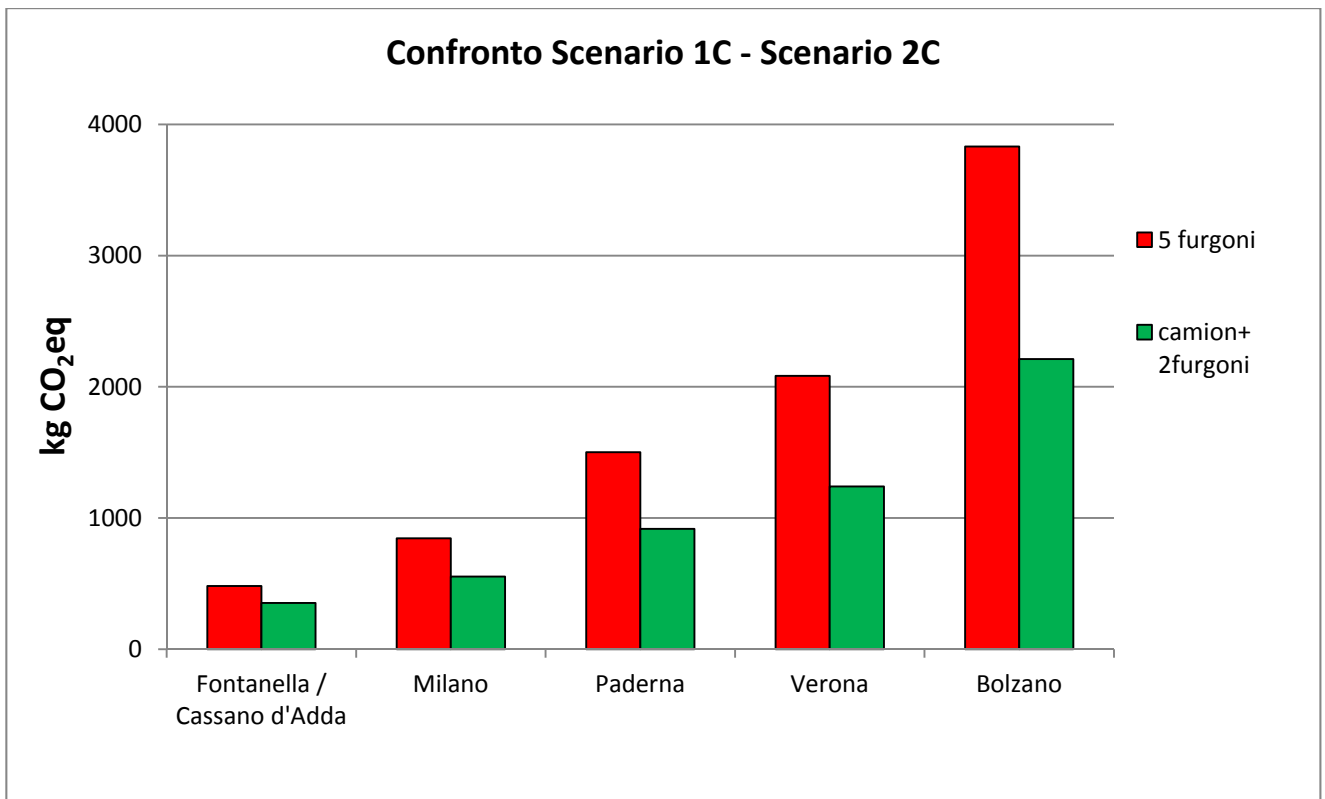


Grafico 14 - Confronto tra gli scenari 1C e 2C per ogni località considerata.

L'analisi grafica rende ancora più evidente la differenza tra i due scenari, risultando il secondo sempre meno impattante del primo con l'aumentare della distanza.

4.6 Analisi dei risultati

Grazie alle stime dei contributi al cambiamento climatico delle varie fasi presentate in precedenza si hanno ora tutti i dati per attuare il confronto finale tra gli impatti sul Climate Change relativi ad ogni menù e quelli relativi alle due possibilità di trasporto proposte nelle tre modalità confrontate in precedenza, indicandole nel seguente modo per semplicità:

- TRASPORTI 1: dati relativi al confronto “Scenario 1A – Scenario 2A”;
- TRASPORTI 2: dati relativi al confronto “Scenario 1B – Scenario 2B”;
- TRASPORTI 3: dati relativi al confronto “Scenario 1C – Scenario 2C”.

Per semplicità verrà utilizzato, per ogni menù, un dato medio tra il menù locale e quello non locale.

I dati usati per i successivi grafici (Grafico 15, Grafico 16, Grafico 17) sono quelli riportati in Tabella 28:

Tabella 28 - Dati utilizzati per il confronto finale tra la Carbon Footprint dei menù e quella dei trasporti, divisi per località, per scenari di trasporto e per tipologia di menù.

Luogo	Scenario 1A	Scenario 2A	Menù CARNE	Menù PESCE	Menù VEGETARIANO
Fontanella / Cassano d'Adda	365.4	279.0	1438.5	902.4	708.3
Milano	583.9	389.4			
Paderna	977.1	588.1			
Verona	1326.6	764.8			
Bolzano	2375.2	1294.8			
Luogo	Scenario 1B	Scenario 2B	Menù CARNE	Menù PESCE	Menù VEGETARIANO
Fontanella / Cassano d'Adda	423.7	294.0	1438.5	902.4	708.3
Milano	714.9	423.2			
Paderna	1239.2	655.8			
Verona	1705.3	862.5			
Bolzano	3103.4	1482.8			
Luogo	Scenario 1C	Scenario 2C	Menù CARNE	Menù PESCE	Menù VEGETARIANO
Fontanella / Cassano d'Adda	481.9	352.3	1438.5	902.4	708.3
Milano	846.0	554.3			
Paderna	1501.4	917.9			
Verona	2083.9	1241.2			
Bolzano	3831.6	2211.0			

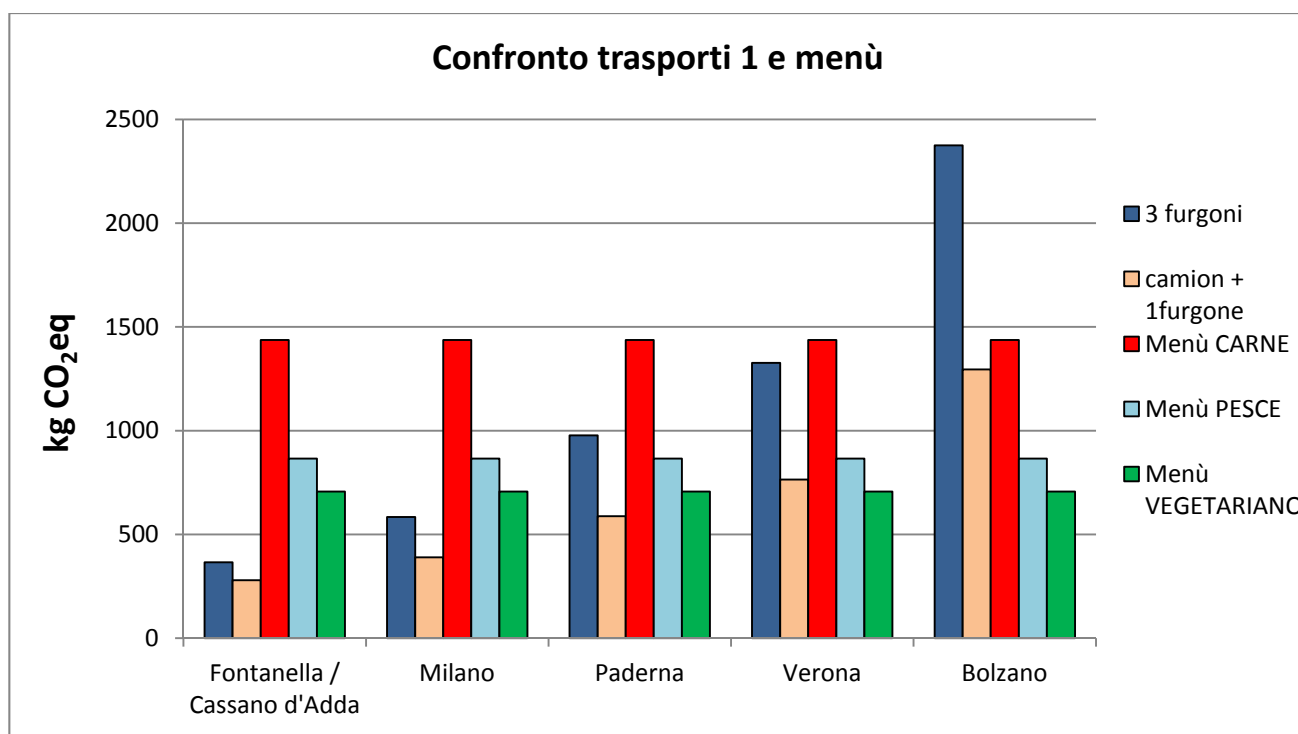


Grafico 15 – Confronto grafico tra gli impatti degli scenari di trasporto 1A e 2A e i tre menù per ogni località considerata.

Da un'analisi di sensitività sui trasporti, effettuata con l'ausilio di Simapro8, possiamo trarre le seguenti conclusioni su questo primo grafico:

- 1- Menù di carne: l'impatto di questo menù è sempre maggiore di quello relativo ai trasporti arrivando ad effettuare il servizio a una distanza pari a circa 150 km, mentre per una distanza maggiore viene superato dallo scenario 1A e rimane ancora maggiore per lo scenario 2A fino a circa 290 km;
- 2- Menù di pesce: in questo caso gli impatti del menù sono maggiori dello scenario 1A fino a una distanza pari a circa 80 km, mentre risultano circa uguali se confrontati con lo scenario 2A a una distanza di circa 170 km; oltre tale distanza i trasporti risultano in ogni caso più impattanti;
- 3- Menù vegetariano: lo scenario 1A raggiunge gli impatti di questo menù già dopo circa 55 km di distanza, mentre lo scenario 2A li raggiunge a circa 110 km.

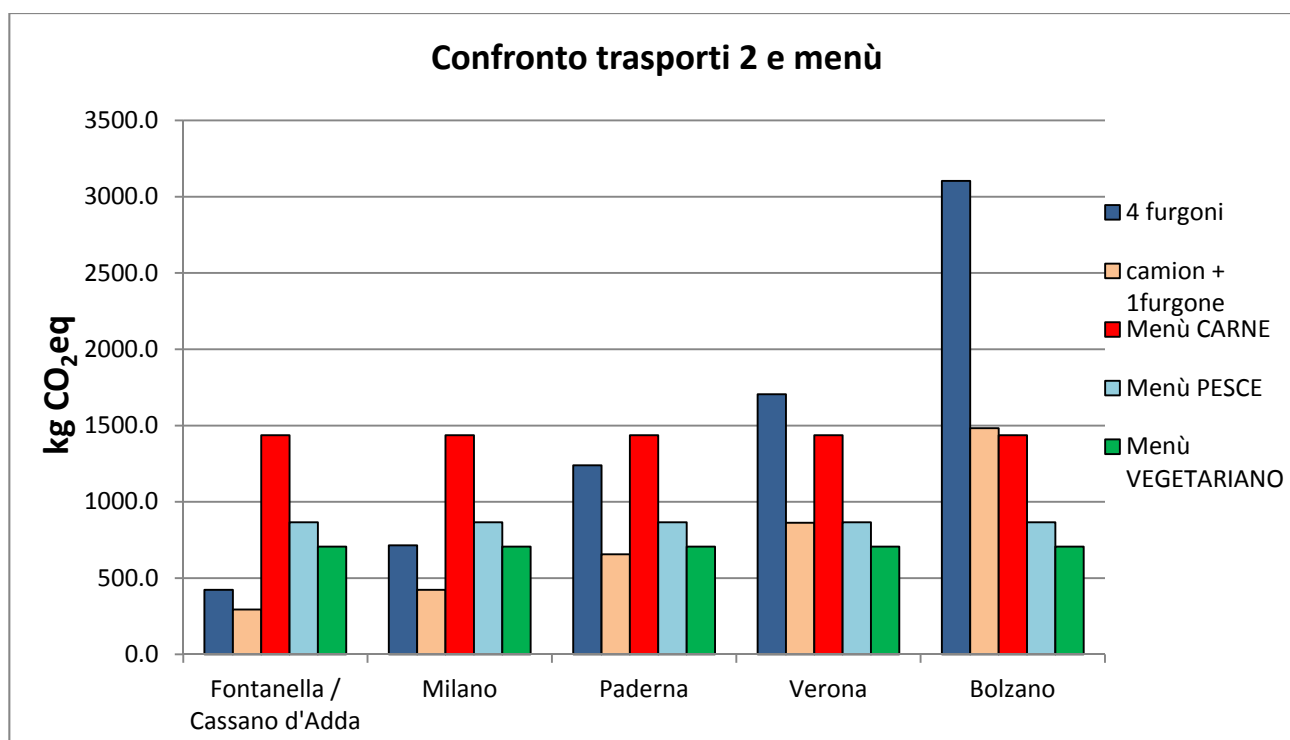


Grafico 16 - Confronto grafico tra gli impatti degli scenari di trasporto 1B e 2B e i tre menù per ogni località considerata.

Per questo secondo grafico la stessa analisi di sensitività ha portato alle seguenti conclusioni:

- 1- Menù di carne: lo scenario 1B raggiunge gli impatti di questo menù a circa 100 km, mentre lo scenario 2B rimane inferiore fino a circa 240 km di distanza;
- 2- Menù di pesce: in questo caso il menù ha impatti maggiori dello scenario 1B fino a una distanza di circa 55 km, mentre lo scenario 2B ne supera gli impatti arrivando a circa 130 km;
- 3- Menù vegetariano: i relativi impatti vengono raggiunti dallo scenario 1B già a una distanza pari a circa 50 km, mentre con lo scenario 2B bisogna raggiungere i 95 km.

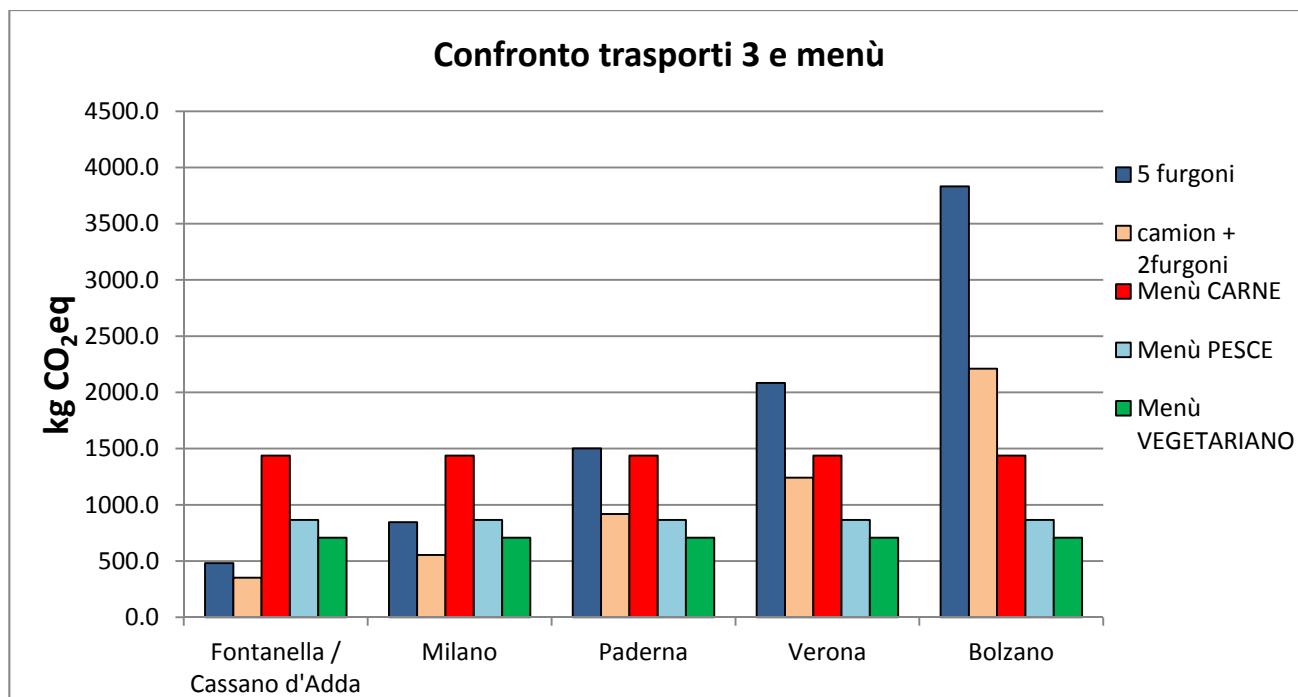


Grafico 17 - Confronto grafico tra gli impatti degli scenari di trasporto 1C e 2C e i tre menù per ogni località considerata.

L'ultima analisi effettuata ha invece portato ai seguenti risultati:

- 1- Menù di carne: l'impatto dello scenario 1C raggiunge quello del menù a circa 85 km di distanza, mentre lo scenario 2C lo raggiunge a circa 170 km;
- 2- Menù di pesce: l'impatto è maggiore di quello relativo allo scenario 1C fino a circa 45 km, mentre viene raggiunto dall'impatto dello scenario 2C a circa 95 km;
- 3- Menù vegetariano: l'impatto dello scenario 1C raggiunge quello del menù a circa 35 km, mentre l'impatto dello scenario 2C lo raggiunge a circa 65 km.

CAPITOLO 5

DISCUSSIONE DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

5.1 Discussione dei risultati

5.1.1 Impatti dei menù

I risultati ottenuti riguardanti i menù hanno in parte confermato le aspettative in merito: il menù di carne è risultato essere il maggiormente impattante in termini di Carbon Footprint, seguito dal menù di pesce e, infine, da quello vegetariano. D'altro canto, invece, l'analisi sulla Water Footprint ha fatto emergere un impatto maggiore del menù vegetariano, seguito da quello di carne e da quello di pesce; la motivazione di questa differenza, come già accennato nel capitolo 4, riguarda probabilmente il quantitativo di carne effettivamente utilizzato nel relativo menù, che se confrontato con il peso complessivo degli altri alimenti (bevande escluse) risulta essere pari a circa il 17%; in un menù vegetariano, al contrario, il peso di frutta e verdura è all'incirca pari al 33% del totale, ovvero circa il doppio rispetto alla carne, per questo assume un peso maggiore la fase di irrigazione, che si riflette in un maggiore impatto sulla risorsa idrica. Da sottolineare anche l'utilizzo di una maggiore quantità di formaggio nel menù vegetariano che, rispetto al menù di carne, porta inevitabilmente a un aumento dell'impronta idrica a causa dei processi di lavorazione per ottenere tale prodotto dal latte crudo.

Circa la distinzione tra menù locali e non locali si è invece osservata una differenza poco rilevante per tutti e tre i menù. Tale differenza è quantitativamente più rilevante per il menù vegetariano: escludendo l'impatto delle bevande che è uguale per tutti i menù, la differenza tra il menù di carne locale e quello non locale è dell'ordine dell'1%, la differenza tra i menù di

pesce è pari a circa il 3% e per i menù vegetariani si attesta intorno al 5%. A prescindere dalla bassa incidenza sul totale, è interessante osservare che sul menù vegetariano il trasporto impatta 5 volte di più che sul menù di carne, mentre per il menù di pesce l'impatto si attesta su un valore intermedio ai due.

5.1.2 Impatti della fase di trasporto alla location del servizio e confronto con gli impatti dei menù

Tra i due scenari analizzati quello meno impattante in termini di impronta climatica è sempre risultato essere lo scenario 2 (Tabella 27), ovvero quello che prevede l'utilizzo di mezzi di taglia differente: a 250 km di distanza l'impatto dello scenario 1 (che prevede l'utilizzo di mezzi tutti della stessa taglia) è circa doppio rispetto a quello dello scenario 2.

Nella realtà tuttavia, lo scenario 2, caratterizzato da un impatto di Carbon Footprint minore, risulta non sempre attuabile in quanto vi sono location che sarebbero impossibili da raggiungere con un camion che ha taglia superiore a quella di furgoni come quelli considerati nello scenario 1; ciò per via della grandezza del mezzo, che gli impedirebbe l'accesso in vie troppo strette.

Confrontando numericamente i risultati di menù e trasporti è emerso che l'ordine di grandezza è il medesimo (da qualche centinaio a poche migliaia di kgCO₂eq) e può quindi essere fatta la seguente considerazione: la distanza da raggiungere con i due tipi di trasporti considerati per uguagliare l'impatto dei menù è sempre circa doppia per lo scenario 2; per esempio, per uguagliare l'impatto di un menù di pesce bastano 80 km percorsi utilizzando 3 furgoni, mentre bisogna raggiungere i 170 km utilizzando un camion con carico 3t e un furgone. In definitiva, a parità di emissioni di CO₂eq, lo scenario 2, rispetto allo scenario 1, permette di raggiungere location situate a una distanza doppia.

5.1.3 Impatti complessivi

In ultima analisi, si è eseguita la somma dei diversi contributi dell'impatto "climate change" (del metodo ReCiPe) relativi alle fasi analizzate principalmente nel presente lavoro: la preparazione dei menù e la fase dei trasporti. Per chiarezza di esposizione, ci si è concentrati sulla combinazione di menù e scenario di trasporto con impatto maggiore e quella con impatto

minore (sempre in termini di Carbon Footprint), analizzandole per ciascuna località considerata nel caso di studio:

- Caso più impattante: scelta del menù di carne non locale associato allo scenario di trasporto 1C;
- Caso meno impattante: scelta del menù vegetariano locale associato allo scenario di trasporto 2A;

I dati ottenuti sono riportati in Tabella 29 e messi a confronto nel Grafico 18.

Tabella 29 – Dati relativi ai casi più impattanti e a quelli meno impattanti per ogni località considerata.

Luogo	Menù CARNE + Scenario 1C	Menù VEGETARIANO + Scenario 2A
Fontanella / Cassano d'Adda	1919	986
Milano	2283	1096
Paderna	2938	1295
Verona	3521	1472
Bolzano	5269	2002

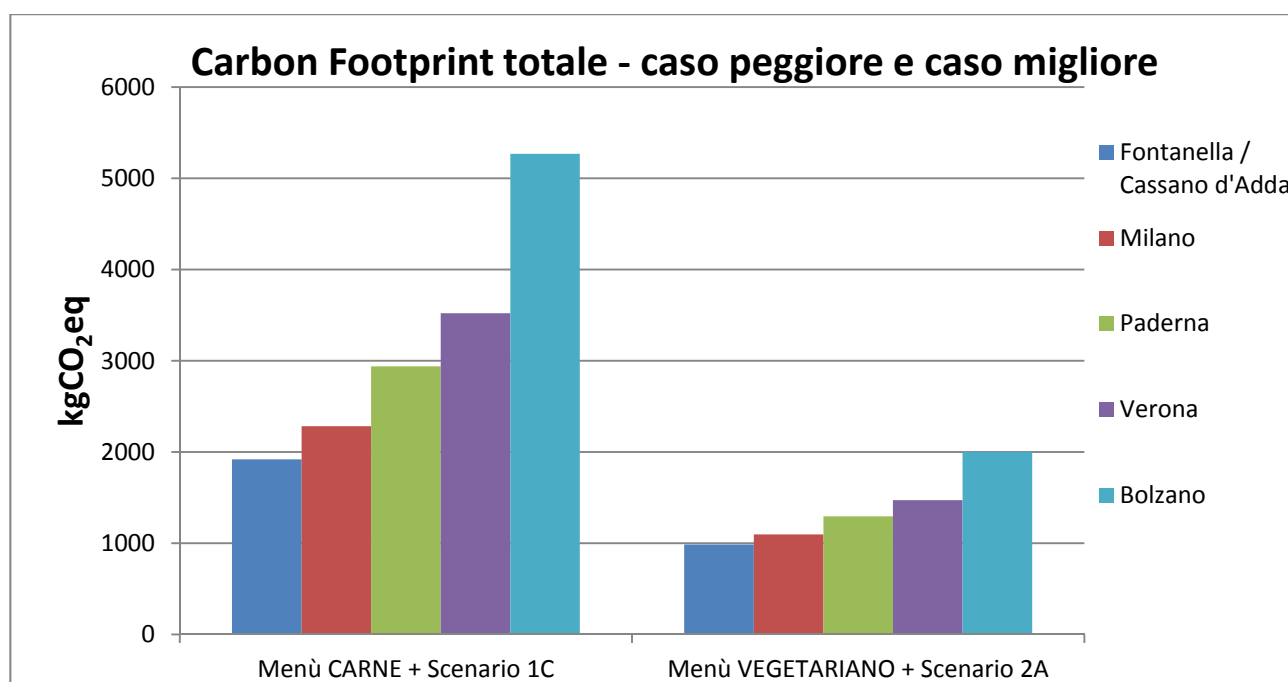


Grafico 18 – Confronto grafico tra i casi più impattanti e a quelli meno impattanti per ogni località considerata.

Dal grafico emerge la netta differenza tra i casi appartenenti alla combinazione “più impattante” e quelli appartenenti alla combinazione “meno impattante”: il caso migliore tra i più impattanti (nel grafico indicato come “Fontanella / Cassano d’Adda” nella parte sinistra) ha un impatto solo di poco inferiore al caso peggiore tra i meno impattanti (nel grafico indicato come

“Bolzano” nella parte destra). Questo risultato evidenzia come la scelta della combinazione tra il menù e la metodologia di trasporto (il quale contribuisce per una quota variabile tra il 20% e il 75% a seconda dei casi) può influenzare notevolmente il risultato finale dell’impatto totale anche considerando location a distanze molto diverse, infatti i due casi presentati riguardano servizi a due distanze differenti, il primo a 20 km di distanza dalla sede e il secondo a 250 km di distanza dalla stessa.

5.2 Conclusioni

Il sistema costruito per descrivere il caso di studio ha una struttura molto flessibile, tale da permetterne facilmente la sua declinazione in casistiche più specifiche e conseguente applicazione a casi di studio caratterizzati da ipotesi di partenza molto diverse se comparate al caso di studio in esame (ad esempio a un ristorante).

Gli obiettivi prefissati all’inizio dello studio hanno permesso di mettere in evidenza come le diverse fasi del processo analizzato contribuiscano all’impatto totale dell’attività, e come le scelte tra le possibili alternative di ciascuna fase analizzata possano influenzare il risultato finale.

Inoltre dai risultati ottenuti sono emerse alcune possibili azioni per ottenere una riduzione degli impatti ambientali; tra le principali si mettono in evidenza:

- cambio del metodo di trasporto (qualora le circostanze lo consentano), optando per l’utilizzo di un mezzo più pesante in sostituzione a molteplici mezzi più leggeri;
- disporre di studi e dati relativi agli impatti ambientali del servizio offerto in modo da poter supportare le scelte dei consumatori, incrementando la loro consapevolezza nei confronti degli aspetti ambientali;
- continuo impegno da parte della ditta nell’acquisto e utilizzo di prodotti il più possibile locali e stagionali.

Lo sviluppo di questa tesi ha inoltre permesso di mettere in luce ulteriori aspetti di interesse relativi al settore catering che, pur non essendo stati trattati nel presente studio, meritano approfondimenti e costituiscono quindi i possibili futuri sviluppi nello studio del settore:

- Analisi sulla gestione dei rifiuti;

- Studio sul packaging degli alimenti utilizzati;
- Analisi più approfondite di altri aspetti ritenuti in questo studio di minore rilevanza come ad esempio la fase del lavaggio (con relativo uso di detersivi), la movimentazione dei camerieri e un'analisi sui materiali utilizzati;
- Affinamento del metodo utilizzato andando ad agire sulle ipotesi semplificative introdotte per lo studio in esame, come per esempio la fase di produzione degli alimenti.

Bibliografia

- Accorsi, R., Cascini, A., Cholette, S., Manzini, R., Mora, C. (2013), “Economic and environmental assessment of reusable plastic containers: A food catering supply chain case study”, *Int. J. Production Economics*.
- Allard, V., Soussana, J.-F., Falcimagne, R., Berbigier, P., Bonnefond, J.M., Ceschia, E., D’hour, P., Hénault, C., Laville, P., Martin, C., Pinarès-Patino, C. (2007), “The role of grazing management for the net biome productivity and greenhouse gas budget (CO₂, N₂ O and CH₄) of semi-natural grassland”, *Agriculture, Ecosystems and Environmen*, Vol.121, pp.47–58.
- Bauman, Z. (1998), “Globalization: The Human Consequences”, *Policy Press*, Cambridge.
- Bellarby, J., Foereid, B., Hastings, A., Smith, P. (2008), “Cool Farming: Climate Impacts of Agriculture and Mitigation Potential”. *Greenpeace*, Amsterdam.
- Breitenbach, M.C. & Slabbert, T.J.C. (2008), “Globalisation’s ugly stepsister: estimating some economic impacts of localisation in South Africa”. *The Global Studies Journal*, Vol.1, pp.151–165.
- Carter, C.R. and Rogers, D.S. (2008), “A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol.38 No.5, pp.360-387.
- FAO, OCSE (2012). “Agricultural Outlook”
- Fraser, D. (2008), “Understanding Animal Welfare: The Science in its Cultural Context”, *Wiley-Blackwell*, UK.
- Gail Smith, B. (2008), “Developing sustainable food supply chain”, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, Vol. 363, pp. 849-861.
- Garnett, T. (2011), “Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)?”, *Food Policy*, Vol.36, pp.S23-S32.
- Gill, M., Smith, P., Wilkinson, J.M. (2010), “Mitigating climate change: the role of domestic livestock”, *Animal*, Vol.4, pp.323–333.
- Harvey, M., Pilgrim, S. (2011). “The new competition for land: food, energy, and climate change”, *Food Policy*, Vol.36, pp.S1-S2.
- Huang, M.H. and Rust, R.T. (2011), “Sustainability and consumption”, *Journal of The Academy of Marketing Science*, Vol.39 No.1, pp.40-54.
- IAASTD, 2009. “Agriculture at a Crossroads. The Global Report”. *International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development*, Island Press.

- Ilbery, B. and Maye, D. (2005), “Food supply chains and sustainability: evidence from specialist food producers in the Scottish/English borders”, *Land Use Policy*, Vol.22 No.4, pp.331-344.
- Indira, D. and Srividya, G. (2012), “Reducing the Livestock related greenhouse gases emission”, *Veterinary World*, Vol.5, pp.244-247.
- IPPC, 2007. Climate Change Mitigation, Agriculture. Cambridge University Press, Cambridge (Chapter 8).
- ISPRA, 2011. “Emissioni nazionali in atmosfera dal 1990 al 2009”.
- Lehtinen, U. (2012), “Sustainability and local food procurement: a case study of Finnish public catering”, *British Food Journal*, Vol.114 No.8, pp.1053-1071.
- Leibig, M.A., Gross, J.R., Kronberg, S.L., Phillips, R.L., Hanson, J.D. (2010), “Grazing management contributions to net global warming potential: a long-term evaluation in the northern great plains”, *Journal of Environmental Quality*, Vol.39, pp.799–809.
- Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P., Naylor, R.L., (2010), “Radically Rethinking Agriculture for the 21st Century”, *Science*, Vol.327, no.5967, pp.833-834.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute: Washington, DC, USA. Available online at: <http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>.
- Moore, F.C., MacCracken, M.C. (2009), “Lifetime-leveraging: an approach to achieving international agreement and effective climate protection using mitigation of short-lived greenhouse gases”, *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol.1, pp.42–62.
- Murdoch, J. & Miele, M. (1999), “‘Back to Nature’: changing ‘worlds of production’ in the food sector”. *European Society for Rural Sociology*, Vol.39, pp.465–483.
- Norberg-Hodge, H. (2002), *Bringing the Food Economy Home: Local Alternatives to Global Agribusiness*, Kumarian Press, Bloomfield, CT.
- Pew Commission on Industrial Farm Animal Production, 2009. “Putting Meat on the Table: Industrial Farm Animal Production in America”, *A Project of The Pew Charitable Trusts and Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health*.
- Post, A. and Mikkola, M. (2012), “Nordic stakeholders in catering for sustainability: chasm between ideology and practice?”, *British Food Journal*, Vol.114 No.5, pp.743-761.
- Pullman, M.E., Maloni, M.J. and Carter, C.R. (2009), “Food for thought: social versus environmental sustainability practices and performance outcomes”, *Journal of Supply Chain Management*, Vol.45 No.4, pp.38-54.

- Quaye, W., Jongerden, J., Essegbey, G., Ruivenkamp, G. (2010), “Globalization vs. localization: global food challenges and local solutions”, *International Journal of Consumer Studies*, Vol.34, pp.357-366.
- Ramanathan, V., Xu, Y. (2010), “The Copenhagen accord for limiting global warming: criteria, constraints, and available avenues”, *PNAS* (May 4), doi:10.1073/pnas.1002293107.
- Robertson, R. (2001), “Globalization: Social Theory and Global Culture”. *Sage Publications*, London.
- Schönhart, M., Penker, M. and Schmid, E. (2008), “Sustainable local food production and consumption – Challenges for implementation and research”, paper presented at 8th European IFSA Symposium, Clermont-Ferrand, 6-10 July.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., et al. (2007), Agriculture. In: Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R., Meyer, L.A. (Eds.), *Climate Change (2007), Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press*, New York, NY.
- Soil Association (2010). “Telling Porkies: The Big Fat Lie about Doubling Food Production”, Bristol.
- Sonnino, R. & Marsden, T. (2006), “Beyond the divide: rethinking relationships between alternative and conventional food networks in Europe”. *Journal of Economic Geography*, Vol.6, pp.181–199.
- Strong, C. (1997). “The problems of translating fair trade principles into consumer purchase behavior”, *Marketing Intelligence & Planning*, Vol.15 No.1, pp.32–37.
- SUSTAIN (2009), “What is sustainable food”, available at: www.sustainweb.org/ethicaleats/sustainablefood/.
- The Royal Society (2009), “Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture”, *Science Policy*, London, August.
- Thorburn, P.J., Biggs, J.S., Collins, K., Probert, M.E. (2010). “Estimation of nitrous oxide emission from ecosystems and its mitigation technologies”. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol.136, issue 3-4, pp.343–350.
- Thorns, D.C. (1997), “The global meets the local: tourism and the representation of the New Zealand city”. *Urban Affairs Quarterly*, Vol.33, pp.189–208.
- Tomlinson, J. (2006), “Globalisation and Culture”. *A paper presented at the University of Nottingham Ningbo China (UNNC) Research Seminar Series 2006–2007*.
- Tukker, A. Goldbohm, R.A., de Koning, A., Verheijden, M., Kleijn, R., Wolf, O., Pérez-Domínguez, I., Rueda-Cantuche, J.M. (2011), “Environmental impacts of changes to healthier diets in Europe”, *Ecological Economics*, Vol.70, pp.1776-1788.

- Ukpere, W.I. & Slabbert, A.D. (2009), “A relationship between current globalisation, unemployment, inequality and poverty”. *International Journal of Social Economics*, Vol.36, pp.37–46.
- Vasilescu, L.G. & Himayatullah, K. (2008), “Globalisation-challenges and debates”. *The Young Economists Journal*, Vol.6, pp.78–85.
- Verghes, K., Lewis, H. (2007), “Environmental innovation in industrial packaging: a supply chain approach” *International Journal of Production Research*, Vol.45, Issue 18–19, pp.4381–4401.
- United Nation, Brundtland World Commission on Environment and Development (1987), *Our common future*.
- Yakovleva, N., Flynn, A., Green, K., Foster, C. and Dewick, P. (2004), “A sustainable perspective: innovations in the food system”, paper presented at Joint 4s/EASST Conference; Public Proofs – Sciences, Tecnology and Democracy, Paris, 25-28 August.