

Studio di valutazione degli impatti ambientali derivanti dalla gestione di servizi scolastici

ARPA Emilia-Romagna, Direzione Generale - SGI:SQE

Amministrazione Provinciale di Ferrara

Revisione al 31 Maggio 2004

1	Introduzione.....	5
2	L'Analisi del Ciclo di Vita.....	6
2.1	Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione	7
2.2	Analisi d'inventario.....	10
2.3	La Valutazione di Impatto LCIA - Impact Assessment	13
2.4	Interpretazione.....	15
3	Applicazione della LCA ad un servizio di gestione di mensa scolastica.....	16
3.1	Obiettivo e campo di applicazione	16
3.1.1	Unità funzionale.....	16
3.1.2	Flusso di riferimento	16
3.1.3	Confini del sistema.....	17
3.1.3.1	Fase di produzione	18
3.1.3.2	Fase d'uso.....	19
3.1.3.3	Fase di fine vita	19
3.1.3.4	Esclusioni e puntualizzazioni.....	20
3.1.4	Qualità dei dati.....	21
3.2	Analisi d'inventario.....	22
3.2.1	Fase di produzione.....	22
3.2.1.1	Alimenti (e relativi imballaggi)	22
3.2.1.2	Stoviglie	27
3.2.1.3	Contenitori per il trasporto pasti	27
3.2.1.4	Energia elettrica.....	27
3.2.1.5	Acqua.....	28
3.2.1.6	Gas metano.....	28
3.2.1.7	Emissioni in atmosfera.....	29
3.2.1.8	Detergenti	29
3.2.1.9	Rifiuti	29
3.2.1.10	Reflui depuratore.....	30

3.2.2	Fase d'uso.....	31
3.2.2.1	Trasporti.....	31
3.2.2.2	Pasti.....	31
3.2.2.3	Energia elettrica.....	32
3.2.2.4	Detergenti e acqua	32
3.2.2.5	Metano.....	32
3.2.2.6	Emissioni in atmosfera.....	33
3.2.2.7	Emissioni idriche.....	33
3.2.2.8	Rifiuti	33
3.2.3	Fase di fine vita.....	34
3.2.4	Tabella d'inventario	34
3.3	Valutazione degli impatti (LCIA) e interpretazione	34
3.3.1	Metodo Eco-indicator 99.....	35
3.3.1.1	Caratterizzazione.....	35
3.3.1.2	Valutazione del danno.....	36
3.3.2	Risultati.....	38
3.3.3	Analisi dei risultati.....	39
3.3.3.1	Respiratory Inorganics (Smog invernale causato da emissioni di sostanze inorganiche)	42
3.3.3.2	Carcinogens (Effetti cancerogeni).....	44
3.3.3.3	Climate change (Cambiamenti climatici).....	47
3.3.3.4	Ecotoxicity (Ecotossicità).....	49
3.3.3.5	Acidification/Eutrophication (Acidificazione/Eutrofizzazione)	51
3.3.3.6	Fossil fuels (Consumo di combustibili fossili).....	53
3.3.4	Valutazioni	55
3.3.4.1	Produzione e distribuzione dell'energia elettrica consumata dal sistema oggetto dello studio	55
3.3.4.2	Estrazione, distribuzione e combustione del gas metano per riscaldamento e per la cottura dei pasti	56
3.3.4.3	Distribuzione dei pasti alle scuole	56

3.3.4.4	Produzione e dismissione dei materiali utilizzati per gli imballi degli alimenti, per i contenitori e stoviglie di plastica.....	57
4	Conclusioni.....	61
	Bibliografia.....	62

1 Introduzione

La Provincia di Ferrara ha da tempo intrapreso un processo di Agenda 21 locale perseguendo gli obiettivi di sviluppo sostenibile enunciati durante la Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo (UNCED) svoltasi a Rio de Janeiro nel giugno 1992.

In questo ambito si inseriscono una serie di progetti legati al mondo della scuola, tesi ad avviare processi di ricognizione, analisi e valutazione degli aspetti ambientali connessi ad esso. Risulta perciò di particolare interesse l'analisi di un servizio di gestione di una mensa scolastica, soprattutto per gli elevati carichi ambientali (consumi energetici e idrici, produzione di rifiuti) che ne conseguono ed anche per l'articolazione in più fasi distinte (preparazione, distribuzione, consumo).

Lo strumento scelto per lo studio è quello dell'Analisi del Ciclo di Vita (o Life Cycle Assessment - LCA), che consente una valutazione degli impatti ambientali significativi legati alle caratteristiche delle attività, dei prodotti e dei servizi, attraverso tutte le fasi della loro esistenza, dalla "culla alla tomba". L'LCA è uno strumento di supporto per la gestione ambientale, contribuendo a definire le azioni da intraprendere per migliorare le prestazioni ambientali di un processo operativo (quali ad esempio la riduzione del consumo delle risorse e la riduzione delle emissioni). Attraverso la conoscenza degli effetti ambientali associati a tutti i momenti della vita utile infatti, è possibile individuare le criticità e finalizzare il miglioramento di un servizio e dei relativi processi.

2 L'Analisi del Ciclo di Vita

Lo sviluppo sostenibile è legato sia agli aspetti ambientali sia a quelli economici ed è possibile interpretare l'ecologia come "l'economia della natura": gli aspetti ambientali includono infatti l'analisi dell'utilizzo delle risorse naturali e dell'energia non rinnovabili e l'analisi delle emissioni in acqua, aria e suolo.

Lo studio della disponibilità di risorse è il punto di partenza di qualsiasi analisi ambientale, in quanto ogni soggetto economico dipende dalla realtà che lo circonda. Il rapporto tra l'uso delle risorse e l'ambiente è uno dei nodi centrali della gestione ambientale delle organizzazioni che perseguono un miglioramento delle proprie performance in questo campo.

In questa nuova ottica gestionale, la sostenibilità deve necessariamente essere riferita al principio del ciclo di vita, cioè a tutte le fasi di un'attività, prodotto o servizio, dalla progettazione, alla produzione, alla manutenzione, all'utilizzo e alla dismissione finale. La Valutazione del Ciclo di Vita o più semplicemente LCA (Life Cycle Assessment), consiste nella valutazione degli aspetti ambientali significativi legati al comportamento delle attività, dei prodotti e dei servizi, attraverso tutte le fasi della loro esistenza, dalla "culla alla tomba". La LCA viene anche denominata "analisi del ciclo di vita", "stima del ciclo di vita" o "ecobilancio".

Essa è uno strumento di supporto per la gestione ambientale, in quanto aiuta a definire le azioni da intraprendere per migliorare le prestazioni ambientali del proprio processo operativo, attraverso la riduzione del consumo delle risorse e la riduzione delle emissioni. Attraverso la conoscenza degli effetti ambientali associati a tutti i momenti della vita utile infatti, è possibile finalizzare il miglioramento dei prodotti/servizi e dei relativi processi e definire le caratteristiche innovative in sede di progettazione.

Volendo migliorare la qualità ecologica di un prodotto/servizio, ovvero ridurre gli effetti negativi sull'ambiente, bisogna prima valutare gli effetti riconducibili ad esso, inteso come insieme delle materie prime utilizzate e delle funzioni d'uso a esso correlate.

La Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) definisce l'LCA nel modo seguente:

"la valutazione degli aggravamenti ambientali associati a un prodotto, a un processo o a un'attività attraverso l'identificazione e la quantificazione dei materiali, dell'energia utilizzata e dei rifiuti immessi nell'ambiente. La valutazione comprende l'intero ciclo di vita del prodotto, processo o attività, dall'estrazione e lavorazione delle materie prime, alla fabbricazione di componenti e al successivo assemblaggio, al trasporto e alla distribuzione, all'utilizzo, al riciclo, al riuso, allo stoccaggio e allo

smaltimento finale. Identifica e valuta anche l'opportunità di realizzare miglioramenti sul prodotto, processo o attività".

La stima del ciclo di vita è uno strumento preventivo, poiché permette di avere accesso alle informazioni necessarie per individuare i punti di forza e di debolezza di un sistema e quindi di operare le scelte più opportune per l'ottimizzazione delle prestazioni ambientali nella fase di progettazione di nuovi prodotti, processi e servizi.

Un'altra area di potenziale utilizzo dell'analisi del ciclo di vita è quella legata all'attività di controllo da parte delle autorità preposte. In questo senso può essere uno strumento di supporto alle decisioni per giudicare la compatibilità dei prodotti, processi e servizi, la regolamentazione dell'uso dei prodotti e la scelta tra diversi sistemi che svolgono la stessa funzione o attività.

Durante uno studio di LCA, un prodotto (o un servizio) viene esaminato in tutti i suoi stadi, "dalla culla alla tomba", attraverso un'articolazione in quattro fasi principali:

- definizione dell'**obiettivo** e del **campo di applicazione** dello studio ("Goal and scope definition");
- **analisi d'inventario** ("Life Cycle Inventory" - LCI) ossia la compilazione di un bilancio di ingressi (ad esempio: materiali, energia, risorse naturali) ed uscite (ad esempio: emissioni in aria, acqua, suolo) rilevanti del sistema;
- **valutazione degli impatti** ("Life Cycle Impact Assessment" - LCIA) ambientali potenziali, diretti ed indiretti, associati a questi input e output;
- **analisi dei risultati** ("Life Cycle Interpretation") delle due fasi precedenti e la definizione delle linee di intervento.

Di seguito vengono espone le fasi suddette.

2.1 Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

La fase di definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione è importante perché determina la ragione per la quale si effettua una LCA (compresa l'utilizzazione dei risultati), descrive il sistema oggetto dello studio ed elenca le categorie di dati da sottoporre allo studio.

Nella pratica bisogna definire:

- gli obiettivi dello studio;
- il campo di applicazione;
- i confini iniziali del sistema considerato;

- le categorie di dati considerate nell'analisi;
- i criteri di scelta iniziale dei flussi in ingresso e in uscita.

Di seguito vengono meglio esposti i punti suddetti.

L'obiettivo di una LCA deve stabilire:

- le motivazioni per effettuare lo studio;
- le applicazioni previste;
- i destinatari dello studio.

In generale l'accuratezza, il dettaglio e la profondità con cui viene svolta una LCA sono funzione dei motivi, dell'applicazione e dei destinatari dello studio. Perciò risulta molto importante avere ben chiari questi punti, in modo tale da definire con precisione il lavoro da svolgere.

Il campo di applicazione deve essere sufficientemente ben definito, al fine di assicurare che l'ampiezza, la profondità e il dettaglio dello studio siano compatibili con l'obiettivo stabilito e sufficienti per conseguirlo.

Il campo di applicazione deve prendere in considerazione i seguenti argomenti rilevanti:

- **“le funzioni del sistema”**: sono le caratteristiche prestazionali del sistema di prodotto o dei sistemi nel caso di studi comparativi;
- **“l'unità funzionale”**: indica l'oggetto riferimento dello studio a cui tutti i dati in ingresso ed in uscita saranno normalizzati;
- **“il flusso di riferimento”**: è la quantità di materiale necessaria per soddisfare la funzione dell'unità funzionale.

Se, ad esempio, la “funzione del sistema” è la verniciatura di una superficie, la “unità funzionale” sarà il m² di superficie verniciata e garantita per un certo periodo, e il “flusso di riferimento” sarà la quantità di tintura necessaria.

È molto importante definire i confini iniziali del sistema, in maniera tale da stabilire quali sono le fasi del processo (dette anche “unità di processo”) da comprendere o meno nell'analisi. Possiamo definire quindi il sistema come un insieme di unità di processo (ad esempio: produzione, distribuzione, ecc.) collegate fra loro da flussi di prodotti intermedi (es. materiali di base, semilavorati) e/o rifiuti da trattare, collegate con altri sistemi e con l'ambiente da flussi elementari in entrata (ad esempio: materie prime, energia) e in uscita (ad esempio: emissioni in aria, acqua, radiazioni).

I confini del sistema determinano le unità di processo che devono essere incluse nella LCA. I criteri adottati nello stabilire i confini del sistema devono essere identificati e giustificati nel campo di applicazione dello studio. In genere si prendono in considerazione le seguenti fasi essenziali:

- flussi in ingresso ed in uscita;

- distribuzione/trasporto;
- produzione ed utilizzazione di combustibili, elettricità, e di calore;
- uso e manutenzione;
- smaltimento rifiuti e prodotti di processo;
- recupero dei prodotti.

Per descrivere il sistema è utile realizzare un diagramma di flusso che indichi le unità di processo e le loro interrelazioni.

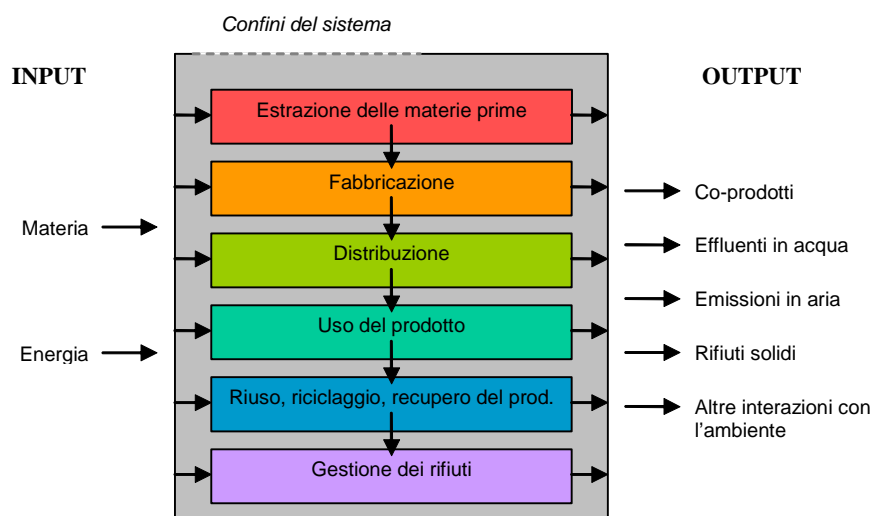


Figura 1 - Ciclo di vita di un prodotto

Il diagramma di flusso può risultare utile per identificare quei flussi in ingresso e in uscita riconducibili a più sistemi differenti. Un'azienda che realizza più prodotti ad esempio, potrà avere un unico contatore dell'acqua o del consumo di energia elettrica; nel tal caso quindi, bisognerà ricorrere alle procedure di allocazione descritte più avanti, per individuare la percentuale di ogni flusso in entrata da ricondurre al prodotto/servizio di interesse.

I dati richiesti per uno studio di LCA utilizzati per quantificare i flussi in input ed output possono essere misurati, calcolati o stimati. Le macrocategorie nelle quali i dati possono essere classificati sono:

- energia, materie prime, materiali ausiliari o altre entità fisiche in ingresso;
- prodotti (prodotto principale e co-prodotti);
- emissioni in aria, acqua, suolo e altri aspetti ambientali (rumore, vibrazioni, uso del suolo, radiazioni, odore e dispersione del calore).

Nella pratica quando si analizza un sistema complesso, è molto difficile e poco significativo considerare tutti i flussi in ingresso ed in uscita. Si debbono perciò stabilire dei criteri in base ai quali includere o meno questi flussi. Generalmente questi criteri sono basati su:

- **massa:** si includono tutti i flussi in ingresso che cumulativamente contribuiscono più di una percentuale definita, al flusso di massa in ingresso del sistema di prodotti da modellizzare;
- **energia:** si includono i flussi in ingresso che cumulativamente contribuiscono, più di una percentuale definita, al flusso di energia in ingresso;
- **rilevanza ambientale:** si includono i flussi in ingresso che contribuiscono, più di una percentuale definita, all'aumento di uno qualsiasi degli indicatori di impatto ambientale (per ulteriori spiegazioni si veda di seguito).

Ad esempio, se si esegue lo studio LCA al fine di ottenere una DAP (Dichiarazione Ambientale di Prodotto), vengono normalmente esclusi quei flussi che contribuiscono meno dell'1% a ciascuno degli impatti considerati.

Il processo di selezione dei flussi di input ed output per determinare i confini del sistema può essere così schematizzato:

- determinazione delle unità di processo del sistema di prodotti;
- raccolta iniziale dei dati relativi ad ogni unità di processo;
- stima iniziale dei flussi di materiale ed energia;
- applicazione dei criteri di decisione (massa, energia, ambiente);
- determinazione degli input/output e dei confini del sistema.

2.2 Analisi d'inventario

L'analisi d'inventario comprende la raccolta dei dati e i procedimenti di calcolo che consentono di quantificare i flussi in entrata e in uscita di un sistema prodotto. Questi flussi comprendono l'utilizzo di risorse ed i rilasci in aria, acqua e suolo.

L'analisi di inventario è un processo iterativo: man mano che i dati vengono raccolti e si conosce meglio il sistema, si possono individuare nuovi requisiti o limitazioni riguardo ai dati, e si può procedere ad una integrazione o correzione.

L'inventario è diviso nell'ordine in questi quattro moduli:

- definizione dei procedimenti di raccolta dati;

- raccolta dati;
- procedimento di calcolo;
- allocazione dei flussi ai diversi prodotti.

Durante la definizione dei procedimenti di raccolta dati, si stabilisce più nel dettaglio il diagramma di flusso del sistema (descrizione qualitativa e quantitativa delle unità di processo e categorie di dati ad esse associate). Inizialmente ci si concentra generalmente sul processo di produzione, cercando di individuare per le varie unità di processo:

- i passi rilevanti;
- i flussi di materiali;
- i flussi di energia;
- le emissioni nell'ambiente.

Successivamente si estende l'analisi a monte ed a valle considerando:

- l'estrazione della materia prima;
- i trasporti prima e dopo il ciclo produttivo;
- l'uso dei prodotti;
- il riciclaggio e smaltimento.

Prima di procedere alla raccolta dati è bene specificare le unità di misura utilizzate e i procedimenti per la raccolta dei dati. È molto importante descrivere bene i procedimenti di raccolta dati, in maniera tale da facilitare il compito a chi poi dovrà rilevarli materialmente.

Nella fase di raccolta sappiamo già di quali dati abbiamo bisogno, che siano di tipo economico (materiali, servizi, energia) o di tipo ambientale (emissioni in aria ed acqua, rifiuti solidi).

Ogni dato deve essere opportunamente registrato e documentato. Per raccogliere i dati si può anche fare uso di questionari preimpostati oppure attingere a fonti bibliografiche, database o associazioni di categoria. Le unità di misura con cui vengono raccolti i dati devono essere compatibili con quelle utilizzate nello schema di processo.

Prima di procedere al calcolo può essere utile validare i dati ricevuti tramite ad esempio un bilancio di materia ed energia per verificare l'equivalenza di input ed output.

A seguito della raccolta dati si passa alla correlazione dei dati all'unità funzionale, andando quindi a valutare le quantità di materia e di energia in ingresso e in uscita riconducibili ad essa.

Il procedimento per condurre un'analisi d'inventario è iterativo, man mano che i dati vengono raccolti i confini iniziali del sistema devono essere revisionati dando luogo a:

- esclusione di fasi del ciclo di vita o di unità di processo quando poco significativi in base all'analisi di sensibilità;
- esclusione di flussi in ingresso ed in uscita poco significativi per i risultati dello studio;
- inclusione di nuove unità di processo e flussi che mostrano essere significativi in base all'analisi di sensibilità.

La maggior parte dei processi industriali ha più di un prodotto e ricicla i prodotti intermedi o di scarto come fossero materie prime. Pertanto i flussi di materia ed energia devono essere allocati ai differenti prodotti secondo procedure chiaramente definite.

Le possibilità sono in ordine di preferenza:

- evitare l'allocazione tramite:
 - divisione delle unità di processo in più sotto-processi in modo da identificare la corretta ripartizione dei flussi fra i vari prodotti;
 - espansione del sistema per includere funzioni aggiuntive relative ai prodotti;
- allocazione tramite:

relazioni fisiche intercorrenti tra i flussi (in ingresso e in uscita) e i prodotti (o funzioni) che permettono di ripartire i flussi in base alla massa, volume, ecc.;

ripartizione dei flussi in funzione del valore economico dei prodotti, allocando ad esempio i flussi in ingresso fra i vari prodotti in funzione del valore degli stessi.

A questo punto, i dati raccolti relativi al ciclo produttivo sono trasformati in una tabella (la "tabella d'inventario") contenente una serie di emissioni impattanti e di consumi di risorse, causate dall'unità funzionale in studio.

Infine bisogna riconsiderare le scelte effettuate, al fine di valutare:

- limitazioni derivanti da qualità dei dati ed analisi di sensibilità;
- conformità delle funzioni del sistema e unità funzionale;
- conformità dei confini del sistema;
- analisi dell'incertezza.

Le conclusioni e limitazioni devono essere documentate.

2.3 La Valutazione di Impatto LCIA - Impact Assessment

Lo scopo della valutazione di impatto (Life Cycle Impact Assessment - LCIA) è quello di identificare i temi ambientali (risorse, impatti globali, impatti regionali e locali) rilevanti e trasformare ciascun flusso di sostanze della tabella di inventario in un contributo ai temi ambientali.

L'analisi di impatto permette di correlare la tabella d'inventario a temi ambientali che vanno dal riscaldamento globale alla tossicità per l'uomo, dall'acidificazione all'impoverimento abiotico ecc.

La ISO 14042 definisce la LCIA nelle seguenti fasi:

- **scelta e definizione delle categorie d'impatto;**
- **classificazione;**
- **caratterizzazione;**
- **normalizzazione;**
- **valutazione.**

Per **definire le categorie d'impatto** occorre tenere conto di tre criteri:

- completezza (considerare tutte le categorie a breve e a lungo termine su cui il sistema potrebbe agire);
- indipendenza (evitare intersezioni tra le categorie, conteggi multipli);
- praticità (la lista formulata non dovrà comunque contenere un numero eccessivo di categorie).

Inizialmente si raggruppano i dati della tabella d'inventario per tematiche ambientali, considerando in ogni gruppo quelle sostanze che risulteranno impattanti per la tematica stessa. E' possibile che alcune sostanze siano riconducibili a più di una tematica ambientale e quindi verranno considerate più volte. Ad esempio la categoria di sostanze detta dei Clorofluorocarburi (o CFC), provoca un impatto sia sul "riscaldamento globale" (o "effetto serra") che su "assottigliamento dello strato di ozono stratosferico" (o "buco nell'ozono"). Questa fase è detta di "**classificazione**".

Successivamente si effettua la "**caratterizzazione**" vera e propria, e cioè si realizza una valutazione quantitativa degli impatti sulle singole tematiche ambientali. Per procedere è necessario definire:

- "indicatori di categoria": rappresentazioni quantitative delle categorie d'impatto. Per il riscaldamento globale può essere ad esempio la forza radiante dell'infrarosso dovuta all'emissione di gas serra;

- “fattori di caratterizzazione”: numeri utilizzati per convertire i risultati dell’Inventario nell’unità comune per l’indicatore di categoria;

Nella pratica si moltiplicano le quantità derivanti dalla tabella d’inventario per i fattori di caratterizzazione specifici, che rappresentano il contributo di una singola sostanza ad una specifica tematica ambientale e si sommano tra loro tutti contributi a ciascuna categoria d’impatto per ottenere i punteggi finali.

Posto, ad esempio, che come unità di misura dell’indicatore del riscaldamento globale venga presa la quantità di CO₂, ognuna delle sostanze della tabella d’inventario viene moltiplicata per un fattore in grado di esprimere il contributo di detta sostanza al riscaldamento globale come quantità di CO₂ equivalente.

Quindi si aggregano i risultati (cioè si sommano i risultati ottenuti moltiplicando ognuna delle quantità collegate all’impatto per lo specifico fattore di caratterizzazione) nell’indicatore di categoria, sommando tutti i gas serra in un totale equivalente di anidride carbonica.

I fattori di caratterizzazione sono elaborati grazie a modelli chimico-fisici, che studiano l’entità degli effetti delle diverse sostanze su vari fenomeni ambientali.

Il risultato della fase di caratterizzazione è il profilo ambientale, che è costituito da una serie punteggi d’impatto per ogni categoria. La sua rappresentazione grafica è di solito l’istogramma a barre.

Successivamente si può procedere alla cosiddetta “**normalizzazione**”, e cioè si può effettuare una contestualizzazione degli impatti: i punteggi ottenuti per ciascuna categoria d’impatto vengono rapportati ad un riferimento. Questa fase non è obbligatoria.

La successiva fase di “**Valutazione**” consiste nell’assegnazione di un peso relativo alle varie categorie d’impatto.

Il peso di una tematica ambientale anche se riportato in letteratura tecnica è un giudizio assolutamente soggettivo basato su “Principi di equivalenza” che possono essere di tipo quantitativo, tecnologico, monetario, standard/limiti da raggiungere (distance-to-target), piano di programmazione. Si sceglie quello che si ritiene più opportuno a seconda dei casi.

Ottenuti i fattori di peso, essi vanno moltiplicati per i punteggi ottenuti e sommati per avere l’indice ambientale finale.

2.4 Interpretazione

Gli obiettivi della fase di “Interpretazione” sono i seguenti:

- traduzione ed interpretazione dei risultati: i risultati vanno interpretati e rappresentati in modo da essere facilmente fruibili, cercando anche di rappresentare scenari diversi da quello considerato;
- verificare l’ottenimento degli obiettivi dello studio (iterazione), la qualità dei dati e i limiti del sistema (analisi di sensitività); a questo punto un’analisi di sensibilità dovrà verificare l’accuratezza dei dati e la loro influenza sul risultato finale;
- paragonare le possibili opzioni: per rappresentare la variabilità dei dati, si può inizialmente pensare di fare un confronto tra i risultati ottenuti e quelli relativi alla situazione migliore ed a quella peggiore, un’analisi complessa richiederebbe lo studio dell’intervallo di variabilità dei dati in ingresso.

3 Applicazione della LCA ad un servizio di gestione di mensa scolastica

3.1 Obiettivo e campo di applicazione

Lo scopo dello studio è quello di evidenziare le criticità dal punto di vista ambientale di un servizio di gestione di mensa scolastica, al fine di individuare possibili obiettivi di miglioramento e minimizzare gli effetti delle attività antropiche sull'ambiente (obiettivo dello sviluppo sostenibile).

Nel Comune di Ferrara il servizio di gestione delle mense scolastiche prevede la preparazione, il trasporto e la distribuzione alle scuole di pasti caldi, oltre alle stoviglie e al personale per la preparazione delle porzioni, in base a quanto inserito nel capitolato d'appalto comunale.

L'applicazione dell'Analisi del Ciclo di Vita è stata realizzata sul servizio di mensa scolastica della scuola elementare "G. Bombonati" di Ferrara.

3.1.1 Unità funzionale

L'unità funzionale definita è la gestione giornaliera del servizio di mensa per le scuole elementari "G. Bombonati" di Ferrara.

3.1.2 Flusso di riferimento

Il flusso di riferimento consiste nella quantità di pasti preparati giornalmente per gli alunni delle scuole "G. Bombonati". Il numero di alunni che usufruisce del servizio di mensa varia a seconda del giorno della settimana:

lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì
171	213	169	180	180

È stata quindi calcolata una media, corrispondente a 180 pasti prodotti giornalmente.

3.1.3 Confini del sistema

Il servizio di mensa scolastica, in base alla metodologia LCA può essere suddiviso idealmente in tre fasi:

- **fase di produzione:** consistente nella preparazione dei pasti;
- **fase d'uso:** consistente nella distribuzione e nel consumo dei pasti;
- **fine vita:** consistente nella gestione dei rifiuti derivanti dalle fasi precedenti.

In Figura 2 si riporta un diagramma di flusso che schematizza il processo oggetto di questo studio seguendo questa suddivisione e riporta anche gli ingressi (energia, materie prime, materiali ausiliari) e le uscite (prodotto principale, emissioni nell'ambiente) rilevanti del sistema.

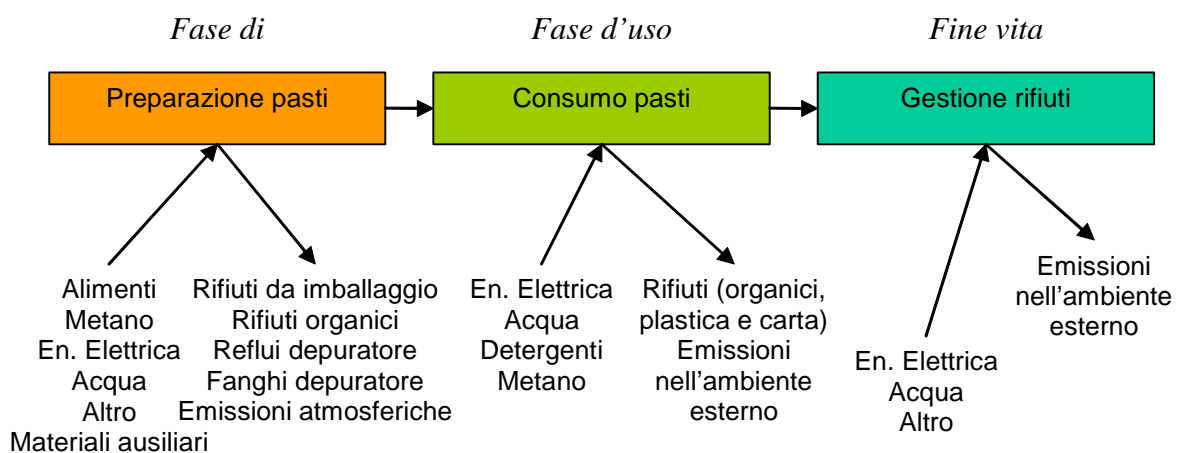


Figura 2 - Ciclo di vita del servizio di mensa scolastica

3.1.3.1 Fase di produzione

La preparazione dei pasti avviene presso l'unità produttiva CIR (Cooperativa Italiana Ristorazione) che ha sede a Ferrara in via Gioia 22 ed è la società aggiudicataria dell'appalto di fornitura del servizio per tutte le scuole del comprensorio nel Comune di Ferrara.

Lo stabilimento CIR è sede di un centro preparazione "pasti pronti confezionati" da porzionare e consegnare a domicilio ai committenti. Esso consta di un fabbricato ad un unico piano: i locali di lavorazione sono disposti in modo da garantire che il flusso di alimenti segua un percorso sempre in un'unica direzione e che le fasi del processo non interferiscano l'una con l'altra. In prossimità dell'ingresso merci si trovano le aree di stoccaggio della materia prima, seguono le aree di preparazione pasti, separate per tipologia (piatti freddi, verdure e carni), le cucine e in ultimo l'area di confezionamento. Marginalmente vi sono i locali di servizio (spogliatoi, servizi igienici, lavaggio contenitori e pentolame) e gli uffici. Dall'esterno si accede alla centrale termica e alla cabina elettrica.

Separato dall'edificio principale vi è un depuratore biologico a fanghi attivi adibito al trattamento delle acque reflue provenienti dal processo di preparazione dei pasti.

Parallelamente alla preparazione di pasti, vengono effettuati i processi di sanificazione dei locali e delle attrezzature, attività che prevedono consumi di acqua, energia elettrica e detergenti di vario tipo.

I flussi in ingresso quindi sono:

- alimenti (e relativi imballaggi);
- stoviglie e contenitori vari;
- acqua;
- gas metano;
- altri flussi materiali (es: detergenti);
- energia elettrica.

I flussi in uscita sono:

- pasti da porzionare con relativi contenitori per il trasporto e stoviglie;
- rifiuti solidi;
- emissioni in atmosfera (caldaia e cottura cibi);
- reflui depuratore;
- fanghi depuratore.

3.1.3.2 *Fase d'uso*

I pasti vengono consegnati presso le scuole elementari “G. Bombonati” in via Boschetti 8 a Ferrara, distribuiti ed infine consumati dagli alunni nel refettorio scolastico, che è suddiviso in due locali:

- il refettorio vero e proprio,
- un locale attiguo dove il personale della CIR provvede a porzionare i pasti.

Il cibo da porzionare è mantenuto in recipienti posti su di un carrello termico fino al momento della distribuzione.

Il personale della CIR provvede a preparare le porzioni in piatti di plastica e a distribuirle agli alunni.

CIR fornisce anche i vassoi per la distribuzione dei pasti e le caraffe per l'acqua potabile.

Inoltre il personale della CIR provvede anche al lavaggio dei pavimenti e dei vassoi, che viene eseguito a mano in un lavello presente nel locale di porzionatura dei pasti.

All'interno del refettorio sono posti dei contenitori per la raccolta differenziata dei rifiuti organici, della plastica e della carta, cosa della quale si occupano direttamente gli alunni una volta finito il pasto.

I principali flussi in ingresso sono quindi:

- cibo;
- acqua;
- stoviglie (piattini, bicchieri, posate e tovagliolo);
- energia elettrica;
- gas metano (riscaldamento).

I principali flussi in uscita sono:

- rifiuti organici;
- rifiuti secchi (carta e plastica);
- emissioni in atmosfera;
- emissioni idriche.

Il trasporto dei pasti dal centro di produzione CIR alle scuole Bombonati è stato considerato nella “Fase d'uso”.

3.1.3.3 *Fase di fine vita*

In questa fase vengono considerati i processi di trattamento dei rifiuti generati dal sistema.

I rifiuti prodotti dalla scuola vengono raccolti in maniera differenziata, conferiti ad AGEA S.p.A (società che gestisce per il Comune di Ferrara il servizio di raccolta e smaltimento dei rifiuti) che provvede ad avviarli a recupero.

In questa fase sono stati considerati i rifiuti relativi al solo flusso di riferimento (i pasti consegnati alla scuola G. Bombonati). I processi di trattamento dei rifiuti derivanti dalla fase di produzione sono stati considerati parte della fase di produzione stessa. Questa scelta deriva dalla volontà di separare la gestione dei rifiuti delle fasi di produzione e di uso. Ciò comunque non modifica in alcun modo il risultato della quantificazione totale degli impatti per ogni tematica ambientale: a variare saranno solamente i contributi delle singole fasi del processo.

3.1.3.4 Esclusioni e puntualizzazioni

Di seguito si riportano i processi esclusi dal ciclo di vita oggetto dello studio:

- **Processi di produzione degli alimenti a monte della preparazione dei pasti.** Non vengono perciò considerati i carichi ambientali collegati alle attività agricole (coltivazione di frutta, verdura, cereali, ecc.), zootecniche (allevamenti) e di trasformazione e confezionamento degli alimenti (es: produzione di pasta, pane, inscatolamento legumi, ecc.). Ciò si spiega con la difficoltà nel reperire i dati ambientali relativi. Questa limitazione non inficia il raggiungimento del fine ultimo dello studio e cioè l'individuazione di margini di miglioramento ambientale, in quanto la scelta delle tipologie di alimenti per i menù segue principi di tipo nutrizionale, mentre considerazioni di tipo ambientale ed economico vengono probabilmente fatte solo in seconda istanza.
- **Costruzione e dismissione degli edifici, arredi ed in generale di tutti i beni durevoli:** il loro ciclo di vita ha una durata maggiore di diversi ordini di grandezza rispetto a quello riferito all'unità funzionale.
- **Processi di produzione dei detersivi e di trattamento dei reflui di lavaggio:** non esistono dati da bibliografia adeguati.
- **Processi di trattamento dei fanghi del depuratore di proprietà CIR:** non esistono dati da bibliografia adeguati ed il reperimento sul campo degli stessi comporterebbe notevoli oneri in termini di tempo e risorse, nonché il coinvolgimento di organizzazioni esterne al progetto.
- **Utilizzo del compost prodotto dalla frazione organica dei rifiuti** (e relativi vantaggi in termini di impatti ambientali): non esistono dati da bibliografia adeguati.
- **Eventuali ulteriori processi di depurazione a valle dello scarico in pubblica fognatura dei reflui del depuratore di proprietà CIR:** non esistono dati da bibliografia adeguati ed il reperimento sul campo degli stessi comporterebbe notevoli oneri in termini di tempo e risorse, nonché il coinvolgimento di organizzazioni esterne al progetto.

Sono stati invece considerati nel ciclo di vita oggetto dello studio:

- I processi di produzione dei materiali utilizzati per le confezioni di alimenti, per i contenitori e per le stoviglie “usa e getta”.
- I processi relativi alla produzione e distribuzione di energia elettrica.
- I processi di estrazione degli idrocarburi, di produzione dei combustibili per riscaldamento o autotrazione ed il loro consumo.

3.1.4 Qualità dei dati

I dati relativi ai processi gestiti dal personale di CIR S.p.A o dalla Scuola Elementare Bombonati sono stati rilevati direttamente sul campo.

I dati relativi alla produzione e utilizzo di combustibili, alla produzione e distribuzione di energia elettrica ed allo smaltimento dei rifiuti sono stati ricavati da Banche Dati quali:

BUWAL 250, relativa principalmente ai materiali per gli imballaggi, realizzata dai Laboratori Federali Svizzeri per la Ricerca sui Materiali (EMPA);

ETH-ESU 96, relativa alla produzione, distribuzione e consumo di energia in tutti i paesi dell'Europa Occidentale nonché ai processi di trasporto, realizzata dall'Istituto Federale Svizzero per le Tecnologie (ETH);

I-LCA, contenente dati specifici della situazione italiana su produzione di materiali, processi industriali, trasporti, energia e trattamento dei rifiuti, realizzata da ANPA nel 2000;

Le Banche Dati suddette contengono dati ampiamente validati e vengono utilizzate in molti studi LCA anche a livello internazionale.

3.2 Analisi d'inventario

Di seguito si riportano per ciascun flusso di materia od energia, entrante o uscente dal sistema, le procedure con cui sono stati raccolti ed elaborati i dati riferiti all'unità funzionale.

3.2.1 Fase di produzione

3.2.1.1 *Alimenti (e relativi imballaggi)*

Il capitolato d'appalto relativo al servizio di refezione per le scuole del Comune di Ferrara definisce un menù estivo ed uno invernale, per ciascuno dei quali è prevista una variazione giornaliera su base mensile.

CIR S.p.A. ha fornito le grammature esatte degli alimenti utilizzati (vedi allegati 1 e 2) per ciascuno dei due menù, il che ha permesso, tramite una media pesata in funzione del numero di pasti preparati per ogni giorno della settimana, di calcolare la composizione media giornaliera per ciascuno dei 2 menù (vedi allegato 3).

L'articolo 9 del capitolato d'appalto prevede il menù autunno/inverno per il periodo che va dalla prima settimana di Ottobre fino all'ultima di Marzo e il menù primavera/estate per i giorni restanti dell'anno scolastico. Facendo un calcolo delle relative giornate per l'anno scolastico 2003/04, otteniamo questi valori:

Menù	Giornate	Coeff.
Estivo	52	0,302
Invernale	120	0,698
Totale	172	1

I coefficienti a cui si fa riferimento nella tabella sono stati calcolati dividendo il numero di giornate di validità di ciascun menù per il numero di giornate totali. In seguito i coefficienti stessi sono stati utilizzati come "pesi" per realizzare una media ponderata delle composizioni dei "due menù giornalieri

tipo” riferiti ai due periodi autunno/inverno e primavera/estate calcolati in precedenza. In tal maniera si è ottenuta la seguente composizione media dei pasti serviti alle scuole “Bombonati” riferita all’intero anno scolastico (vedi allegato 3):

Alimento	q.tà inv. (g)	q.tà est. (g)	q.tà totale (g)
Coeff. Proporzionalità	0,70	0,30	
pasta	35,11	40,44	36,72
melanzane	0,91	0,91	0,91
passata pomodoro	23,49	23,76	23,57
parmigiano	6,87	4,36	6,11
cipolla	0,58	0,45	0,54
carote	13,49	37,37	20,71
riso	14,02	14,32	14,11
zucca	2,58	0,00	1,80
fagioli secchi	2,32	0,00	1,62
tonno al naturale	1,03	1,03	1,03
olio extravergine di oliva	25,97	26,03	25,99
patate	37,47	25,05	33,72
piselli freschi o surgelati	1,03	0,91	0,99
prosciutto cotto	0,52	0,00	0,36
carne di maiale	8,30	7,73	8,13
lenticchie secchi	2,32	0,00	1,62
verdure varie	5,75	15,73	8,77
legumi freschi o surgelati	1,36	4,59	2,34
gnocchi	7,73	7,52	7,66
fondi di carciofi surgelati	1,55	0,00	1,08

Alimento	q.tà inv. (g)	q.tà est. (g)	q.tà totale (g)
latte	6,64	2,58	5,41
farina	0,84	0,42	0,72
seppia	3,98	0,00	2,77
ceci secchi	1,55	0,00	1,08
zafferano	0,14	0,00	0,09
orzo	1,55	0,00	1,08
vongole	0,75	0,00	0,52
nasello	4,08	4,08	4,08
pane	56,04	50,00	54,21
frutta*	150,00	150,00	150,00
tacchino	11,85	7,61	10,57
succo di limone	0,15	0,00	0,11
insalata	18,97	18,09	18,71
bocconcini di mozzarella	3,09	1,55	2,62
finocchi	4,64	0,00	3,23
manzo	7,14	7,75	7,32
cappuccio	3,01	0,00	2,10
prosciutto crudo	2,83	5,59	3,67
aglio	0,02	0,08	0,04
rosmarino	0,02	0,08	0,04
bieta	7,73	0,00	5,39
caciotta	1,55	1,36	1,49
emmenthal	1,55	1,55	1,55

Alimento	q.tà inv. (g)	q.tà est. (g)	q.tà totale (g)
pollo	12,63	12,88	12,70
purè:	2,51	0,00	1,75
uova (peso medio 60 g)	5,15	6,61	5,59
fontina	2,06	2,13	2,08
pesce S.Pietro	4,64	4,08	4,47
pangrattato	1,18	2,33	1,53
erbe	0,52	0,52	0,52
cavolfiore	6,18	0,00	4,31
casatella	1,50	0,00	1,05
radicchio	2,72	0,77	2,13
platessa	4,64	4,64	4,64
fagiolini	5,15	0,95	3,88
zucchine	7,54	11,99	8,89
pomodori	0,00	23,84	7,21
fagioli freschi o surgelati	0,00	3,55	1,07
sogliola	0,00	4,64	1,40
ricotta	0,00	1,03	0,31
stracchino	0,00	1,55	0,47
spinaci	0,00	7,21	2,18
mozzarella	0,00	3,01	0,91
ravioli ripieni	0,00	6,70	2,02
pomodoro	0,00	7,21	2,18
basilico	0,00	0,52	0,16

Alimento	q.tà inv. (g)	q.tà est. (g)	q.tà totale (g)
1 pasto	536,88	567,07	546,01

Un aspetto ambientale significativo legato alla preparazione dei pasti riguarda i rifiuti da imballaggio prodotti.

Raccogliere i dati relativi al totale dei rifiuti secchi suddivisi per materiale prodotti da CIR si è rivelato difficoltoso, in quanto i volumi sono notevoli, la raccolta differenziata è in parte di tipo multi-materiale e non vi sono serie storiche. Si è deciso quindi di procedere come segue.

CIR ha fornito i dati sugli imballi e confezioni degli alimenti (vedi allegato 4) ed in particolare:

- la tipologia di materiali utilizzati;
- i relativi pesi;
- le quantità di alimento contenute.

Dividendo il peso dell'imballo per quello del contenuto è stato possibile ottenere il peso specifico di rifiuti secchi prodotti per tipo di alimento. Ad esempio: se la pasta di semola viene consegnata in pacchi da 5kg realizzati con 20 g di polietilene, allora per ogni kg di pasta utilizzata si ha una produzione di rifiuti pari a 4 g di polietilene.

Dopodiché il peso specifico dell'imballo/confezione relativo ad ogni singolo alimento è stato moltiplicato per la quantità (in massa) dell'alimento stesso utilizzata nel pasto tipo. In tal maniera si è ottenuta la produzione di rifiuti secchi in termini di massa e di materiali, relativa alla preparazione di un singolo pasto.

Essendo il pasto tipo composto da 66 alimenti la maggior parte dei quali utilizzati in quantità minime, per facilitare la raccolta dati è stato utilizzato un criterio di cut-off dell'1% sulla massa, cioè sono stati raccolti solo i dati sugli imballi relativi agli alimenti la cui massa è maggiore dell'1% della massa totale del pasto. Ciò ha permesso di ridurre la lista a 19 alimenti, che comunque contribuiscono a circa l'85% della massa totale del pasto (vedi allegato 3).

Relativamente alla lista suddetta non è stato possibile raccogliere i dati su:

- confezione in LD-PE (polietilene a bassa densità) del tacchino per arrosto, per il quale è stato comunque pesato l'imballo in cartone ondulato;
- manzo, che secondo il personale CIR è comunque assimilabile come taglio e come imballo al tacchino arrosto;
- imballo dei pomodori freschi, comunque trascurabile rispetto al peso totale dei flussi entranti;

- bottiglia in PET (polietilene tereftalato) contenente i tuorli d'uovo, trascurabile anch'essa per lo stesso motivo di cui al punto precedente.

Per alcune voci della lista vengono usati prodotti diversi:

- passata di pomodoro: vengono usate due confezioni di tipo diverso, per le quali è stata fatta una media;
- frutta: è stata fatta una media dei diversi tipi di frutta considerati (mele, arance, mandarini, banane);
- tacchino: oltre a quello usato per l'arrosto, vengono usate altre due tipologie di tacchino confezionato, è stata realizzata una media;
- carote: è stata fatta una media dei dati riferiti a quelle surgelate e fresche, usate indifferentemente a seconda della disponibilità.

I carichi ambientali relativi alla produzione dei materiali da imballo sono stati calcolati tramite la libreria BUWAL 250.

3.2.1.2 Stoviglie

CIR ha fornito dei campioni di posate, piatti, bicchieri, tovaglette per i vassoi e tovaglioli. Per ognuno di essi è stato registrato il peso e il tipo di materiale, nonché i dati sugli imballi (vedi allegato 4).

I carichi ambientali per la produzione dei materiali sono stati calcolati tramite la libreria BUWAL 250.

3.2.1.3 Contenitori per il trasporto pasti

CIR ha fornito il numero, la massa, il materiale e i dati sugli imballi dei contenitori utilizzati per il trasporto dei pasti da porzionare. Il numero e la tipologia varia a seconda del giorno della settimana.

E' stato calcolato quindi il quantitativo medio per pasto in termini di massa dei contenitori utilizzati suddiviso per materiale (vedi allegato 5).

I carichi ambientali relativi alla produzione dei materiali sono stati quantificati tramite la libreria BUWAL 250.

3.2.1.4 Energia elettrica

Per i consumi di energia elettrica si è fatto riferimento all'analisi ambientale iniziale fornitaci da CIR contenente i dati relativi all'anno 2000, pari a 333.000 kWh. Essi sono stati divisi per il numero di pasti prodotti nello stesso periodo (922.000) per poi essere moltiplicati per il numero di pasti relativi al flusso di riferimento.

I relativi carichi ambientali sono stati calcolati tramite la libreria ETH-ESU 96. Essa considera la composizione percentuale delle tipologie di impianti di produzione di energia elettrica (ad olio combustibile, idroelettrica, ecc.) in Italia e realizza la media pesata delle relative emissioni nell'ambiente.

3.2.1.5 *Acqua*

CIR ha fornito le registrazioni dei consumi idrici mensili per il periodo nov. 2002 – set. 2003, nonché il numero di pasti prodotti mensilmente per lo stesso periodo:

N. pasti prodotti		
Anno	Mese	Numero
2002	Novembre	77.616
	Dicembre	57.885
2003	Gennaio	72.780
	Febbraio	69.142
	Marzo	67.394
	Aprile	59.811
	Maggio	69.344
	Giugno	27.604
	Luglio	26.972
	Agosto	18.539
	Settembre	45.713

Per ogni mese i consumi idrici sono stati divisi per il numero di pasti prodotti, ottenendo il quantitativo d'acqua utilizzata per singolo pasto. E' stata quindi calcolata la media dei valori mensili (vedi allegato 6). Questo valore è stato poi moltiplicato per il numero di pasti relativo al flusso di riferimento.

3.2.1.6 *Gas metano*

CIR ha fornito le registrazioni dei consumi mensili di metano per il periodo nov. 2002 – set. 2003, nonché il numero di pasti prodotti mensilmente per lo stesso periodo (vedi paragrafo 3.2.1.5).

Suddividendo i consumi per il numero di pasti è stato quindi possibile calcolare il metano consumato per singolo pasto. E' stata quindi calcolata la media dei valori mensili (vedi allegato 6).

3.2.1.7 *Emissioni in atmosfera*

CIR non esegue controlli sulle proprie emissioni in atmosfera in quanto le stesse sono classificate ad inquinamento poco significativo, quindi non soggette ad autorizzazione ai sensi del DPR 203/88: infatti al punto 10 dell'allegato 1 del DPR 25/07/1991 sono comprese "cucine, ristorazione collettiva e mense" e al punto 21 "Impianti termici o caldaie inserite in un ciclo produttivo la cui potenza termica per ciascuna unità sia inferiore a 1 MW se funzionante a gasolio e 3 MW se funzionante a metano". Tramite la banca dati BUWAL 250, sono state quindi calcolate le emissioni di sostanze in atmosfera relative alla combustione del metano a partire dalle quantità consumate calcolate al punto precedente.

3.2.1.8 *Detergenti*

Per il quantitativo di detergenti consumati si è fatto riferimento ai dati contenuti nell'analisi ambientale iniziale per l'anno 2000 pari a 8.316 Kg. La massa totale dei detergenti utilizzati è stata divisa per il numero di pasti preparati (922.000), in maniera tale da ottenere il quantitativo specifico per pasto. Successivamente questo valore è stato moltiplicato per il numero di pasti che costituiscono il flusso di riferimento.

3.2.1.9 *Rifiuti*

AGEA S.p.A provvede al recupero del vetro e dei rifiuti organici e all'incenerimento della parte di rifiuti restante (vedi allegato 12bis dell'analisi ambientale iniziale del centro produzione pasti CIR). I rifiuti secchi (compreso il vetro) consistono negli imballi e confezioni degli alimenti, di conseguenza i quantitativi relativi sono equivalenti.

CIR ha fornito le registrazioni del numero di sacchetti di rifiuti organici smaltiti per il periodo dicembre 2002-agosto 2003 (vedi allegato 7). Per calcolare il quantitativo di rifiuti organici per pasto si è proceduto come segue:

- per ogni mese è stato calcolato il quantitativo in peso dei rifiuti prodotti, moltiplicando il numero di sacchetti per il peso medio del singolo sacchetto fornito da CIR;
- per ogni mese il quantitativo di rifiuti prodotto è stato diviso per il numero di pasti preparati;
- è stata calcolata una media dei valori mensili calcolati al punto precedente ottenendo il quantitativo medio di rifiuti prodotti per pasto.

I carichi ambientali relativi ai processi di incenerimento e compostaggio sono stati calcolati grazie alla libreria I-LCA (ANPA, 2000), contenente i dati ambientali relativi a moltissime tipologie di impianti di trattamento rifiuti utilizzati in Italia.

I carichi ambientali relativi ai processi di riciclaggio del vetro sono stati calcolati tramite la libreria BUWAL 250.

I fanghi prodotti vengono conferiti ad uno smaltitore autorizzato per il trattamento di questo tipo di rifiuti. I quantitativi, pari a 83.700 Kg, sono stati ricavati dall'analisi ambientale iniziale fornitaci da CIR contenente i dati relativi all'anno 2000. Essi sono stati divisi per il numero di pasti prodotti nello stesso periodo per poi essere moltiplicati per il numero di pasti relativi al flusso di riferimento.

3.2.1.10 Reflui depuratore

Per quantificare le sostanze contenute nei reflui del depuratore sono state utilizzate le analisi relative fornite da CIR per il periodo dicembre 2002-agosto 2003.

Per ogni mese, i valori di concentrazione delle sostanze sono stati:

- moltiplicati per i volumi di acqua scaricati;
- divisi per il numero di pasti prodotti.

Dopodiché è stata realizzata una media dei valori mensili per ottenere i valori medi riferibili alla produzione di un singolo pasto (vedi allegato 8).

3.2.2 Fase d'uso

3.2.2.1 Trasporti

Il trasporto dei pasti avviene con furgoni di capacità inferiore a 3,5 tonnellate. Il percorso seguito per le consegne varia giornalmente lungo l'arco della settimana in funzione delle diverse scuole servite. CIR ha fornito i chilometraggi relativi alla tratta CIR-Bombonati:

Giorno della settimana	CIR / Bomb (km)
Lunedì	8
Martedì	8
Mercoledì	9
Giovedì	8
Venerdì	12
Media	9

E' stato considerato anche un percorso di ritorno di pari lunghezza.

Le emissioni nell'ambiente relative al processo di trasporto sono state calcolate tramite la banca dati ETH-ESU 96. I dati in essa contenuti permettono di calcolare le emissioni nell'ambiente in base ai chilometri percorsi da un mezzo di trasporto in relazione alla tipologia.

3.2.2.2 Pasti

I quantitativi di cibo e di stoviglie sono ovviamente quelli in uscita dalla fase precedente, il relativo flusso in ingresso viene quindi considerato uguale a quello in uscita dalla fase di produzione.

3.2.2.3 *Energia elettrica*

I consumi di energia elettrica in questa fase sono imputabili all'illuminazione e allo scaldavivande elettrico utilizzato per mantenere caldi i pasti.

I responsabili della scuola Bombonati hanno fornito il numero, la potenza e la durata di accensione dei neon del refettorio scolastico. La potenza complessiva installata è stata quindi moltiplicata per le ore di utilizzo per ottenere i Wh consumati giornalmente (vedi allegato 9).

Non è stato possibile risalire alla potenza elettrica assorbita dal carrello termico di proprietà CIR situato nel locale di servizio della mensa ed utilizzato per mantenere in caldo gli alimenti. Come riferimento è stato utilizzato il modello di carrello termico utilizzato presso il centro di produzione pasti (marca Rieber, potenza assorbita 0,8 kW) come da elenco attrezzature fornitoci da CIR.

3.2.2.4 *Detergenti e acqua*

I responsabili hanno fornito le quantità di detergenti utilizzate per vassoi e pavimenti in funzione del tempo impiegato a consumarle. E' stato quindi calcolato il relativo consumo giornaliero, dividendo le quantità per le durate (vedi allegato 10).

E' stato fornito anche il consumo giornaliero di acqua ad uso potabile e per il lavaggio di vassoi e pavimenti.

Il consumo di acqua ad uso potabile varia a seconda del giorno della settimana, è stata quindi calcolata una media sui 5 giorni della settimana del consumo giornaliero, pesata in funzione del numero di alunni presenti (allegato 10).

3.2.2.5 *Metano*

I dati disponibili sul consumo di metano da riscaldamento riguardano ovviamente la scuola nella sua totalità. Il Comune di Ferrara ha fornito le letture mensili del contatore per il periodo ottobre 2001-ottobre 2003.

E' quindi stata inizialmente effettuata una media per ottenere il consumo giornaliero. Per allocare i consumi alla sola zona mensa è stato poi adottato il principio basato sulla dimensione relativa della stessa rispetto a quella totale della scuola. I calcoli di allocazione sono stati effettuati in due passaggi successivi:

- sono stati moltiplicati i consumi medi giornalieri per un fattore di allocazione dato dal rapporto fra il volume delle sole aule e quello totale della scuola;
- il risultato è stato moltiplicato per un fattore di allocazione dato dal rapporto fra la superficie della sola zona mensa (refettorio + locale di servizio) e la superficie totale della zona aule (vedi allegato 11).

Si è così ottenuto il consumo di metano giornaliero relativo alla sola zona mensa.

3.2.2.6 *Emissioni in atmosfera*

Tramite la banca dati BUWAL 250, sono state calcolate le emissioni di sostanze in atmosfera relative alla combustione del metano a partire dalle quantità consumate calcolate al punto precedente.

3.2.2.7 *Emissioni idriche*

Gli scarichi in pubblica fognatura sono riconducibili essenzialmente all'acqua ed ai tensioattivi in essa contenuti utilizzati per la fase di sanificazione dei locali della mensa e dei vassoi. Non avendo a disposizione i dati ambientali relativi, questo tipo di emissione non è stato considerato nella fase di valutazione degli impatti.

3.2.2.8 *Rifiuti*

All'interno della sala mensa sono presenti dei bidoni per la raccolta differenziata dei rifiuti organici, della plastica e della carta. Gli alunni stessi provvedono a selezionare i rifiuti derivanti dal consumo dei pasti e a metterli nel bidone corretto. I rifiuti prodotti sono:

- gli scarti di cibo;
- le stoviglie in polipropilene e polistirene, consistenti in piattini, coltello, forchetta, cucchiaio e bicchiere;
- il tovagliolo e la tovaglietta di carta per il vassoio.

Per calcolare i rifiuti prodotti responsabili della scuola hanno:

- registrato il numero di sacchi di rifiuti prodotti in un mese suddivisi per frazione organica, plastica e carta (vedi allegato 10);
- calcolato il peso medio di un sacco basandosi su 5 misurazioni per ogni tipologia.

In seguito, per ogni tipologia di rifiuto è stato calcolato il numero medio di sacchi giornalieri e moltiplicato per il peso medio di un sacco.

In questo calcolo non vengono considerati i contenitori in polipropilene e alluminio utilizzati per il trasporto dei pasti ancora da porzionare (conferiti nei bidoni per la raccolta differenziata direttamente dal personale della scuola) in quanto i quantitativi relativi coincidono ovviamente con quelli già calcolati nella fase di produzione.

I quantitativi di rifiuti di plastica e carta dovrebbero coincidere con quelli in entrata come stoviglie, tovaglioli e tovagliette, in quanto non vi sono ulteriori flussi di materiali in ingresso.

Eventuali discrepanze sono da imputarsi a possibili scostamenti del peso dei sacchi rispetto a quello medio, essendo l'operazione di raccolta dei rifiuti all'interno della mensa effettuata dagli alunni stessi.

3.2.3 Fase di fine vita

I flussi di rifiuti entranti in questa fase sono ovviamente quelli in uscita dalla fase precedente e nello specifico quelli di cui al paragrafo 3.2.2.8 . I carichi ambientali relativi agli impianti di trattamento dei rifiuti sono stati ricavati dalle librerie:

- I-LCA per la termo-valorizzazione e lo smaltimento in discarica;
- BUWAL250 per il riciclaggio.

3.2.4 Tabella d'inventario

Per realizzare la fase finale dell'inventario e la successiva valutazione degli impatti è stato utilizzato il codice di calcolo SimaPro 5.1. All'interno del suo ambiente di lavoro è possibile modellare un sistema complesso e generare in maniera automatica la tabella d'inventario associata. La tabella d'inventario relativa a questo studio è riportata in allegato 12.

Il codice di calcolo contiene inoltre le librerie BUWAL 250 e ETH-ESU 96 utilizzate in questo studio per sopperire alla mancanza dei dati primari relativi alla produzione di energia e materiali, ai trasporti e ai processi di riciclaggio.

Una volta ottenuta la tabella d'inventario il codice di calcolo permette di realizzare la valutazione degli impatti (LCIA) in maniera automatica, proponendo i risultati sia in forma numerica che grafica, per una migliore fruizione da parte dei destinatari dello studio.

3.3 Valutazione degli impatti (LCIA) e interpretazione

Il primo passo della fase di valutazione degli impatti prevede l'individuazione delle categorie d'impatto sulle quali il sistema potrebbe avere influenza.

A livello internazionale (Organizzazioni internazionali come Intergovernmental Panel on Climate Change o la World Meteorological Organisation, agenzie per l'ambiente nazionali, dipartimenti

universitari, ecc.) sono stati sviluppati dei metodi di valutazione degli impatti che comprendono già una scelta delle categorie relative e dei modelli di caratterizzazione.

Le categorie vengono individuate utilizzando una logica sistemica, che tiene conto delle interazioni reciproche fra i vari comparti ambientali e fra i fenomeni che in essi avvengono. Ciò garantisce che:

- vengano considerate tutte le tematiche ambientali sulle quali il sistema potrebbe impattare nel breve e nel lungo termine;
- non vi siano ridondanze fra le categorie d'impatto, evitando così conteggi multipli e calcoli inutili;
- il numero di categorie non sia eccessivo.

Nella pratica l'utilizzo di uno di questi metodi già formalizzati assicura una valutazione degli impatti omnicomprensiva di tutti gli aspetti ambientali ricollegabili al prodotto/servizio studiato, evidenziando le possibili criticità nella maniera più chiara e semplice.

3.3.1 Metodo Eco-indicator 99

Per questo studio si è deciso di adottare il metodo "Eco-Indicator 99", sviluppato dalle società PRé, Philips, NedCar, OCé, Schuurink e dalle università di Amsterdam, Leiden e Delft. Già ampiamente utilizzato in altri studi LCA, esso permette di fare valutazioni anche a livello di categorie di danno e non solo di impatto.

I passaggi fondamentali della valutazione degli impatti previsti nel metodo sono spiegati di seguito.

3.3.1.1 Caratterizzazione

E' sempre il primo passaggio, se non l'unico, della fase di quantificazione degli impatti negli studi LCA. Essa prevede che le quantità di quelle sostanze elencate nella tabella d'inventario che contribuiscono ad una certa categoria d'impatto, vengano moltiplicate per dei fattori detti appunto di "caratterizzazione" che esprimono il contributo relativo della sostanza alla categoria stessa. In tal maniera si possono sommare i contributi delle diverse sostanze per ottenere un unico indice per ciascuna categoria d'impatto.

Il metodo "Eco-indicator 99" prevede la valutazione degli impatti per queste categorie:

Carcinogens: esprime la cancerogenicità delle emissioni di sostanze in grado di provocare questi effetti sulla salute umana. L'unità di misura è il DALY (Disability Adjusted Life Years - stima derivante dalla somma degli anni di vita persi a causa di decesso prematuro rispetto alla speranza di vita media e degli anni vissuti in condizioni di disabilità di lungo termine).

Respiratory Organics: esprime gli effetti sulle vie respiratorie delle smog estivo, causato dalle emissioni in atmosfera di sostanze organiche. L'unità di misura è il DALY.

Respiratory Inorganics: esprime gli effetti sulle vie respiratorie delle smog invernale, causato dalle emissioni in atmosfera di sostanze come SO₂, NO_x e polveri. L'unità di misura è il DALY.

Climate change: esprime il danno dei cambiamenti climatici causati dall'emissione di gas serra in termini di aumento dei decessi e delle malattie lungo termine. L'unità di misura è il DALY.

Radiation: esprime il danno sulla salute umana delle emissioni radioattive. L'unità di misura è il DALY.

Ozone layer: esprime i danni sulla salute umana relativi alle emissioni in atmosfera di sostanze in grado di provocare un assottigliamento della fascia di ozono stratosferico e un conseguente aumento dei raggi ultravioletti. L'unità di misura è il DALY.

Ecotoxicity: esprime i danni alla qualità degli ecosistemi dovuta alle emissioni di sostanze ecotossiche. L'unità di misura è il PAF*m²*year (Frazione delle specie di un ecosistema che potenzialmente potrebbero essere intossicate su di un'area di data estensione per un dato periodo).

Acidification/Eutrophication: esprime i danni alla qualità degli ecosistemi dovuta alle emissioni di sostanze in grado provocare acidificazione e eutrofizzazione. L'unità di misura è il PDF*m²*year (Frazione delle specie di un ecosistema che potenzialmente potrebbero scomparire su di un'area di data estensione per un dato periodo).

Land Use: esprime i danni sulla biodiversità degli ecosistemi dovuta all'occupazione o conversione d'uso del suolo. L'unità di misura è il PDF*m²*year.

Minerals: l'uomo tende ad estrarre prima le risorse migliori e più facilmente raggiungibili, lasciando alle future generazioni quelle di qualità peggiore. L'indicatore esprime il surplus di energia che si dovrà utilizzare in futuro per estrarre la stessa quantità di minerali. L'unità di misura è il MJ.

Fossil Fuels: l'indicatore esprime il surplus di energia che si dovrà utilizzare in futuro per estrarre la stessa quantità di combustibili fossili. L'unità di misura è il MJ.

3.3.1.2 *Valutazione del danno*

In questa fase gli indicatori delle diverse categorie d'impatto che hanno le stesse unità di misura possono essere sommati. Nel metodo "Eco-indicator 99" ad esempio, tutte le categorie d'impatto che provocano danni:

- alla **salute umana** sono espresse come somma degli anni di vita persi a causa di decesso prematuro rispetto alla speranza di vita media e degli anni vissuti in condizioni di disabilità di lungo termine (DALY);

- alla **qualità degli ecosistemi** sono espresse come frazione delle specie di un ecosistema che potenzialmente potrebbero scomparire su di un'area di data estensione per un dato periodo ($PDF \cdot m^2 \cdot year$);
- alla disponibilità delle **risorse** sono espresse come surplus di energia necessario, rispetto a quella spesa attualmente, per la loro estrazione e sfruttamento in futuro (MJ).

Queste sono quindi le categorie di danno valutate.

Nel diagramma di flusso successivo vengono schematizzati i passaggi appena descritti.

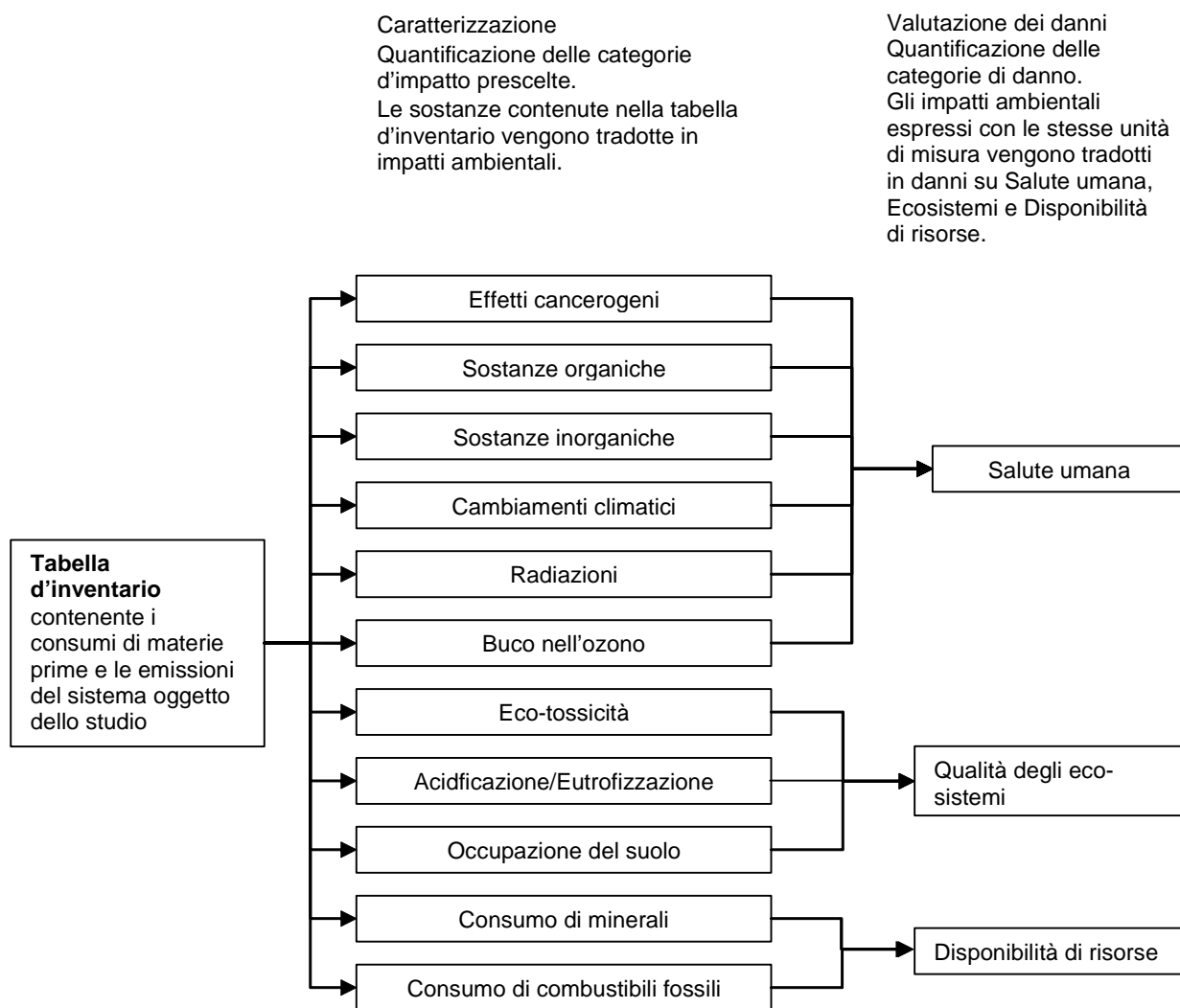


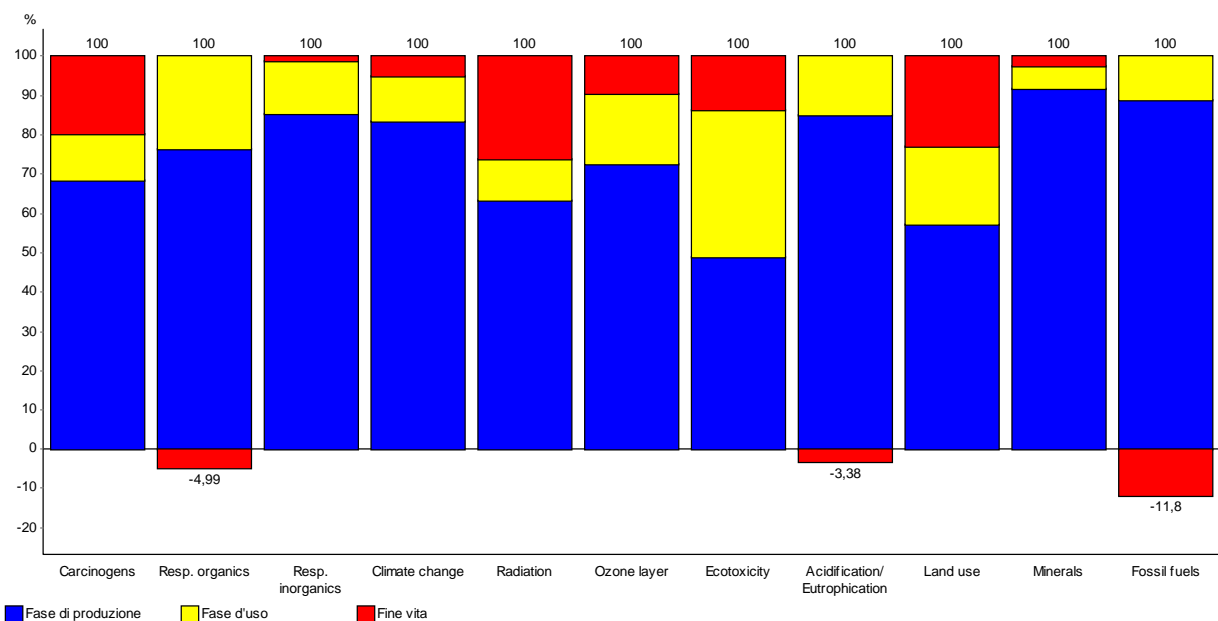
Figura 3 - Metodo Eco-indicator 99

3.3.2 Risultati

Di seguito si riportano i risultati della LCIA suddivisi per le tre fasi del ciclo di vita:

Categoria di danno	Categoria d'impatto	Unità	Totale	Fase di produzione	Fase d'uso	Fine vita
Human Health	Carcinogens	DALY	1,11E-5	7,61E-6	1,31E-6	2,19E-6
	Resp. organics	DALY	2,59E-7	2,08E-7	6,45E-8	-1,36E-8
	Resp. inorganics	DALY	6,84E-5	5,85E-5	9,02E-6	9,37E-7
	Climate change	DALY	3,96E-5	3,3E-5	4,53E-6	2,05E-6
	Radiation	DALY	7,09E-8	4,49E-8	7,55E-9	1,85E-8
	Ozone layer	DALY	8,22E-8	5,96E-8	1,47E-8	7,88E-9
Ecosystem Quality	Ecotoxicity	PAF*m2yr	28,4	13,9	10,6	3,87
	Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	2,47	2,18	0,381	-0,0863
	Land use	PDF*m2yr	0,765	0,437	0,151	0,176
Resources	Minerals	MJ surplus	5,74	5,25	0,338	0,148
	Fossil fuels	MJ surplus	338	340	43	-45,1

Gli stessi risultati vengono riportati in percentuale nell'istogramma sottostante:



Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / Caratterizzazione

Figura 4 – Quantificazione impatti

Da una prima analisi, si può subito notare come la fase del ciclo di vita che maggiormente contribuisce a tutte le categorie d'impatto è quella della produzione dei pasti.

I valori negativi in alcune categorie sono relativi al recupero energetico.

Si è supposto difatti che:

- i processi di incenerimento dei rifiuti urbani siano effettuati tramite un impianto di termovalorizzazione dotato di recupero energetico dai gas di combustione (situazione corrispondente alla realtà impiantistica della Provincia di Ferrara);
- vi sia un impianto di recupero energetico dai fumi di combustione del biogas che si forma nelle discariche (le discariche progettate attualmente vengono quasi sempre dotate di impianti di questo tipo);
- l'energia elettrica prodotta eccedente i fabbisogni degli impianti venga immessa in rete.

Il valore negativo della quantificazione dell'impatto è relativo alle emissioni che avremmo avuto producendo energia elettrica con gli impianti di produzione tradizionali e che invece sono stati evitati grazie al recupero energetico dai rifiuti. Il valore negativo sta a significare quindi un aspetto ambientale positivo.

3.3.3 Analisi dei risultati

Per meglio comprendere i meccanismi di incidenza sull'ambiente del sistema oggetto dello studio, di seguito si evidenziano con diagrammi a torta le percentuali di rilevanza delle categorie d'impatto all'interno delle rispettive categorie di danno.

Si ricorda, come già spiegato nel paragrafo 3.3.1.2, che alcune categorie d'impatto ambientale vengono quantificate con le stesse unità di misura in maniera tale da poter essere sommate e ricondotte ai danni provocati su:

- salute umana (Human Health – vedi Figura 5);
- qualità degli ecosistemi (Ecosystem Quality – vedi Figura 6);
- disponibilità di risorse (Resources – vedi Figura 7).

Human Health

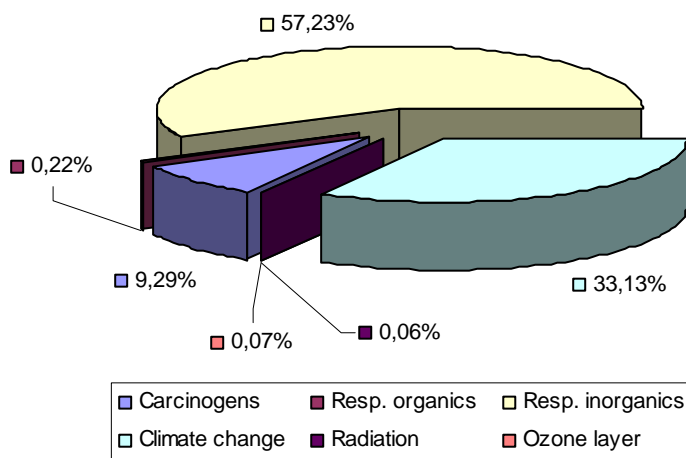


Figura 5 - Human Health

Come si può vedere dalla figura, il sistema oggetto dello studio provoca danni alla salute umana (Human Health) principalmente (considerando un criterio di cut-off al 3%) attraverso questi meccanismi:

- Respiratory inorganics (Smog “invernale” provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche);
- Climate change (Cambiamenti climatici);
- Carcinogens (Effetti cancerogeni).

Ecosystem Quality

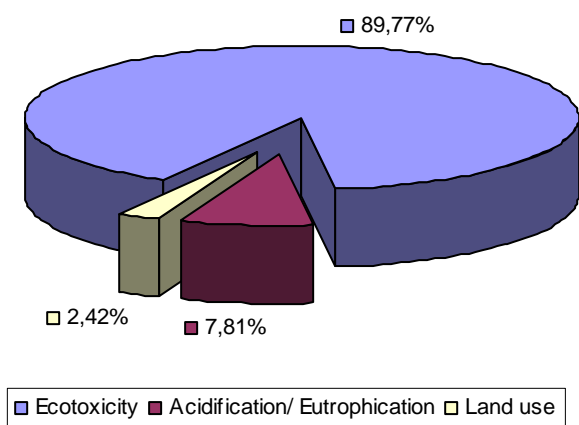


Figura 6 - Ecosystem Quality

Come si può vedere dalla figura, il sistema oggetto dello studio provoca danni alla qualità degli ecosistemi (Ecosystem Quality) principalmente (considerando un criterio di cut-off al 3%) attraverso questi meccanismi:

- Ecotoxicity (Effetti eco-tossici)
- Acidification/Eutrophication (Acidificazione/Eutrofizzazione)

Resources

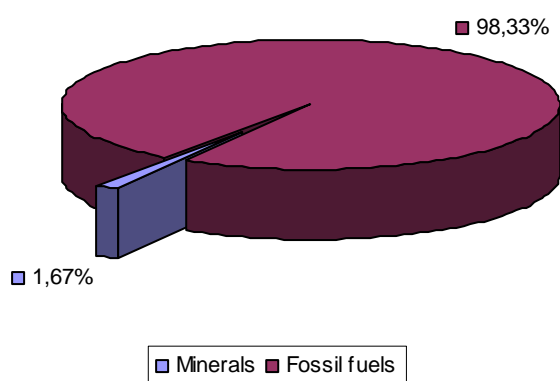


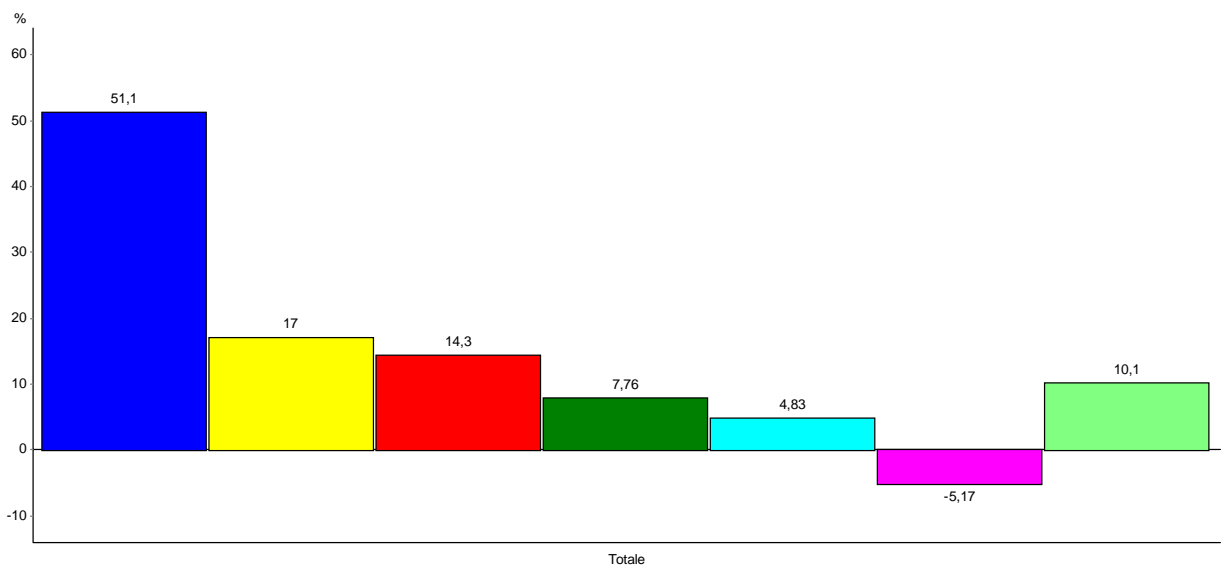
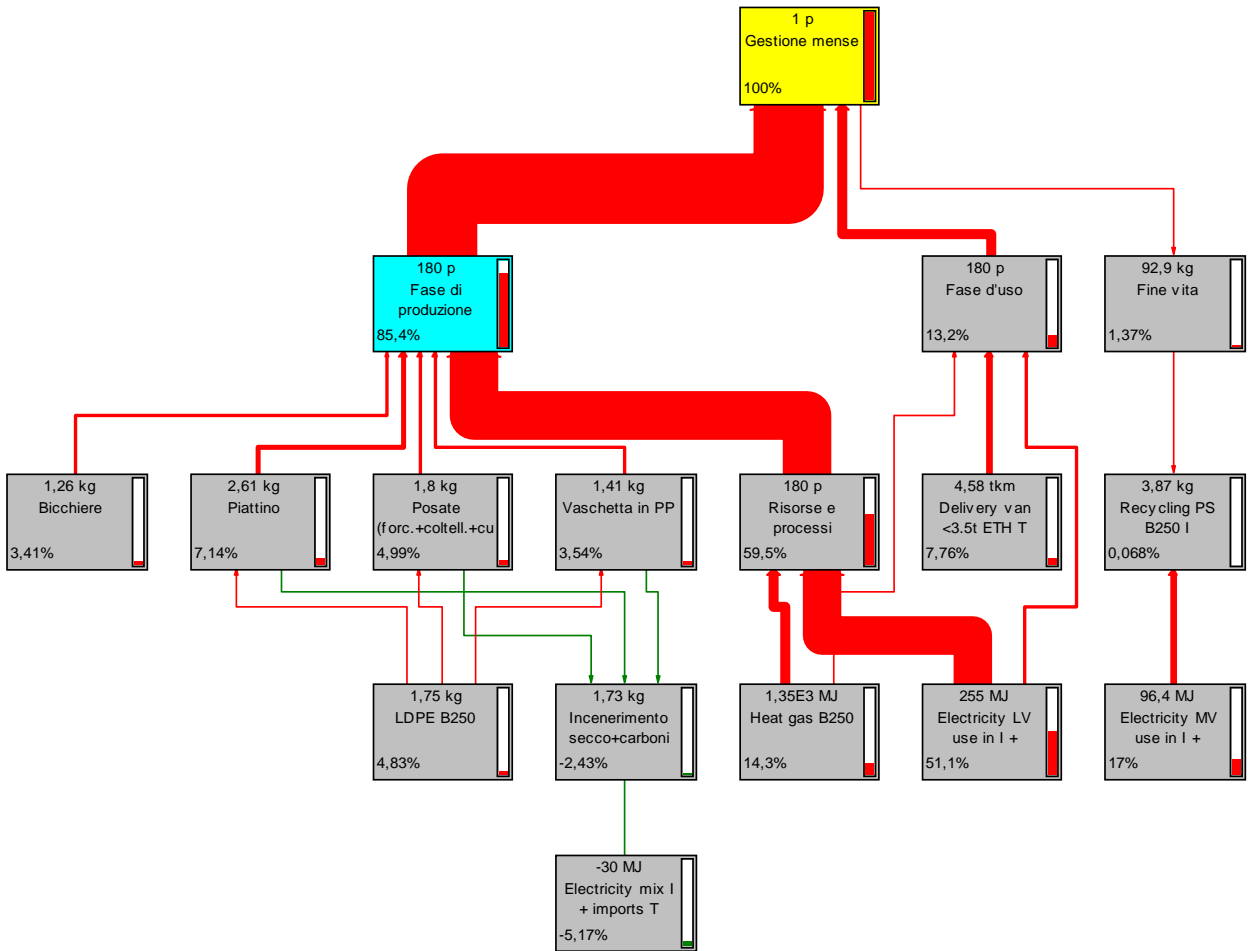
Figura 7 - Resources

Come si può vedere dalla figura, il sistema oggetto dello studio diminuisce la disponibilità di risorse (Resources) principalmente (considerando un criterio di cut-off al 3%) attraverso questi meccanismi:

- Fossil Fuels (Consumo di combustibili fossili).

Di seguito si riporta un'analisi per ognuna delle categorie d'impatto appena individuate. Per visualizzare meglio l'incidenza di ogni singola unità di processo verranno utilizzati istogrammi e diagrammi di flusso, riportando solo le unità di processo che contribuiscono più del 3% alla quantificazione della categoria di impatto analizzata di volta in volta. In riferimento ai diagrammi di flusso, il maggior o minor spessore delle linee congiungenti le diverse unità di processo è proporzionale all'entità del contributo che queste danno alla quantificazione della categoria d'impatto analizzata.

3.3.3.1 Respiratory Inorganics (Smog invernale causato da emissioni di sostanze inorganiche)



■ Electricity LV use in I + in ■ Electricity MV use in I + in ■ Heat gas B250 ■ Delivery van <3.5t ETH T ■ LDPE B250 ■ Electricity mix I + imports ■ Processi rimanenti

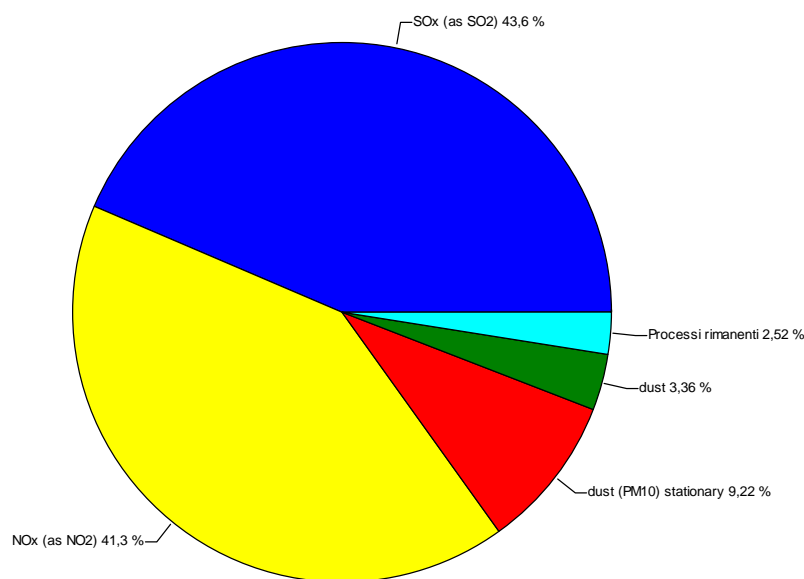
Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / Caratterizzazione

Le unità di processo del sistema studiato che maggiormente provocano danni alla salute umana contribuendo all'effetto "smog invernale" sono in ordine di incidenza:

- **Produzione e distribuzione dell'energia a basso voltaggio** consumata dal sistema
- **Produzione e distribuzione dell'energia a medio voltaggio** consumata dal sistema
- **Combustione di gas metano**
- **Trasporto** con automezzo di peso inferiore alle 3,5 t dei pasti da porzionare
- **Produzione di polietilene a bassa densità** (materiale usato per sacchetti e confezioni di plastica)

E' significativo anche l'aspetto positivo legato alla produzione di energia elettrica da parte del sistema (da recupero energetico inceneritori e discariche).

Nel diagramma a torta sottostante vengono riportate le sostanze contenute nella tabella d'inventario che maggiormente contribuiscono alla quantificazione di questo impatto:



Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 HA / Caratterizzazione

Più del 97% della quantificazione d'impatto è da attribuirsi alle emissioni di:

- **ossidi di zolfo (SO_x)** in aria;
- **ossidi di azoto (NO_x)** in aria;
- **polveri sottili (PM10)** in aria;
- **polveri** in aria.

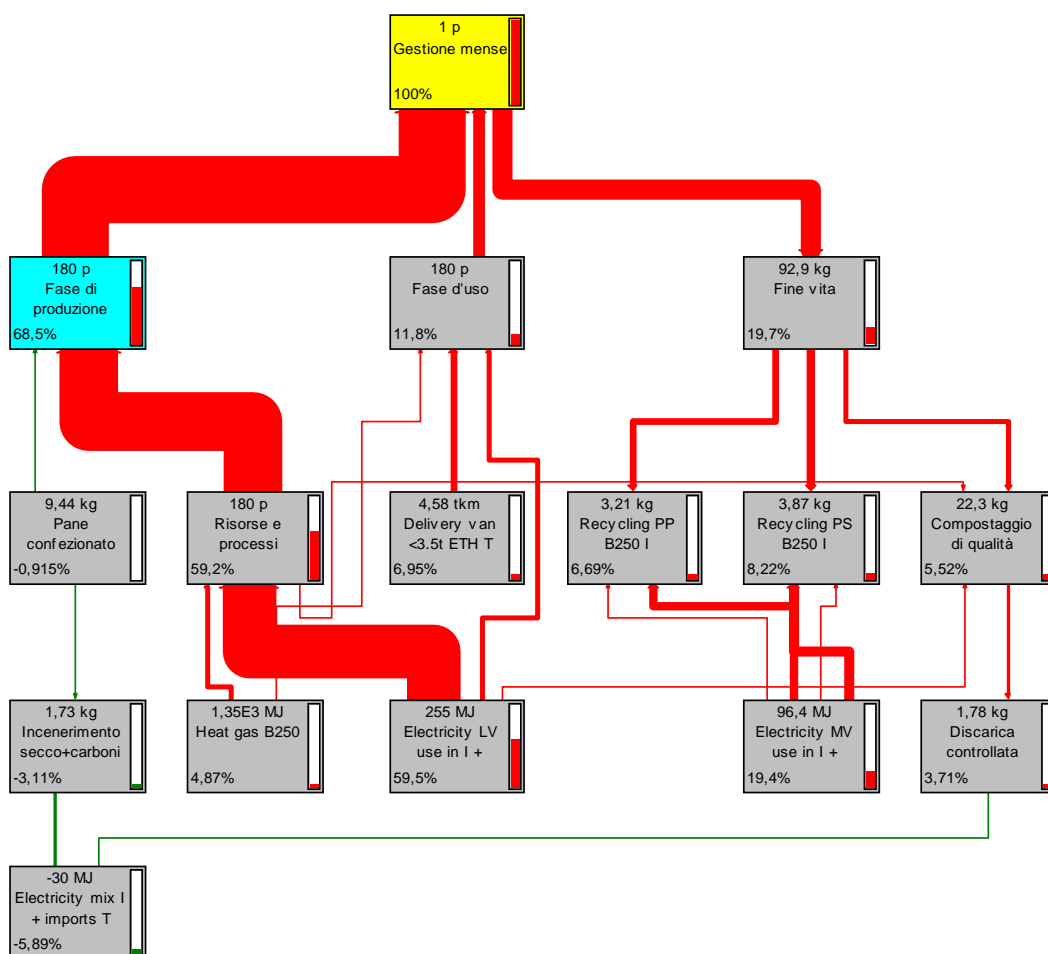
Gli SO_x si formano essenzialmente durante i processi di combustione per la presenza di zolfo nei combustibili di origine fossile. Per l'elevata solubilità in acqua il biossido di zolfo viene facilmente assorbito dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio (questo rappresenta una

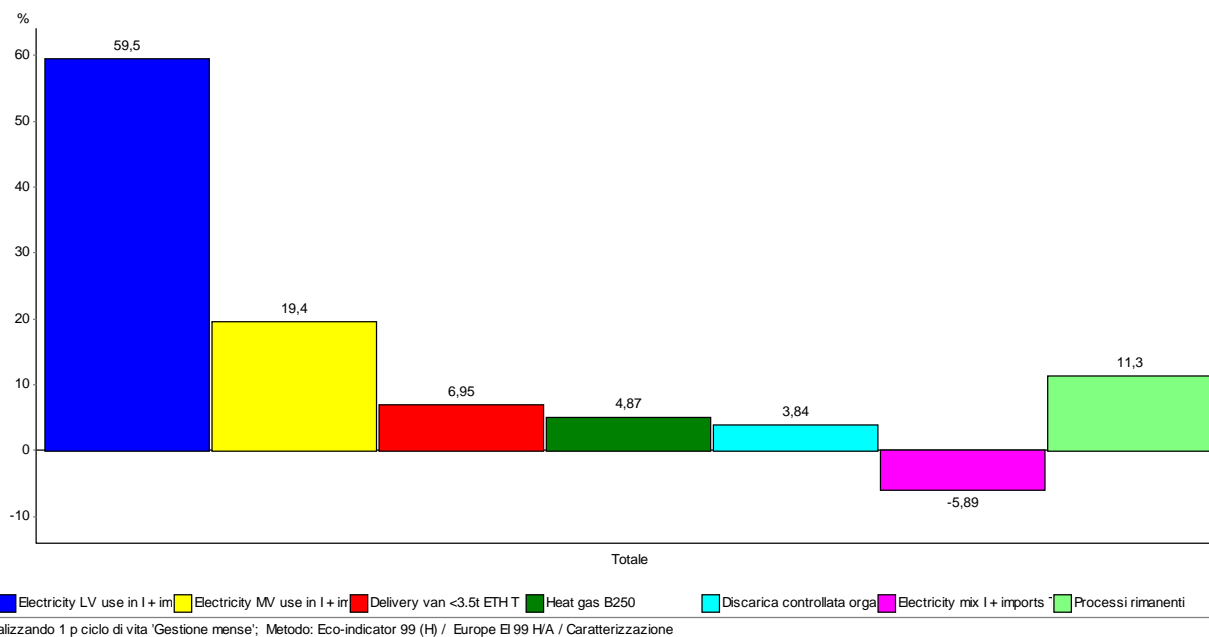
fortuna dato che solo quantità molto ridotte possono raggiungere gli alveoli polmonari). L'alta reattività lo rende un composto estremamente irritante.

Gli NO_x derivano dall'ossidazione dell'azoto molecolare contenuto nell'aria durante i processi di combustione. L'azione sull'uomo dell'ossido di azoto è relativamente blanda; inoltre, a causa della rapida ossidazione a biossido di azoto, si fa spesso riferimento esclusivo solo a quest'ultimo inquinante, in quanto risulta molto più tossico del monossido. Il biossido di azoto è un gas irritante per le mucose e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari, bronchiti croniche, asma ed enfisema polmonare. Lunghe esposizioni anche a basse concentrazioni provocano una drastica diminuzione delle difese polmonari con conseguente aumento di rischio di affezioni alle vie respiratorie.

Fra le polveri si distinguono per pericolosità le cosiddette PM10, cioè quelle con un diametro inferiore ai 10 µm costituite da elementi e composti come piombo, nichel, nitrati, solfati e svariati composti organici. Le sorgenti tipiche sono per l'appunto le centrali termoelettriche e i motori a combustione.

3.3.3.2 Carcinogens (Effetti cancerogeni)





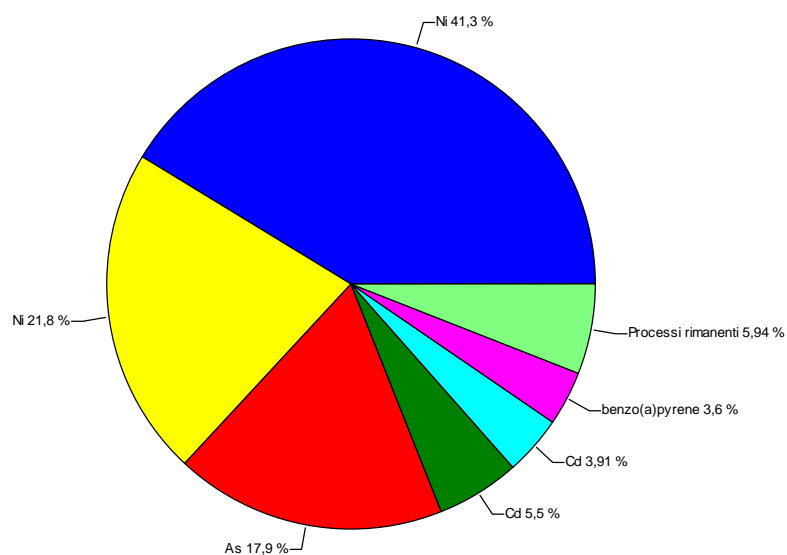
Le unità di processo del sistema studiato che hanno maggior influenza sulla categoria di impatto “effetti cancerogeni” sono in ordine di incidenza:

- **Produzione e distribuzione dell’energia a basso voltaggio** consumata dal sistema
- **Produzione e distribuzione dell’energia a medio voltaggio** consumata dal sistema
- **Trasporto** con automezzo di peso inferiore alle 3,5 t dei pasti da porzionare
- **Combustione di gas metano**
- **Discarica controllata organica** (utilizzata per gli scarti dei processi di compostaggio)

E’ significativo anche l’aspetto positivo legato alla produzione di energia elettrica da parte del sistema (da recupero energetico inceneritori e discariche).

Si può notare come circa l’80% (sommando le prime due voci relative al consumo di energia elettrica del sistema e sottraendo l’ultima relativa alla produzione) della quantificazione dell’impatto sia dovuta alle emissioni legate alla produzione e distribuzione di energia elettrica.

Nel diagramma a torta sottostante vengono riportate le sostanze contenute nella tabella d’inventario che maggiormente contribuiscono alla quantificazione di questo impatto:



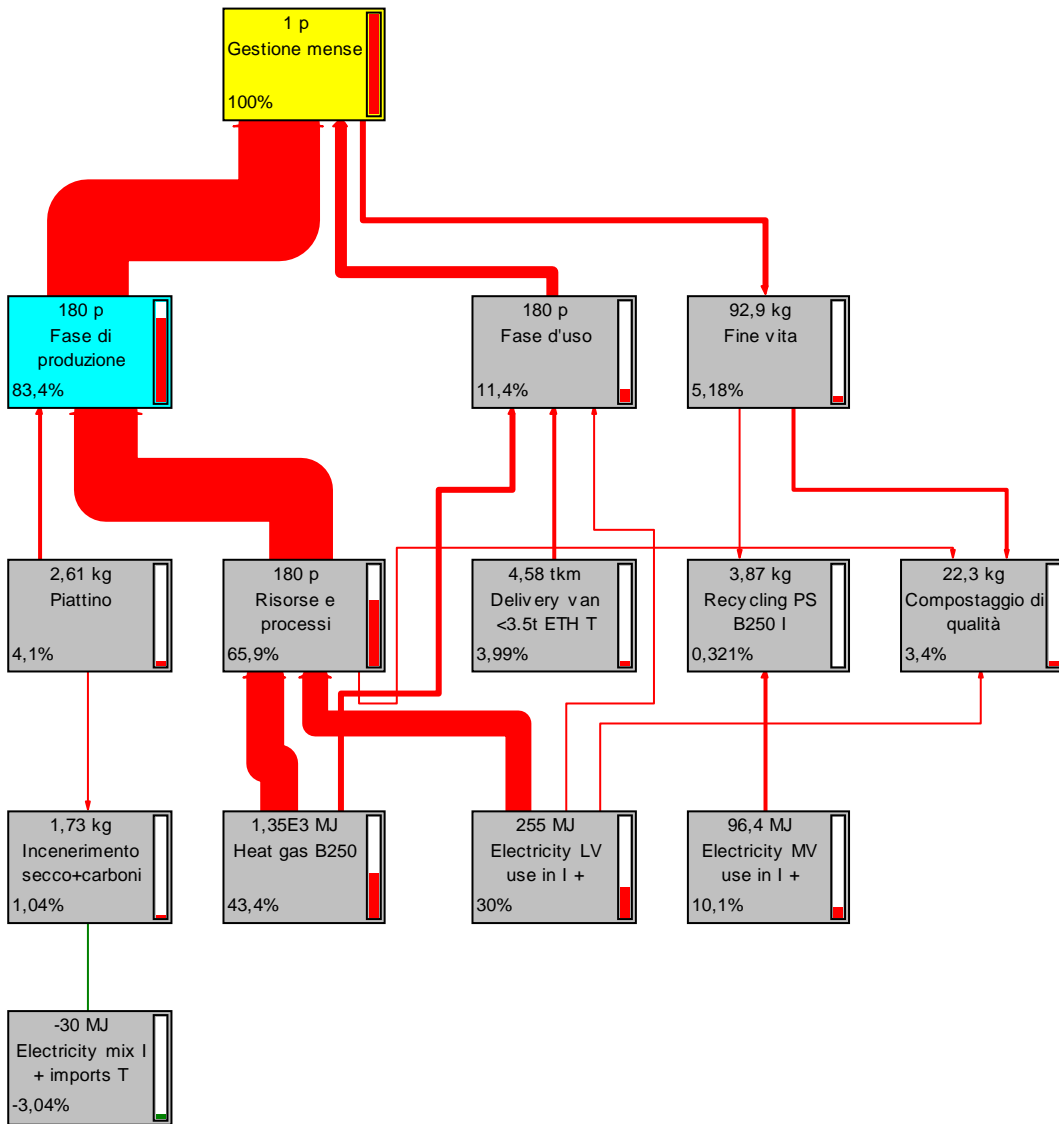
Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / Caratterizzazione

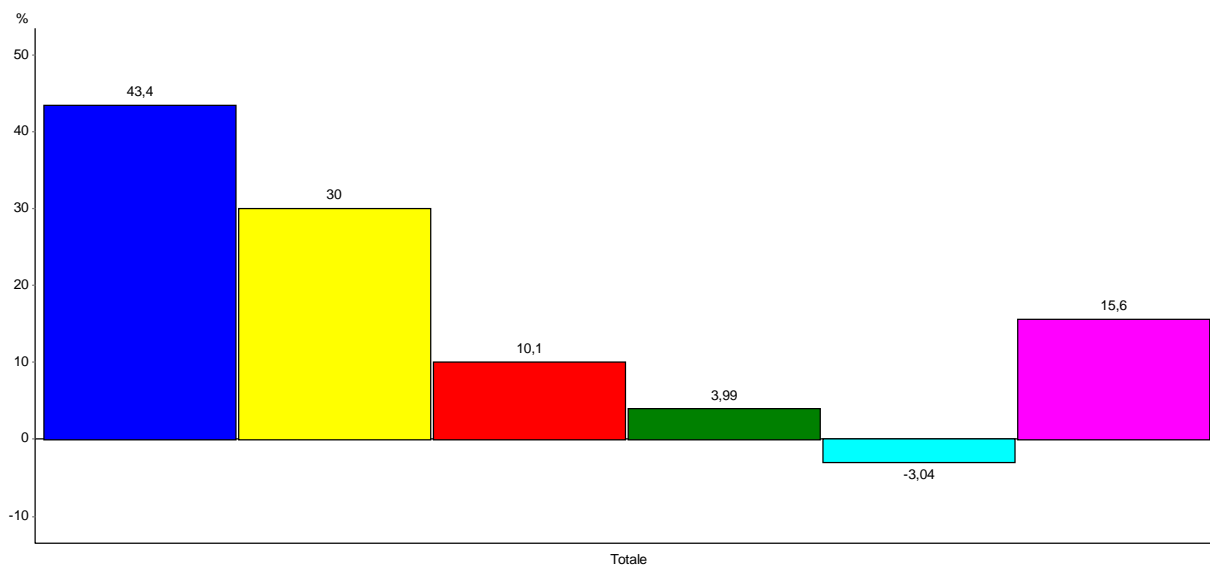
Più del 94% della quantificazione d'impatto è da attribuirsi alle emissioni di:

- **nichel (Ni)** in aria (settore blu);
- **nichel (Ni)** in acqua (settore giallo);
- **arsenico (As)** in acqua;
- **cadmio (Cd)** in aria (settore verde);
- **cadmio (Cd)** in acqua (settore azzurro);
- **benzopirene** in acqua.

Nichel ed arsenico vengono classificati dalla IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) come "Sicuramente cancerogeni" per l'uomo, mentre cadmio e benzopirene come "probabilmente cancerogeni" (evidenze limitate per l'uomo, evidenza sufficiente per gli animali).

3.3.3.3 Climate change (Cambiamenti climatici)



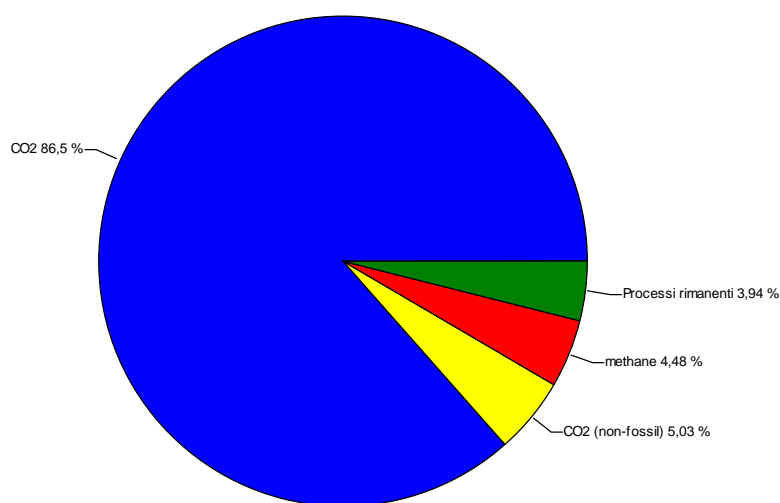


Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / Caratterizzazione

Le unità di processo del sistema studiato che hanno maggiore influenza sulla categoria di impatto “riscaldamento globale” sono in ordine di incidenza:

- **Combustione di gas metano**
- **Produzione e distribuzione dell’energia a basso voltaggio consumata dal sistema**
- **Produzione e distribuzione dell’energia a medio voltaggio consumata dal sistema**
- **Trasporto** con automezzo di peso inferiore alle 3,5 t dei pasti da porzionare

Nel diagramma a torta sottostante vengono riportate le sostanze contenute nella tabella d’inventario che maggiormente contribuiscono alla quantificazione di questo impatto:



Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / Caratterizzazione

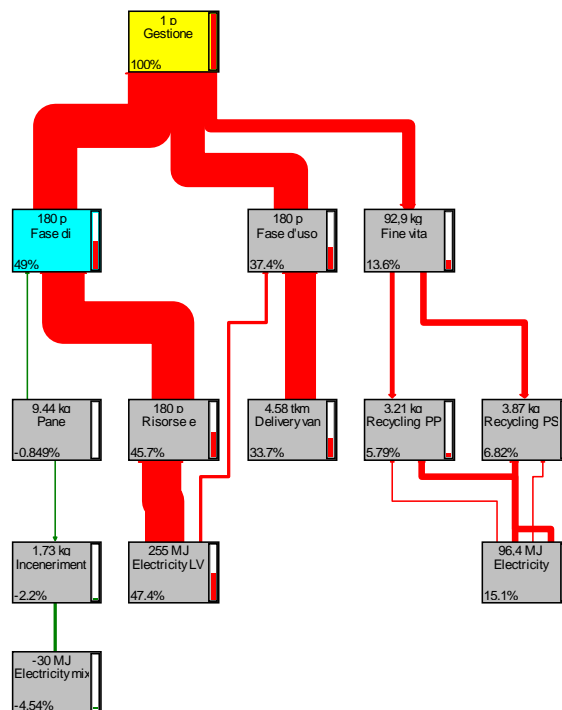
Più del 96% della quantificazione d’impatto è da attribuirsi alle emissioni di:

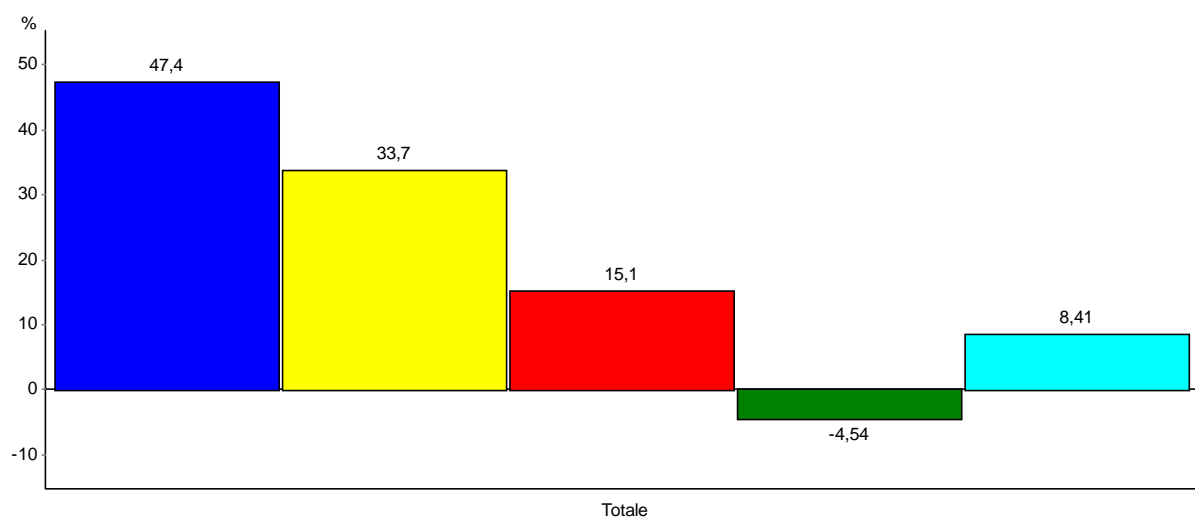
- **anidride carbonica** (CO₂) in aria;
- **anidride carbonica** (CO₂ - non derivante da combustione di composti fossili) in aria;
- **metano** (CH₄) in aria.

Anidride carbonica e metano sono fra le sostanze che maggiormente contribuiscono al riscaldamento globale. Questo processo consiste in un riscaldamento del pianeta per effetto dell'azione dei cosiddetti gas serra, composti presenti nell'aria a concentrazioni relativamente basse (anidride carbonica, vapor acqueo, metano, ecc.). I gas serra permettono alle radiazioni solari di passare attraverso l'atmosfera mentre ostacolano il passaggio verso lo spazio di parte delle radiazioni infrarosse provenienti dalla superficie della Terra; in pratica si comportano come i vetri di una serra e favoriscono la regolazione ed il mantenimento della temperatura terrestre ai valori odierni. Ora si ritiene che il clima della Terra sia destinato a cambiare perché le attività umane stanno alterando la composizione chimica dell'atmosfera. Le enormi emissioni antropogeniche di gas serra stanno causando un aumento della temperatura terrestre determinando, di conseguenza, dei profondi mutamenti a carico del clima sia a livello planetario che locale.

Le maggiori emissioni di anidride carbonica sono da imputarsi ai processi di combustione; infatti tutte le unità di processo elencate sopra hanno la combustione di composti fossili come processo di base. Le emissioni di metano sono da ricondursi alle perdite del sistema di produzione-distribuzione-consumo del gas naturale.

3.3.3.4 Ecotoxicity (Ecotossicità)





■ Electricity LV use in I+ ■ Delivery van <3.5t ETH ■ Electricity MV use in I+ ■ Electricity mix I+ impor ■ Processi rimanenti

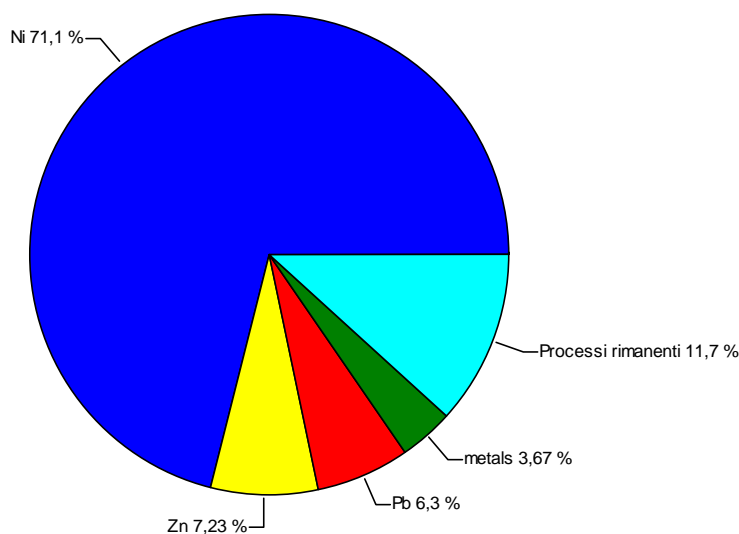
Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / Caratterizzazione

Le unità di processo del sistema studiato che maggiormente provocano “effetti tossici sugli organismi viventi” sono:

- **Produzione e distribuzione dell'energia a basso voltaggio** consumata dal sistema
- **Produzione e distribuzione dell'energia a medio voltaggio** consumata dal sistema
- **Combustione di gas metano**

E' significativo anche l'aspetto positivo legato alla produzione di energia elettrica da parte del sistema (da recupero energetico inceneritori e discariche).

Nel diagramma a torta sottostante vengono riportate le sostanze contenute nella tabella d'inventario che maggiormente contribuiscono alla quantificazione di questo impatto:



Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / Caratterizzazione

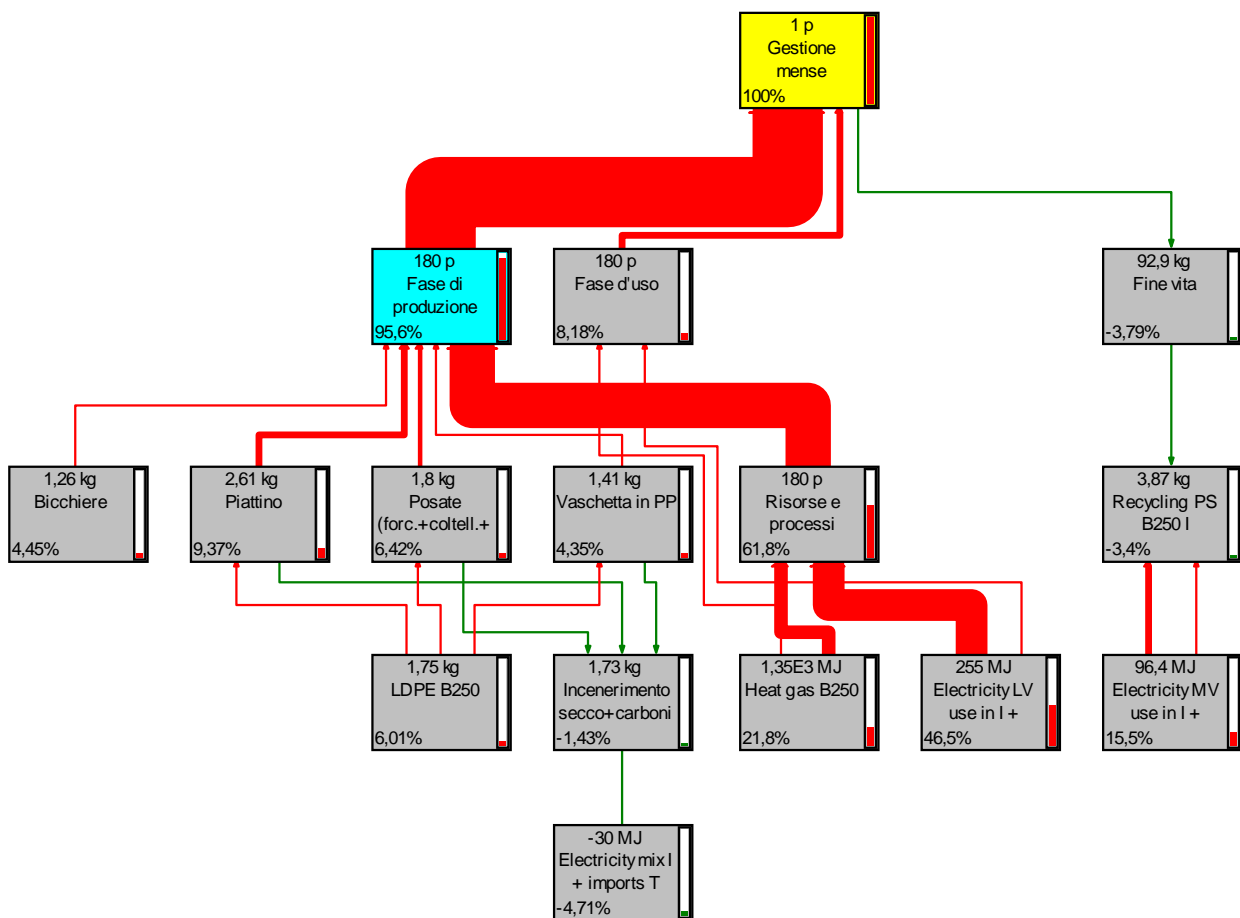
Più del 88% della quantificazione d'impatto è da attribuirsi alle emissioni di:

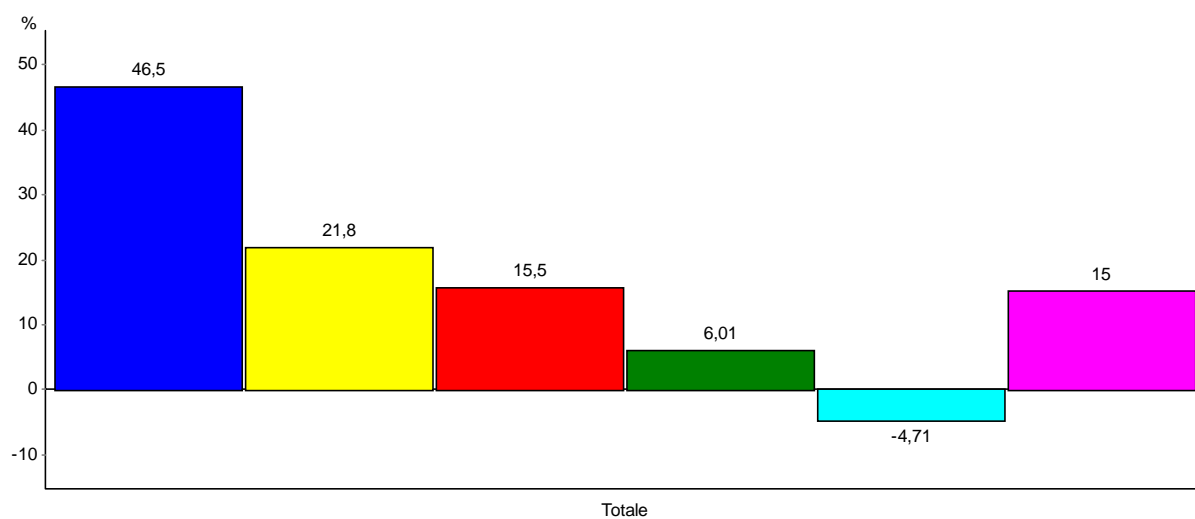
- **nichel** (Ni) in aria;
- **zinco** (Zn) in aria;
- **piombo** (Pb) in aria;
- altri metalli in aria.

Nichel, zinco e piombo appartengono alla categoria dei cosiddetti “metalli pesanti”. Gli elementi definiti “metalli pesanti” sono quelli che presentano una densità maggiore a 5 g/cm³. Normalmente negli ecosistemi naturali sono presenti in quantità molto basse ed alcuni di essi, come ad esempio lo zinco, hanno anche una precisa funzione fisiologica. I metalli pesanti hanno la tendenza a persistere e ad accumularsi nell'ambiente e all'interno degli organismi. Difatti le loro concentrazioni aumentano progressivamente nel passaggio attraverso i diversi anelli della catena biologica alimentare.

Proprietà comuni a tutti i metalli pesanti, indipendentemente dall'aver o meno un ruolo fisiologico per gli esseri viventi, è quella di essere presente nei tessuti a concentrazione molto basse e di diventare tossici quando la loro concentrazione supera un certo limite.

3.3.3.5 Acidification/Entrophication (Acidificazione/Entrofizzazione)





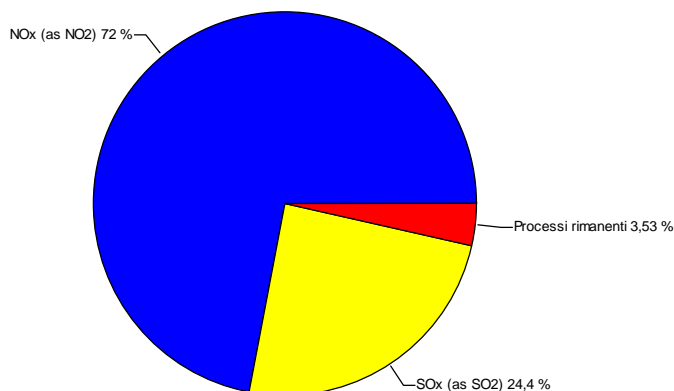
Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / Caratterizzazione

Le unità di processo del sistema studiato che maggiormente provocano danni agli ecosistemi contribuendo agli effetti di “acidificazione/eutrofizzazione” sono:

- **Produzione e distribuzione dell’energia a basso voltaggio** consumata dal sistema
- **Combustione di gas metano**
- **Produzione e distribuzione dell’energia a medio voltaggio** consumata dal sistema
- **Produzione di polietilene a bassa densità** (materiale usato per sacchetti e confezioni di plastica)

E’ significativo anche l’aspetto positivo legato alla produzione di energia elettrica da parte del sistema (da recupero energetico inceneritori e discariche).

Nel diagramma a torta sottostante vengono riportate le sostanze contenute nella tabella d’inventario che maggiormente contribuiscono alla quantificazione di questo impatto:



Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / Caratterizzazione

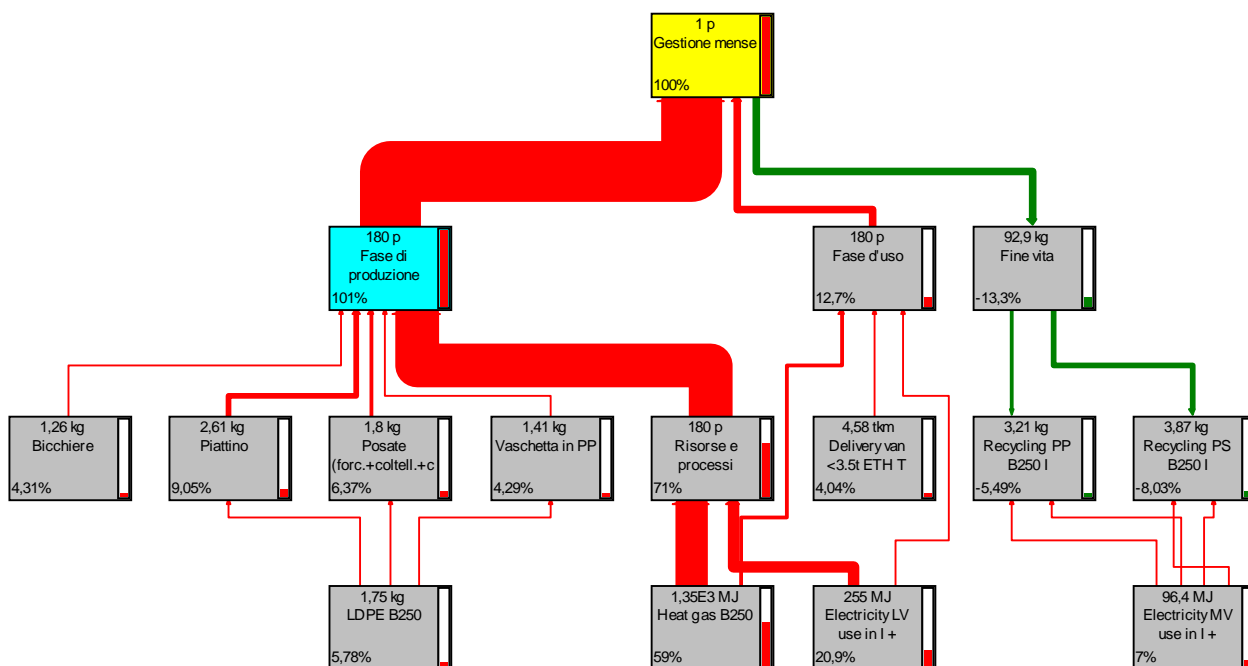
Più del 96% della quantificazione d'impatto è da attribuirsi alle emissioni di:

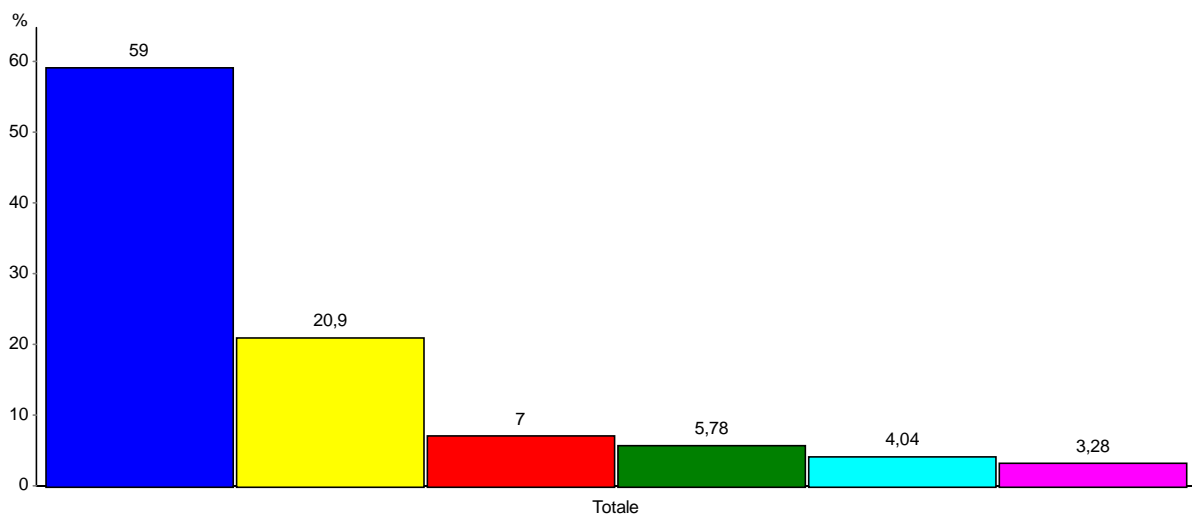
- **ossidi di azoto** (NO_x) in aria;
- **ossidi di zolfo** (SO_x) in aria.

Il meccanismo principale di aggressione degli ossidi di azoto sugli ecosistemi è costituito dall'acidificazione del suolo (vedi fenomeno delle piogge acide); gli inquinanti acidi causano un impoverimento del terreno per la perdita di ioni calcio, magnesio, sodio e potassio e conducono alla liberazione di ioni metallici tossici per le piante. Le deposizioni nelle acque superficiali di NO_x contribuiscono inoltre al fenomeno dell'eutrofizzazione

L'azione principale operata ai danni dell'ambiente da parte degli ossidi di zolfo consiste nell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche con la conseguente compromissione dell'equilibrio degli ecosistemi interessati. Il biossido di zolfo a basse concentrazioni provoca un rallentamento nella crescita delle piante, mentre ad alte concentrazione ne provoca la morte alterandone la fisiologia in modo irreparabile.

3.3.3.6 Fossil fuels (Consumo di combustibili fossili)



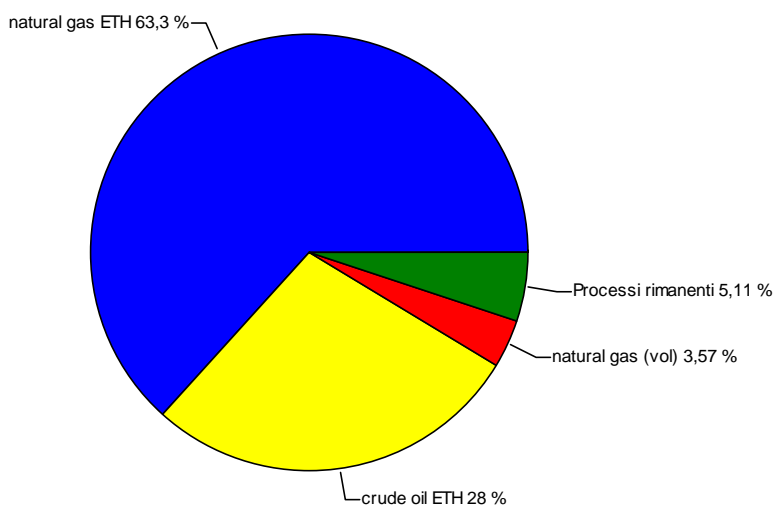


Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / Caratterizzazione

Le unità di processo del sistema studiato che maggiormente minano la disponibilità futura delle risorse, consumando combustibili fossili sono:

- **Combustione di gas metano**
- **Produzione e distribuzione dell'energia a basso voltaggio** consumata dal sistema
- **Produzione e distribuzione dell'energia a medio voltaggio** consumata dal sistema
- **Produzione di polietilene a bassa densità** (materiale usato per sacchetti e confezioni di plastica)
- **Trasporto** con automezzo di peso inferiore alle 3,5 t dei pasti da porzionare

Nel diagramma a torta sottostante vengono riportate le sostanze contenute nella tabella d'inventario che maggiormente contribuiscono alla quantificazione di questo impatto:



Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / Caratterizzazione

Più del 94% della quantificazione d'impatto è da attribuirsi ai consumi di:

- **gas naturale;**
- **petrolio.**

I combustibili fossili sono fonti di energia primaria, che vengono trasformate soprattutto in energia elettrica dopo processi di conversione.

Si sono formati a seguito delle trasformazioni subite da residui animali e vegetali nel corso delle varie ere geologiche. Queste trasformazioni hanno portato alla formazione di sostanze diverse a seconda dei composti chimici presenti e dei processi geologici cui le masse sono state sottoposte.

Sono costituiti principalmente da carbonio ed idrogeno e possono contenere sostanze minerali. Un combustibile è tanto più pregiato quanto maggiore è la quantità di idrogeno che contiene e tanto minore è il suo contenuto in sostanze minerali, infatti, l'idrogeno aumenta il potere calorifico e le sostanze minerali i residui solidi. Gas naturale e petrolio sono due fra i combustibili fossili maggiormente utilizzati, pregiati e costosi da estrarre.

3.3.4 Valutazioni

L'analisi degli impatti (LCIA) evidenzia chiaramente come le fasi maggiormente incidenti siano:

- produzione e distribuzione dell'energia elettrica consumata dal sistema di gestione del servizio di mensa scolastica;
- estrazione, distribuzione e combustione del gas metano per riscaldamento e per la cottura dei pasti;
- distribuzione dei pasti alle scuole;
- produzione e dismissione dei materiali utilizzati per gli imballi degli alimenti e per i contenitori e le stoviglie di plastica.

3.3.4.1 Produzione e distribuzione dell'energia elettrica consumata dal sistema oggetto dello studio

Gli impatti relativi sono ovviamente proporzionali al consumo nelle diverse fasi del processo studiato.

I consumi riferibili alla fase di produzione sono stati ricavati dalla lettura dei contatori del centro pasti CIR. Non è possibile quindi risalire alle diverse voci di consumo, in quanto è stato appunto utilizzato un dato aggregato. Per diminuire il consumo energetico dovrebbero essere utilizzati apparecchi elettrici ad alto rendimento, in grado quindi di fornire le stesse prestazioni consumando meno. Sarebbe inoltre opportuno cercare di sostituire, ove possibile, quelle attrezzature che producono calore tramite energia

elettrica con attrezzature analoghe funzionanti a gas naturale (es: forni elettrici con forni a gas, lavastoviglie funzionanti con l'acqua calda prodotta dalla centrale termica, ecc.), in quanto, a parità di calore generato, le prime sono molto più impattanti delle seconde.

I consumi riferibili alla fase d'uso sono relativi all'illuminazione e allo scaldavivande. Per l'illuminazione viene già utilizzata una delle tecnologie più efficienti e cioè l'illuminazione al neon. Per quanto riguarda lo scaldavivande, la necessità di mantenere in caldo i pasti per gli alunni rende comunque insostituibile un suo utilizzo durante gli orari di funzionamento della mensa.

I consumi di energia elettrica a medio voltaggio, sono riferibili ai processi di riciclaggio delle stoviglie di plastica. Non essendo questa fase sotto il controllo diretto dell'Istituzione scolastica ed essendo i relativi dati ricavati dalla libreria BUWAL 250, non è stato possibile realizzare alcuna valutazione a riguardo.

3.3.4.2 Estrazione, distribuzione e combustione del gas metano per riscaldamento e per la cottura dei pasti

Alla fase di produzione è da imputarsi quasi il 90% del consumo di gas metano, buona parte del quale viene utilizzato per cucinare gli alimenti.

Per quanto riguarda la fase d'uso, il consumo di metano è da imputarsi al riscaldamento.

Le possibili azioni di miglioramento sono riconducibili solo alla fase d'uso:

- mantenimento di una buona efficienza dell'impianto di riscaldamento;
- isolamento termico dell'edificio, attuato adottando materiali da costruzione e criteri progettuali adeguati.

Queste misure garantiscono un maggiore rendimento termico, permettendo un contenimento dei consumi.

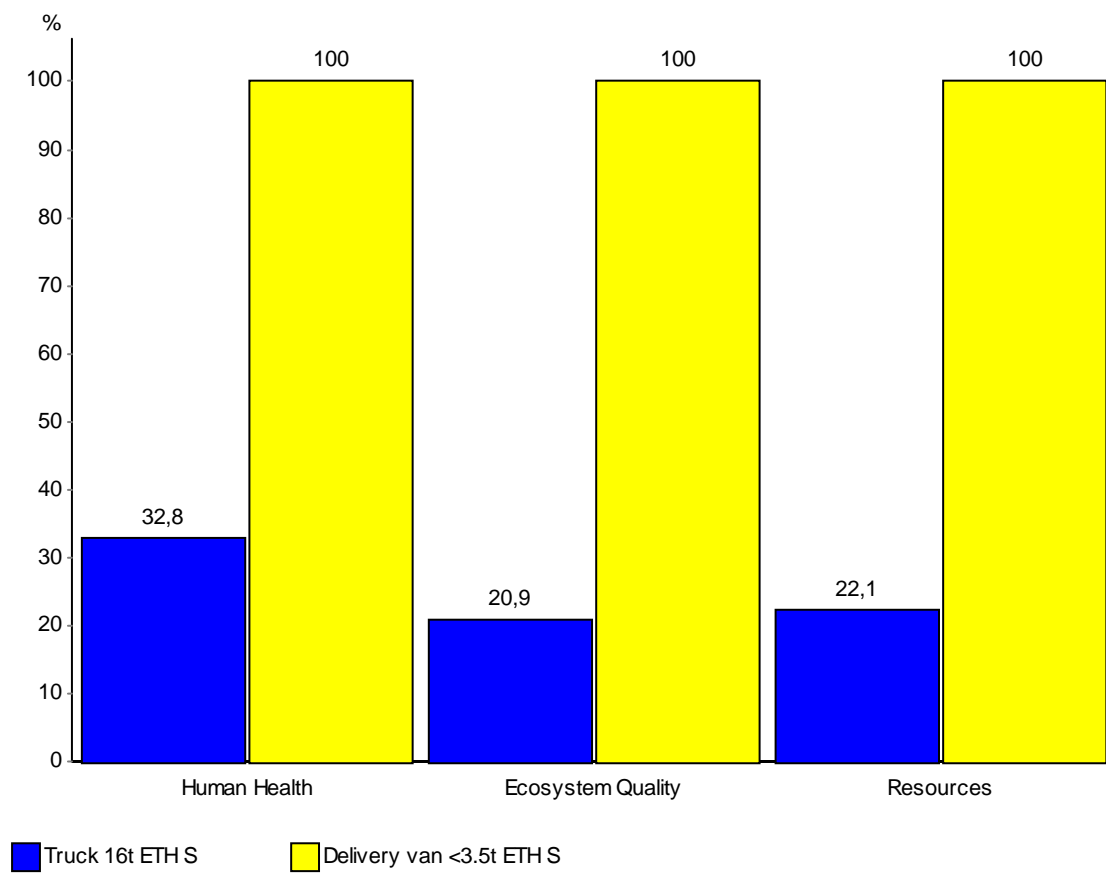
3.3.4.3 Distribuzione dei pasti alle scuole

Un prima azione da considerare è l'ottimizzazione del trasporto.

I parametri su cui si può agire sono:

- percorsi di consegna effettuati: cercando di ottimizzare la distribuzione dei pasti per ridurre i km percorsi;
- dimensioni dei mezzi: ricordando che in caso si riesca a mantenere il pieno carico e compatibilmente con i tempi di consegna, è preferibile utilizzare mezzi di dimensioni maggiori.

Nell'istogramma seguente viene confrontato il trasporto delle stesse quantità di merce lungo lo stesso percorso con un autocarro di 16 tonnellate (in blu) e con un furgone al di sotto di 3,5 tonnellate (in giallo) a pieno carico. I dati ambientali sono stati ricavati dalla libreria ETH-ESU 96 e i termini di confronto utilizzati sono le categorie di danno del metodo Eco-indicator 99.



Confronto di 1 tkm trasporto 'Truck 16t ETH S' con 1 tkm trasporto 'Delivery van <3.5t ETH S'; Metodo: Eco-indicator 99 (F

Come si può vedere, gli impatti dell'autocarro da 16 tonnellate sono sensibilmente minori rispetto a quelli di un furgone con massa al di sotto delle 3,5 tonnellate.

Un'altra azione da considerare è lo svecchiamento del parco mezzi: l'utilizzo di quelli che rispettino i limiti di emissione più recenti, garantisce impatti ambientali notevolmente ridotti. L'Unione Europea difatti ha imposto che tutti i veicoli immatricolati dal 2001 in poi (dal 2002 i veicoli da trasporto con massa superiore alle 2,5 tonnellate) rispettino i limiti di emissione molto restrittivi imposti dalla norma EURO 3 (direttiva 98/69). Nel 2006 entrerà in vigore la norma EURO 4 (direttiva 98/69) che impone valori ancor più ridotti, in particolare andando a limitare le emissioni delle polveri sottili, le cosiddette PM10, che rappresentano uno degli inquinanti maggiormente diffusi e pericolosi nell'ambiente urbano. Attualmente sono già sul mercato veicoli che rispettano i limiti EURO 4.

3.3.4.4 *Produzione e dissimissione dei materiali utilizzati per gli imballi degli alimenti, per i contenitori e stoviglie di plastica*

Gli impatti relativi ai materiali utilizzati per le confezioni degli alimenti, per i contenitori e le stoviglie di plastica costituiscono un aspetto ambientale significativo del sistema. Oltre ai carichi ambientali relativi

ai processi di produzione dei materiali suddetti (ad esempio l'estrazione e raffinazione del petrolio o la produzione di cellulosa per il cartone), bisogna considerare il loro breve ciclo di vita:

- imballi degli alimenti, una volta aperti diventano inevitabilmente un rifiuto;
- contenitori per gli alimenti e le stoviglie di plastica sono prodotti “usa e getta”, che vengono quindi utilizzati una sola volta e poi smaltiti anch'essi come rifiuto.

Ciò comporta un notevole consumo di risorse naturali e di emissioni nell'ambiente a fronte di un singolo utilizzo.

Per individuare un obiettivo di miglioramento è stato realizzato un confronto con il metodo Eco-indicator 99 fra l'utilizzo dei piatti di plastica utilizzati nel sistema oggetto dello studio e l'utilizzo di piatti di carta o ceramica (in questo caso lavabili e riutilizzabili).

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle caratteristiche e del ciclo di vita considerato per i 3 tipi di piatti:

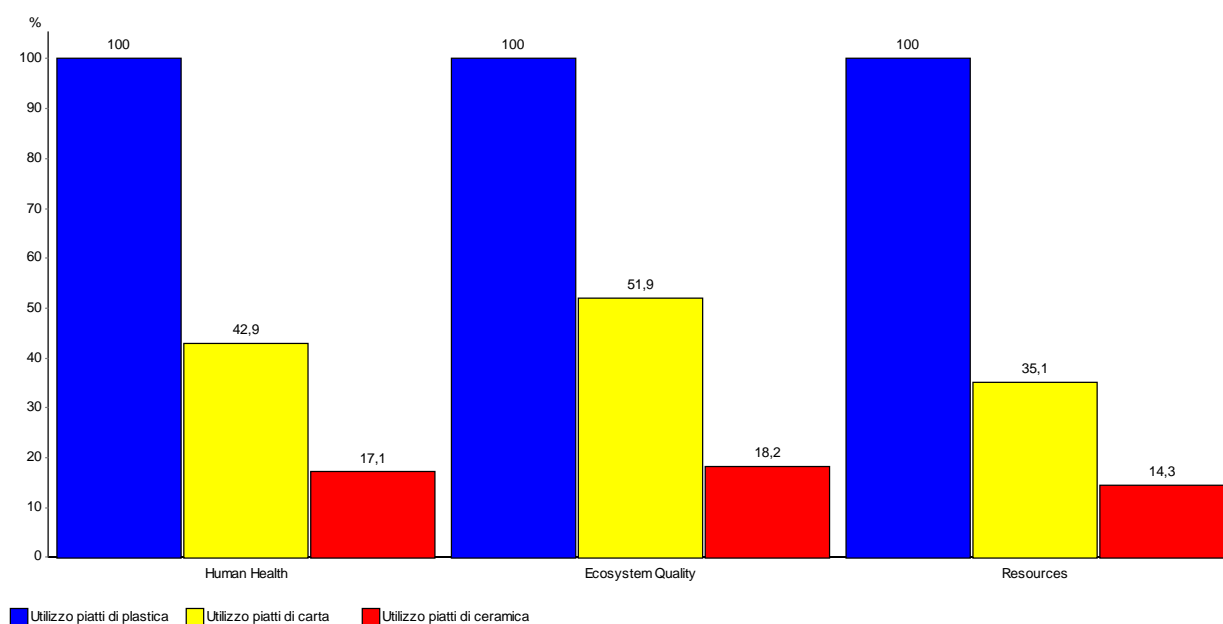
Sistema	Piatto di plastica	Piatto di carta	Piatto di ceramica
Peso del piatto	14,9 g	16 g	300 g
Materiale	Polistirene	Cartoncino	Ceramica
Numero di utilizzi	1	1	1000
Fase di Produzione	E' compresa la produzione del polistirene Non è compresa la produzione vera e propria del piatto (iniezione plastica nello stampo) ed il trasporto al cliente finale	E' compresa la produzione del cartoncino Non è compresa la produzione vera e propria del piatto ed il trasporto al cliente finale	E' compresa la produzione della ceramica Non è compresa la produzione vera e propria del piatto ed il trasporto al cliente finale
Fase di Utilizzo	-	-	1000 lavaggi con lavastoviglie industriale con queste caratteristiche: capacità: 40 cestelli/ora piatti per cestello: 18 durata ciclo di lavaggio: 90s acqua consumata: 3,8l per ciclo di lavaggio potenza assorbita: 6,85 kW Non viene considerato il carico ambientale dei detersivi.
Fine vita	Riciclaggio	Riciclaggio	Discarica

I dati per il piatto di plastica sono quelli raccolti per il sistema oggetto dello studio.

Il peso del piatto di carta è quello di un comune piatto da supermercato, mentre i dati di inventario (produzione e riciclaggio cartoncino) sono stati ricavati dalla banca dati “BUWAL 250”.

Il peso del piatto di ceramica è ipotetico e comunque non dissimile da quello dei piatti comunemente utilizzati in ambiente domestico. La vita utile del piatto è stata considerata pari a 1000 utilizzi, valore ipotetico considerato che la ceramica con cui è fatto ha una durata elevatissima e quindi il numero di utilizzi dipende dalla rottura del piatto stesso o dalla dismissione da parte dell’utente. I dati relativi alla produzione della ceramica sono stati ricavati dalla libreria ETH-ESU 96. I dati relativi alla lavastoviglie sono quelli relativi al modello “Zanussi LS6”, lavastoviglie industriale con caratteristiche nella media di quelle di prodotti analoghi sul mercato. Per la fase di fine vita del piatto in ceramica è ipotizzabile lo smaltimento in discarica, in quanto non esiste ancora un circuito per la raccolta ed il riciclaggio della ceramica, che comunque è un materiale essenzialmente inerte.

Nell’istogramma successivo si riportano i risultati del confronto, attuato in termini di categorie di danno.



Confronto di 1 p ciclo di vita 'Utilizzo piatti di plastica' con 1 p ciclo di vita 'Utilizzo piatti di carta' e con 1 p ciclo di vita 'Utilizzo piatti di ceramica'; Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe E99 HA / valutazione dei c

Dal diagramma si può notare la notevole diminuzione dei carichi ambientali passando dall’utilizzo del piatto di plastica a quello del piatto di ceramica, passando per quello del piatto di carta. Ciò si spiega con il minor consumo di risorse che comporta l’adozione di un piatto riutilizzabile più volte e che implica un minor carico ambientale rispetto a quello che si ha con la notevole produzione e dismissione di plastica e cartoncino relativo ai piatti “usa e getta”. Considerando poi che la totalità dei carichi ambientali legati all’utilizzo del piatto di ceramica sono da imputarsi al consumo di energia elettrica per

il lavaggio e che gli scenari futuri di produzione energetica prevedono l'utilizzo di tecnologie più "pulite", il divario fra i tre sistemi dovrebbe ulteriormente allargarsi.

Comunque, pur avendo delle notevoli differenze fra le tre opzioni confrontate, va però precisato che tale valutazione non può ritenersi esaustiva in quanto il risultato può considerarsi significativo solo includendo anche le fasi trascurate per mancanza di dati:

- produzione e trasporto al cliente dei piatti di plastica;
- produzione e trasporto al cliente dei piatti di carta;
- produzione e trasporto al cliente dei piatti di ceramica;
- utilizzo dei detergenti per lavastoviglie.

4 Conclusioni

Dall'analisi del ciclo di vita del servizio di gestione mense oggetto di questo studio è stato possibile trarre alcune indicazioni operative per individuare obiettivi di miglioramento del sistema.

Per quanto riguarda il trasporto, un'ottimizzazione dei percorsi ed una scelta oculata dei mezzi utilizzati può comportare una notevole diminuzione dei relativi carichi ambientali.

E' risultato interessante il confronto fra l'utilizzo dei piatti di carta, plastica e ceramica, che ha evidenziato l'impatto legato all'utilizzo di prodotti usa-e-getta e le buone prestazioni ambientali dei prodotti riutilizzabili più volte. La mancanza di alcuni dati comporta comunque delle incertezze sul risultato, che per essere maggiormente significativo dovrebbe essere il frutto di uno studio più approfondito.

Rimane comunque da notare come la fase del processo maggiormente impattante sia quella di preparazione dei pasti in conseguenza degli impatti diretti e indiretti legati al consumo di energia elettrica e di gas naturale. Non è stato possibile risalire alle singole voci di consumo all'interno della fase di produzione, in quanto è stato utilizzato un dato aggregato (letture dei contatori), che non permette quindi di evidenziare i contributi delle singole attrezzature. In termini di proiezione integrativa si propone che venga effettuato uno studio specifico con utilizzo di dati disaggregati sulla fase di produzione

Per avere una garanzia che gli aspetti ambientali non vengano trascurati, non essendo la fase di produzione sotto il diretto controllo dell'Istituzione scolastica, è sicuramente utile che il fornitore del servizio abbia adottato un Sistema di Gestione Ambientale certificato ISO 14001 o registrato EMAS. Ciò assicura che gli aspetti ambientali vengano considerati in maniera sistematica a livello gestionale, in un'ottica di miglioramento continuo.

Bibliografia

Norma UNI EN ISO 14001:1996, “Sistemi di gestione ambientale”

Norme serie UNI EN ISO 14040-44, “Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita”

R. Borlenghi, “Guida alle norme ISO 14000”, ed. Hoepli, 2000

G.L. Baldo, “LCA – Life Cycle Assesment, Uno strumento di analisi energetica e ambientale”, ed. Ipaservizi, 2000

F. Cappellaro, “Introduzione alla LCA”, ENEA, 2001

Environmental Product Declaration - <http://www.environdec.com/>

<http://www.reteambiente.it/home.htm>

<http://www.lexambiente.it/>

<http://www.ambiente.it/>

http://www.dichep.unige.it/Consulenza_ambientale/lca-fasi.htm#3

<http://www.provincia.fe.it/agenda21/agenda.htm>

<http://wwwamb.bologna.enea.it/cgi/legamb/legamb.html>

<http://www.federambiente.it/>

<http://gazzette.comune.jesi.an.it/index.html>

<http://www.mgnep.com/>

http://www.reticiviche.fvg.it/lex/leggi_ambiente.htm

<http://www.minambiente.it/Sito/home.asp>

<http://www.ipa.it/Diramb/NormVig/nv.htm>

http://www.provincia.fe.it/Settoreambient/Servizio_ambiente/

<http://www.zanussiprofessional.it>

<http://www.agea.it>

Comune di Ferrara – Servizio Istruzione - Capitolato d'appalto per il servizio di refezione con pasti veicolati alle scuole statali materne e dell'obbligo ed ai centri estivi comunali (decorrenza: 1/09/2003 – 31/08/2006)

ALLEGATI

Studio di valutazione degli impatti ambientali derivanti dalla gestione di servizi scolastici

ARPA Emilia-Romagna, Direzione Generale - SGESQE
Amministrazione Provinciale di Ferrara

Revisione al 31 Maggio 2004

ALLEGATO 1 - Menù invernale

Menù invernale						
Giorno della settimana	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	
Presenze in mensa	163	185	185	180	185	
I settimana	PASTA E MELANZANE g	RISOTTO CON LA ZUCCA g	ZUPPA DI FAGIOLI g	MINISTRA DI CAROTE g	PASTA AL TONNO g	
	pasta 70	riso 70	pasta 30	pasta 30	pasta 70	
	melanzane 20	zucca 50	fagioli secchi 30	carote 80	tonno al naturale 20	
	pomodori pelati 50	parmigiano 3	patate 50	parmigiano 3	pomodori pelati 50	
	parmigiano 3	odori qb	parmigiano 3	odori qb	odori qb	
	odori qb	SCALOPPINE DI TACCHINO	odori qb	BISTECCA ALLA PIZZAIOLA	PROSCIUTTO CRUDO	
	PESCE AL FORNO	tacchino 70	FORMAGGIO	manzo 70	prosciutto crudo 55	
	nasello 90	farina 5	bocconcini di mozzarella 60	pomodori pelati 30	patate 120	
	carote 60	succo di limone 3	finocchi 60	cappuccio 60	pane 50	
	pane 50	insalata 60	pane 50	pane 50	frutta* 150	
	frutta* 150	pane 50	frutta* 150	frutta* 150	olio extravergine di oliva 25	
	olio extravergine di oliva 25	frutta* 150	olio extravergine di oliva 25	olio extravergine di oliva 25		
	olio extravergine di oliva 25					
II settimana	RISO AL PARMIGIANO g	MINISTRA DI PATATE g	PASTA PISELLI E PROSCIUTTO g	PASTA AL RAGU' g	ZUPPA DI LEGUMI g	
	riso 80	pasta 30	pasta 70	pasta 70	pasta 30	
	parmigiano 6	patate 80	piselli freschi o surgelati 20	carne di suino 20	lenticchie secche 15	
	olio extravergine di oliva 10	parmigiano 3	prosciutto cotto 10	pelati 50	fagioli secchi 15	
	odori qb	odori qb	parmigiano 3	odori qb	patate 50	
	SEPIE CON PATATE	ARROSTO DI MAIALE	pelati 40	COSCIA DI POLLO	pomodori pelati 0	
	sepie 60	carne 80	FORMAGGIO	pollo 180	parmigiano 3	
	pomodori pelati 60	bieta 150	caciotta 30	purè: 50	odori qb	
	patate 100	pane 50	emmental 30	patate 100	FRITTATA SAPORITA AL FORNO	
	odori qb	frutta* 150	carote crude 60	latte 40	uova n. 1	
	frutta* 150	olio extravergine di oliva 25	frutta* 150	parmigiano 10	cipolla 3	
	olio extravergine di oliva 25		Pane 50	pane 50	fontina 2	
Pane 50		olio extravergine di oliva 25	pane 50	parmigiano 3		
			frutta* 150	latte 20		
			olio extravergine di oliva 25	insalata 60		
				pane 50		
				frutta* 150		
				olio extravergine di oliva 25		
III settimana	MINISTRONE DI VERDURE g	GNOCCHI AL POMODORO g	RISOTTO AI CARCIOFI g	PASTA ALLE SEPIE g		
	pasta 30	gnocchi 150	riso 70	pasta 70	olio extravergine di oliva 25	
	verdure varie 70	pomodori pelati 80	fondi di carciofi surgelati 30	seppia 25	PASTA E CECI g	
	legumi freschi o surgelati 30	parmigiano 3	latte 40	pomodori pelati 50	pasta 30	
	patate 30	odori qb	farina 2	odori qb	ceci secchi 30	
	parmigiano 3	PESCE GRATINATO AL FORNO	parmigiano 3	FORMAGGIO	patate 50	
	SPEZZATINO CON PATATE	Pesce S. Pietro pangrattato 90	PETTO DI POLLO ALLE ERBE	casatella 30	parmigiano 3	
	carne di manzo 80	20	pollo 70	insalata 60	odori qb	
	patate 120	insalata 30	erbe 10	pane 50	ARROSTO DI TACCHINO	
	pomodori pelati 60	carote 30	cavolfiore 120	frutta* 150	tacchino 80	
	odori qb	pane 50	pane 50	olio extravergine di oliva 25	insalatone 60	
	pane 50	frutta* 150	frutta* 150		pane 50	
frutta* 150	olio extravergine di oliva 25	olio extravergine di oliva 25		frutta* 150		
olio extravergine di oliva 25				olio extravergine di oliva 25		
IV settimana	RISOTTO ALLA MILANESE g	PASTA OLIO E PARMIGIANO g	MINISTRA D'ORZO g	PASTA AL SAPORE DI MARE g	ZUPPA DI LENTICCHIE g	
	riso 70	pasta 70	orzo 30	pasta 70	pasta 30	
	parmigiano 3	parmigiano 6	verdure varie 50	vongole 15	lenticchie secche 30	
	odori qb	olio extravergine di oliva 10	patate 60	pomodori pelati 60	patate 50	
	zafferano 3	odori qb	parmigiano 3	odori qb	pomodori pelati 0	
	SCALOPPINA DI MAIALE	COTOLETTA DI PESCE	odori qb	FORMAGGIO	parmigiano 3	
	carne di maiale 70	platessa 90	TACCHINO AL FORNO	parmigiano 30	odori qb	
	fontina 10	pane (gr.20) e uovo (gr.10)	tacchino 80	fontina 30	FLAN DI ZUCCHINE	
	farina 5	carote 30	fagiolini 100	zucchine 130	uovo 1/2	
	radicchio 60	finocchio 30	pane 50	pane 150	zucchine 20	
	pane 50	pane 50	frutta* 150	frutta* 150	latte 30	
	frutta* 150	frutta* 150	olio extravergine di oliva 25	olio extravergine di oliva 25	5farina 5	
olio extravergine di oliva 25	olio extravergine di oliva 25			parmigiano 3		
				pangrattato 3		
				insalata e pomodoro 100		
				pane 50		
				frutta* 150		
				olio extravergine di oliva 25		

ALLEGATO 3 - Ingredienti pasto medio

Alimento	q.tà inv. (g)	q.tà est. (g)	q.tà totale (g)	% sul tot.	q.tà tot. cut off 1,0%	Recuperati i dati relativi alle confezioni di
Coeff. Proporzionalità	0,70	0,30				
pasta	35,11	40,44	36,72	6,73%	36,72	pasta
melanzane	0,91	0,91	0,91	0,17%	0,00	
passata pomodoro	23,49	23,76	23,57	4,32%	23,57	passata pomodoro
parmigiano	6,87	4,36	6,11	1,12%	6,11	parmigiano
cipolla	0,58	0,45	0,54	0,10%	0,00	
carote	13,49	37,37	20,71	3,79%	20,71	carote
riso	14,02	14,32	14,11	2,58%	14,11	riso
zucca	2,58	0,00	1,80	0,33%	0,00	
fagioli secchi	2,32	0,00	1,62	0,30%	0,00	
tonno al naturale	1,03	1,03	1,03	0,19%	0,00	
olio extravergine di oliva	25,97	26,03	25,99	4,76%	25,99	olio extravergine di oliva
patate	37,47	25,05	33,72	6,18%	33,72	patate
piselli freschi o surgelati	1,03	0,91	0,99	0,18%	0,00	
prosciutto cotto	0,52	0,00	0,36	0,07%	0,00	
carne di maiale	8,30	7,73	8,13	1,49%	8,13	carne di maiale
lenticchie secchi	2,32	0,00	1,62	0,30%	0,00	
verdure varie	5,75	15,73	8,77	1,61%	8,77	verdure varie
legumi freschi o surgelati	1,36	4,59	2,34	0,43%	0,00	
gnocchi	7,73	7,52	7,66	1,40%	7,66	gnocchi
fondi di carciofi surgelati	1,55	0,00	1,08	0,20%	0,00	
latte	6,64	2,58	5,41	0,99%	0,00	
farina	0,84	0,42	0,72	0,13%	0,00	
seppia	3,98	0,00	2,77	0,51%	0,00	
ceci secchi	1,55	0,00	1,08	0,20%	0,00	
zafferano	0,14	0,00	0,09	0,02%	0,00	
orzo	1,55	0,00	1,08	0,20%	0,00	
vongole	0,75	0,00	0,52	0,10%	0,00	
nasello	4,08	4,08	4,08	0,75%	0,00	
pane	56,04	50,00	54,21	9,93%	54,21	pane
frutta*	150,00	150,00	150,00	27,47%	150,00	frutta*
tacchino	11,85	7,61	10,57	1,94%	10,57	tacchino
succo di limone	0,15	0,00	0,11	0,02%	0,00	
insalata	18,97	18,09	18,71	3,43%	18,71	insalata
bocconcini di mozzarella	3,09	1,55	2,62	0,48%	0,00	
finocchi	4,64	0,00	3,23	0,59%	0,00	
manzo	7,14	7,75	7,32	1,34%	7,32	manzo
cappuccio	3,01	0,00	2,10	0,38%	0,00	
prosciutto crudo	2,83	5,59	3,67	0,67%	0,00	
aglio	0,02	0,08	0,04	0,01%	0,00	
rosmarino	0,02	0,08	0,04	0,01%	0,00	
bieta	7,73	0,00	5,39	0,99%	0,00	
caciotta	1,55	1,36	1,49	0,27%	0,00	
emmental	1,55	1,55	1,55	0,28%	0,00	
pollo	12,63	12,88	12,70	2,33%	12,70	pollo
purè:	2,51	0,00	1,75	0,32%	0,00	
uova (peso medio 60 g)	5,15	6,61	5,59	1,02%	5,59	uova (peso medio 60 g)
fontina	2,06	2,13	2,08	0,38%	0,00	
pesce S.Pietro	4,64	4,08	4,47	0,82%	0,00	
pangrattato	1,18	2,33	1,53	0,28%	0,00	
erbe	0,52	0,52	0,52	0,09%	0,00	
cavolfiore	6,18	0,00	4,31	0,79%	0,00	
casatella	1,50	0,00	1,05	0,19%	0,00	
radicchio	2,72	0,77	2,13	0,39%	0,00	
platessa	4,64	4,64	4,64	0,85%	0,00	
fagiolini	5,15	0,95	3,88	0,71%	0,00	
zucchine	7,54	11,99	8,89	1,63%	8,89	zucchine
pomodori	0,00	23,84	7,21	1,32%	7,21	pomodori
fagioli freschi o surgelati	0,00	3,55	1,07	0,20%	0,00	
sogliola	0,00	4,64	1,40	0,26%	0,00	
ricotta	0,00	1,03	0,31	0,06%	0,00	
stracchino	0,00	1,55	0,47	0,09%	0,00	
spinaci	0,00	7,21	2,18	0,40%	0,00	
mozzarella	0,00	3,01	0,91	0,17%	0,00	
ravioli ripieni	0,00	6,70	2,02	0,37%	0,00	
pomodoro	0,00	7,21	2,18	0,40%	0,00	
basilico	0,00	0,52	0,16	0,03%	0,00	
1 pasto	536,88	567,07	546,01	100,00%	460,68	84,37%

ALLEGATO 5 - Contenitori per trasporto pasti

Contenitori								
Giorno	Contenitori in PP				Contenitori in AI			
	N.	massa (g)/ vasch.	massa tot. (g)	massa (g) per pasto	N.	massa (g)/ vasch.	massa tot. (g)	massa (g) per pasto
Lunedì	14	90	1.260	7,73	9	32,5	293	1,79
Martedì	16	90	1.440	7,78	10	32,5	325	1,76
Mercoledì	16	90	1.440	7,78	10	32,5	325	1,76
Giovedì	16	90	1.440	8,00	10	32,5	325	1,81
Venerdì	16	90	1.440	7,78	10	32,5	325	1,76
			Media	7,82			Media	1,77

ALLEGATO 6 - Consumi gas naturale e acqua

Gas naturale			
Anno	Mese	Consumo m ³	Consumo m ³ /pasto
2002	Ottobre		
	Novembre	9.844	1,27E-01
	Dicembre	8.776	1,52E-01
2003	Gennaio	12.029	1,65E-01
	Febbraio	12.735	1,84E-01
	Marzo	7.281	1,08E-01
	Aprile	7.470	1,25E-01
	Maggio	6.487	9,36E-02
	Giugno	4.679	1,70E-01
	Luglio	5.571	2,07E-01
	Agosto	5.775	3,12E-01
Totale		80.646,11	
Media giornaliera		265,28	1,64E-01

Acqua			
Anno	Mese	Consumo m ³	Consumo m ³ /pasto
2002	Ottobre		
	Novembre		
	Dicembre	579	8,99E-03
2003	Gennaio	731	1,13E-02
	Febbraio	760	1,07E-02
	Marzo	467	6,85E-03
	Aprile	323	5,00E-03
	Maggio	501	7,70E-03
	Giugno	404	1,00E-02
	Luglio	472	1,73E-02
	Agosto	619	2,89E-02
Totale		4.856,48	
Media giornaliera		15,98	1,19E-02

ALLEGATO 7 - Rifiuti organici CIR

		Rifiuti organici CIR										
		Sacchetti prodotti										
		2002		2003								
		novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre
Giorno	1		0	1	1	1	12	1	0	1	0	1
	2		4	0	0	0	4	4	4	0	0	0
	3		5	4	4	3	6	0	3	0	0	0
	4		4	3	3	4	4	1	3	1	2	2
	5		6	4	4	3	0	3	2	0	0	0
	6		6	4	4	4	0	2	1	0	0	0
	7		1	5	5	2	3	1	1	1	1	0
	8		1	1	1	1	2	3	0	0	0	1
	9		6	0	0	0	3	3	1	0	0	0
	10		4	2	2	1	5	1	0	1	0	2
	11		6	3	3	2	4	0	0	0	2	0
	12		6	3	3	1	0	3	1	0	0	2
	13		6	2	2	2	2	4	0	0	0	0
	14		1	3	3	4	8	2	1	2	0	0
	15		0	0	0	1	5	3	0	0	1	3
	16		7	1	1	0	4	3	1	0	0	0
	17		8	3	3	8	6	1	0	1	0	2
	18		6	5	5	3	0	4	0	0	1	
	19		2	4	4	3	1	0	0	0	0	
	20	10	3	2	2	3	3	2	1	0	0	
	21	3	0	3	3	6	4	3	0	2	2	
	22	6	0	1	1	2	3	4	0	0	0	
	23	0	1	0	0	1	2	7	1	0	0	
	24	1	1	3	3	2	3	2	0	1	0	
	25	3	0	4	4	2	4	0	0	0	1	
	26	4	0	2	2	3	1	4	2	0	0	
	27	2	2	4	4	2	0	3	0	1	2	
	28	3	0	3	3	3	3	2	1	0	0	
	29	3	1	0		3	4	3	0	0	2	
	30	4	1	0		0	3	3	1	1	1	
	31		1	0			5		0	0	0	
n. sacchetti		39	89	70	70	75	99	72	24	12	15	13
kg totali		312	712	560	560	600	792	576	192	96	120	104
Kg pasto			1,23E-02	7,69E-03	8,10E-03	8,90E-03	1,32E-02	8,31E-03	6,96E-03	3,56E-03	6,47E-03	
peso di un sacchetto:		8										

ALLEGATO 8 - Emissioni depuratore

Analisi reflui depuratore										
Parametri	Unità misura	Valori								
Data di emissione		31/12/2002	31/01/2003	28/02/2003	31/03/2003	30/04/2003	30/05/2003	30/06/2003	31/07/2003	26/08/2003
pH		8,09	7,12	8,14	7,47	7,64	8,06	7,79	8,14	6,97
Materiali sedimentabili	ml/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MST	mg/l	16	30	33	110	25	36	20	26	21
BOD ₅	mg/l	21,2	50	41,6	120	30,7	28,6	11,4	55	20,9
COD	mg/l	45	103	85	252	97	90	33	161	66
Solfati SO ₄	mg/l	0	110	90	600	200	50	50	100	100
Cloruri Cl	mg/l	319,5	390,5	369,2	376,3	397,6	482,8	532,5	532,5	461,5
Fosforo totale	mg/l	4,8	2,4	2,72	4,86	6,78	9,86	10	11,52	8
Azoto ammoniacale NH ₄ ⁺	mg/l	0,53	2,2	2,4	9,4	2,6	0,5	1	0,5	1,5
Azoto nitroso N	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azoto nitrico N	mg/l	4,96	20,8	4,51	0	0	22,6	0	22,6	5,64
Grassi e oli animali/vegetali	mg/l	-	-	-	-	-	-	5	-	-
Tensioattivi	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-

Parametri	Unità misura	Carichi inquinanti per pasto										
		dicembre '02	gennaio '03	febbraio '03	marzo '03	aprile '03	maggio '03	giugno '03	luglio '03	agosto '03	Media	
Materiali sedimentabili	l	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,0000E+00
MST	kg/pasto	1,44E-01	3,38E-01	3,54E-01	7,53E-01	1,25E-01	2,77E-01	2,00E-01	4,49E-01	6,06E-01	6,06E-01	3,6073E-01
BOD ₅	kg/pasto	1,90E-01	5,64E-01	4,46E-01	8,22E-01	1,53E-01	2,20E-01	1,14E-01	9,49E-01	6,03E-01	6,03E-01	4,5137E-01
COD	kg/pasto	4,04E-01	1,16E+00	9,12E-01	1,73E+00	4,85E-01	6,93E-01	3,31E-01	2,78E+00	1,90E+00	1,90E+00	1,1549E+00
Solfati SO ₄	kg/pasto	0,00E+00	1,24E+00	9,66E-01	4,11E+00	9,99E-01	3,85E-01	5,01E-01	1,73E+00	2,89E+00	2,89E+00	1,4235E+00
Cloruri Cl	kg/pasto	2,87E+00	4,40E+00	3,96E+00	2,58E+00	1,99E+00	3,72E+00	5,34E+00	9,19E+00	1,33E+01	1,33E+01	5,2618E+00
Fosforo totale	kg/pasto	4,31E-02	2,71E-02	2,92E-02	3,33E-02	3,39E-02	7,59E-02	1,00E-01	1,99E-01	2,31E-01	2,31E-01	8,5809E-02
Azoto ammoniacale NH ₄ ⁺	kg/pasto	4,76E-03	2,48E-02	2,58E-02	6,44E-02	1,30E-02	3,85E-03	1,00E-02	8,63E-03	4,33E-02	4,33E-02	2,2052E-02
Azoto nitroso N	kg/pasto	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,0000E+00
Azoto nitrico N	kg/pasto	4,46E-02	2,34E-01	4,84E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,74E-01	0,00E+00	3,90E-01	1,63E-01	1,63E-01	1,1712E-01
Grassi e oli animali vegetali	kg/pasto							5,01E-02				5,01E-02
Tensioattivi	kg/pasto							1,00E-03				1,00E-03

ALLEGATO 9 - Consumi energia elettrica refettorio

Illuminazione					
	Num. neon	Potenza singolo tubo in W	Potenza totale in W	Durata accensione in h	Consumo in Wh
Sala mensa	12	30	360	2,75	990
Sala cucina	6	30	180	5	900
TOTALE					1.890
Per ogni alunno (o per pasto)					10,52

Carrello termico		
Potenza in W	Durata di funzionamento in h	Consumo in Wh
800	3	2400
Per ogni alunno (o per pasto)		13,36

Consumo energia elettrica tot.		
Illuminazione (Wh)	Carrello termico (Wh)	Totale (Wh)
10,52	13,36	23,89

ALLEGATO 10 - Rifiuti, acqua e detersivi refettorio

Rifiuti Scuole

Giorno della settimana	Lunedì				Martedì				Mercoledì				Giovedì				Venerdì				Giorno medio		Pesi specifici
Presenze in mensa 2003-2004	163				185				185				180				185				180		
Settimana	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV			
Sacchi di plastica:	3	3	4	5	1	4	5	4	2	4	4	3	4	4	4	4	2	-	2	3			
Kg:	9	9	12	15	3	12	15	12	6	12	12	9	12	12	12	12	6	-	6	9			10,34
Kg per bambino:	0,055	0,055	0,074	0,092	0,016	0,065	0,081	0,065	0,032	0,065	0,065	0,049	0,067	0,067	0,067	0,067	0,032	-	0,032	0,049			0,06
Sacchi di carta:	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1			
Kg:	2	4	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-	2	2			2,23
Kg per bambino:	0,012	0,025	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,022	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	-	0,011	0,011			0,01
Sacchi di organico:	12	10	12	10	21	13	10	12	18	7	16	17	12	12	10	11	15	-	15	10			
Kg:	23	19	23	19	40	25	19	23	34	13	30	32	23	23	19	21	29	-	29	19			24,29
Kg per bambino:	0,140	0,117	0,140	0,117	0,216	0,134	0,103	0,123	0,185	0,072	0,164	0,175	0,127	0,127	0,106	0,116	0,154	-	0,154	0,103			0,14
Contentori minestra:	1	0	1	0	0	0	0,5	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	-	0	0			
Media contenitori mines.:	0,50				0,13				0,25				0,25				0,00						0,23
Media per bambino:	0,0031				0,0007				0,0014				0,0014				0,0000						0,0013
Contentori secondo:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-	0	0			
Media contenitori mines.:	0,00				0,00				0,00				0,25				0,00						0,05
Media per bambino:	0,0000				0,0000				0,0000				0,0014				0,0000						0,0003
Frutta:	15	34	0	42	2	20	0	80	0	2	22	27	47	-	0	0	26	-	26	25			
Kg:	2	3	0	4	0	2	0	8	0	0	2	3	5	-	0	0	3	-	3	3			2,06
Kg per bambino:	0,009	0,021	0,000	0,026	0,001	0,011	0,000	0,043	0,000	0,001	0,012	0,015	0,026	-	0,000	0,000	0,014	-	0,014	0,014			0,01
Pezzi di pane:	73	61	53	0	67	40	30	63	69	66	52	49	30	64	46	48	37	-	37	35			
Kg:	4	4	3	0	4	2	2	4	4	4	3	3	2	-	3	3	2	-	2	2			2,86
Kg per bambino:	0,027	0,022	0,020	0,000	0,022	0,013	0,010	0,020	0,022	0,021	0,017	0,016	0,010	-	0,015	0,016	0,012	-	0,012	0,011			0,02
Caraffe di acqua:	30	30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	30	30	30	30	30	30	30	30			
Kg:	30	30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	30	-	30	30	30	-	30	30			34,45
Kg per bambino:	0,184	0,184	0,184	0,184	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,167	-	0,167	0,167	0,162	-	0,162	0,162			0,19
Litri acqua lavaggio:	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50

Detersivi

	Nome	Quantità (l)	Tempo (giorni)	Quantità giornaliera (l)
detersivi per vassoi:	Divoquat	5	8	0,625
detersivi per pavimenti:	Sgrass	8	10	0,8

Bilancio organico

Grammatura pasto (g)	Rifiuti procapite (g)	Ingerito	Rifiuto
546,01	162,6364473	70,21%	29,79%

Consumi gas metano (m ³)		
Letture contatore	Gas metano	Data lettura
Lettura iniziale	410.132	31/10/2001
Let. mese di riferimento	490.104	31/10/2003
Consumato	79.972	

Media giornaliera metano scuola (m ³)
165

Consumo giornaliero metano per aule (m ³)
33,44

Cubature edifici scolastici (m ³)	
aule	4.127
palestra	1.906
palazzetto	13.320
spogliatoi	956
TOTALE	20.309

$$\frac{\text{m}^3 \text{ aule}}{\text{m}^3 \text{ totali}}$$

Fattore di allocazione per aule rispetto al totale scuola
0,203

Metrature aule (m ²)	
Bagni	83,79
Aule	273,98
Sala insegnanti e ingresso	101,68
Aule	273,98
Bagni e lab	88,20
Aule	273,98
Aule di sostegno magazzino	68,88
Aula attività grafiche + corridoio	84,81
Refettorio	126,35
Locale di servizio mensa	48,00
TOTALE	1423,65

$$\frac{\text{m}^2 \text{ mensa (refettorio + locale di serv.)}}{\text{m}^2 \text{ totali aule}}$$

Fattore di allocazione per mensa rispetto al totale aule
0,122

Consumo giornaliero mensa (m ³)
4,10

X

X

Titolo: Analizzando 1 p ciclo di vita 'Gestione mense'
 Metodo: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A
 Compartimento emissioni: Tutti i compartimenti
 Indicatore: Quantità
 Categoria:
 Ignora non utilizzato: No
 Modo relativo: Non

Valore di esclusione: 0%

No	Sostanza	Compartimento	Unità	Totale	Fase di produzione	Fase d'uso	Fine vita
1	acids	Prima	g	5,22	5,22	x	x
2	additives	Prima	g	11,1	11,1	x	x
3	alloys	Prima	g	7,76	7,76	x	x
4	artificial fertilizer	Prima	g	23,1	23,1	x	-0,0279
5	auxiliary materials	Prima	mg	946	946	x	x
6	baryte	Prima	g	65	36,8	12,8	15,4
7	bauxite	Prima	g	930	904	23,7	2,52
8	bentonite	Prima	g	12,8	7,53	2,92	2,36
9	biogas	Prima	l	4	4	x	x
10	biomass	Prima	g	397	189	x	208
11	borax	Prima	g	1,24	1,24	x	x
12	calciumfluoride	Prima	g	6,01	6,01	x	x
13	Carne di maiale	Prima	kg	1,46	1,46	x	x
14	Carne di manzo	Prima	kg	1,32	1,32	x	x
15	Carne di pollo	Prima	kg	2,29	2,29	x	x
16	Carne di tacchino	Prima	kg	1,9	1,9	x	x
17	Carote	Prima	kg	1,86	1,86	x	x
18	chromium (in ore)	Prima	mg	844	296	429	120
19	chromium compounds	Prima	mg	25,9	25,9	x	x
20	clay	Prima	g	50,5	30,1	10,6	9,75
21	clay minerals	Prima	g	104	97	x	6,97
22	coal	Prima	µg	167	33,2	x	133
23	coal ETH	Prima	kg	9,33	7,04	0,832	1,46
24	cobalt (in ore)	Prima	µg	2,9	0,669	1,99	0,238
25	complexing agent	Prima	mg	274	274	x	x
26	copper (in ore)	Prima	g	64,9	54,7	6,47	3,73
27	crude oil (feedstock)	Prima	kg	1,52	6,45	x	-4,93
28	crude oil ETH	Prima	kg	15,4	12,1	2,86	0,451
29	crude oil IDEMAT	Prima	mg	33,7	6,72	x	27
30	defoamer	Prima	g	1,14	1,14	x	x
31	degreasing agent	Prima	mg	543	543	x	x
32	energy (undef.)	Prima	kJ	8,6	78,3	x	-69,7
33	energy from hydro power	Prima	J	2,57	0,511	x	2,05
34	Frutta	Prima	kg	28,3	28,3	x	x
35	gas from oil production	Prima	mm3	92,9	18,5	x	74,4
36	glue	Prima	g	2,12	2,12	x	x
37	Gnocchi di patate	Prima	kg	1,38	1,38	x	x
38	gravel	Prima	kg	2,22	0,834	1,11	0,279
39	gypsum	Prima	mg	6,53	62,3	x	-55,7
40	herbicide	Prima	mg	42,3	42,3	x	x
41	Insalata	Prima	kg	3,37	3,37	x	x
42	insulation plates	Prima	mg	805	805	x	x
43	insulation stones	Prima	g	1,23	1,23	x	x
44	iron (in ore)	Prima	g	556	321	183	52,3
45	iron (ore)	Prima	g	805	809	x	-3,72
46	lead (in ore)	Prima	g	13,9	3,58	10,1	0,274
47	lignite ETH	Prima	kg	2,17	1,9	0,356	-0,0831
48	limestone	Prima	g	260	237	x	22,7
49	lubricant	Prima	µg	324	324	x	x
50	lubricating oil	Prima	mg	32,4	32,4	x	x
51	magnesium sulfate	Prima	g	2,05	2,05	x	x
52	maize, corn (t86)	Prima	g	243	243	x	x
53	manganese (in ore)	Prima	mg	635	116	473	46,6
54	manure	Prima	g	265	268	x	-2,79
55	marl	Prima	g	355	202	91,7	61,3
56	methane (kg)	Prima	µg	175	34,9	x	140
57	methane (kg) ETH	Prima	g	32	20,3	4,2	7,54
58	molybdene (in ore)	Prima	µg	6,17	1,17	4,58	0,421
59	natural gas	Prima	mg	2,02	0,403	x	1,62
60	natural gas (feedstock)	Prima	m3	1,3	3,23	x	-1,93
61	natural gas (vol)	Prima	m3	2,2	4,61	x	-2,41
62	natural gas ETH	Prima	m3	40,8	35,1	4,84	0,839
63	nickel (in ore)	Prima	mg	274	167	39,5	67,6
64	Olio d'oliva	Prima	kg	4,68	4,68	x	x
65	others (flow agents/gas)	Prima	mg	473	473	x	x
66	palladium (in ore)	Prima	µg	19,3	1,23	17,6	0,448
67	Pane	Prima	kg	9,44	9,44	x	x
68	Parmigiano (forma)	Prima	kg	1,1	1,1	x	x
69	Pasta di semola	Prima	kg	6,61	6,61	x	x
70	Patate	Prima	kg	6,07	6,07	x	x
71	peroxitan	Prima	g	7,19	7,19	x	x
72	pesticides	Prima	mg	214	215	x	-1,39
73	petroleum gas ETH	Prima	l	933	521	193	218
74	platinum (in ore)	Prima	µg	104	1,38	102	0,506
75	Pomodori	Prima	kg	5,54	5,54	x	x
76	pot. energy hydropower	Prima	MJ	21,3	27,6	0,508	-6,83
77	potatoes (t100)	Prima	g	54,5	55,1	x	-0,557
78	potential energy water ETH	Prima	MJ	113	74,4	7,7	31,3
79	pressed wire	Prima	g	2,55	1,71	x	0,835
80	process and cooling water	Prima	l	43,2	52,1	x	-8,94
81	process water	Prima	l	7,32	7,32	x	x
82	quartz sand	Prima	g	12,3	x	x	12,3
83	reservoir content ETH	Prima	m3y	3,16	2,08	0,208	0,874
84	resin glue	Prima	mg	593	732	x	-139
85	retention agents	Prima	g	1,99	1,99	x	x
86	rhenium (in ore)	Prima	µg	16,7	1,27	15	0,476
87	rhodium (in ore)	Prima	µg	37,6	1,3	35,8	0,476
88	Riso	Prima	kg	2,54	2,54	x	x
89	rock salt	Prima	g	156	116	17,1	23,3
90	rolling oil	Prima	mg	918	918	x	x
91	S-containing raw material	Prima	g	6,6	6,6	x	0
92	salt	Prima	mg	93,3	93,3	x	x
93	sand	Prima	g	123	76,5	15,4	31,6
94	sand, clay	Prima	mg	91,3	561	x	-470
95	scrap, external	Prima	g	139	139	x	x
96	silver	Prima	ng	5,68	1,13	x	4,55
97	silver (in ore)	Prima	mg	43,1	24,1	8,95	10,1
98	SO2	Prima	mg	7,47	66,7	x	-59,2
99	SO2 secondary	Prima	g	40,7	39,7	x	0,92
100	sodium dichromate	Prima	µg	476	476	x	0
101	steam from waste incineration	Prima	kJ	9,42	9,42	x	x
102	sulphur	Prima	mg	15,7	141	x	-125
103	Swiss base brown	Prima	mg	865	865	x	x

104	tin (in ore)	Prima	mg	23,9	13,3	4,98	5,58
105	tin (ore)	Prima	kg	45,2	45,2	x	x
106	turbine water ETH	Prima	m3	428	280	30,7	117
107	Uova	Prima	kg	1,01	1,01	x	x
108	uranium (in ore)	Prima	mg	134	174	7,9	-47,5
109	uranium (in ore) ETH	Prima	mg	265	167	28,8	68,8
110	urea, carbamide	Prima	g	10,3	10,3	x	x
111	Verdure fresche	Prima	kg	3,44	3,44	x	x
112	waste aluminium scrap	Prima	g	256	256	x	x
113	waste paper (feedstock)	Prima	kg	3,21	3,21	x	0
114	water	Prima	kg	5,67E3	4,42E3	290	955
115	water (cooling)	Prima	kg	70,6	663	x	-592
116	water (process)	Prima	kg	2,01	18,7	x	-16,7
117	wood	Prima	kg	2,08	2,08	0,000856	4,05E-6
118	wood (dry matter) ETH	Prima	g	428	361	34,7	32,6
119	wood (feedstock)	Prima	kg	0,72	1,94	x	-1,22
120	zeolite	Prima	ng	107	21,3	x	85,6
121	zinc (in ore)	Prima	mg	73,9	5,39	66,5	2,03
122	Zucchine	Prima	kg	1,6	1,6	x	x
123	1,2-dichloroethane	Aria	pg	264	52,6	x	211
124	acetaldehyde	Aria	mg	99,7	65,8	6,23	27,7
125	acetic acid	Aria	mg	418	275	26,3	116
126	acetone	Aria	mg	99,5	65,6	6,22	27,7
127	acrolein	Aria	µg	3,54	0,343	3,06	0,137
128	Al	Aria	mg	266	170	28,5	67,3
129	aldehydes	Aria	mg	621	621	0,023	0,0549
130	alkanes	Aria	g	4,53	0,426	3,92	0,179
131	alkenes	Aria	mg	517	29,1	476	11,9
132	ammonia	Aria	g	1,93	1,54	0,00871	0,379
133	As	Aria	mg	8,96	4,14	3,47	1,35
134	B	Aria	mg	68,6	40,8	11,6	16,2
135	Ba	Aria	mg	3,38	2,13	0,395	0,864
136	Be	Aria	µg	35,5	22,2	4,33	9,02
137	benzaldehyde	Aria	µg	1,22	0,118	1,05	0,0469
138	benzene	Aria	g	1,81	0,634	1,15	0,0233
139	benzo(a)pyrene	Aria	µg	149	44,8	93,9	10,5
140	Br	Aria	mg	25,7	16,5	2,38	6,85
141	butane	Aria	g	1,23	0,701	0,233	0,293
142	butene	Aria	mg	67	14,8	46,3	6,03
143	Ca	Aria	mg	153	101	27	25,8
144	Cd	Aria	mg	4,53	2,71	0,69	1,13
145	CFC-11	Aria	µg	35	20,6	6,27	8,09
146	CFC-114	Aria	mg	2,55	1,62	0,26	0,668
147	CFC-116	Aria	µg	534	200	258	76,4
148	CFC-12	Aria	µg	7,52	4,43	1,35	1,74
149	CFC-13	Aria	µg	4,73	2,79	0,846	1,1
150	CFC-14	Aria	mg	99,5	96,5	2,32	0,687
151	chlorophenols	Aria	µg	1,47	1,47	x	x
152	Cl2	Aria	µg	219	219	x	0
153	CO	Aria	g	287	82,6	169	35,4
154	CO2	Aria	kg	163	138	20,4	4,51
155	CO2 (fossil)	Aria	kg	5,48	5,48	x	x
156	CO2 (non-fossil)	Aria	kg	9,5	5,04	x	4,46
157	cobalt	Aria	mg	20,9	13,6	1,52	5,73
158	Cr	Aria	mg	8,52	5,53	0,807	2,18
159	Cu	Aria	mg	38,5	23,5	5,65	9,36
160	CxHy	Aria	mg	726	18	x	708
161	CxHy aromatic	Aria	g	0,515	1,21	0,0837	-0,781
162	CxHy chloro	Aria	µg	1,7	1,49	0,206	0,000925
163	CxHy halogenated	Aria	µg	2,16	3,89	x	-1,73
164	cyanides	Aria	µg	422	317	71,6	33,7
165	dichloroethane	Aria	mg	25,6	23,1	1,94	0,515
166	dichloromethane	Aria	µg	101	74,3	10,3	16
167	dioxin (TEQ)	Aria	ng	238	27,3	1,28	209
168	dust	Aria	g	20,9	32	0,504	-11,6
169	dust (coarse)	Aria	µg	88,7	17,7	x	71
170	dust (coarse) process	Aria	g	18,3	11,5	2,64	4,14
171	dust (PM10) mobile	Aria	g	2,05	0,346	1,57	0,132
172	dust (PM10) stationary	Aria	g	16,8	10,6	1,82	4,42
173	dust (SPM)	Aria	µg	11,1	2,21	x	8,89
174	ethane	Aria	mg	896	560	104	232
175	ethanol	Aria	mg	199	131	12,4	55,4
176	ethene	Aria	g	1,45	0,0755	1,35	0,0245
177	ethylbenzene	Aria	mg	49,4	30,1	7,37	11,9
178	ethyne	Aria	µg	956	559	228	168
179	Fe	Aria	mg	211	131	30,3	49,1
180	fluoride	Aria	mg	195	195	x	x
181	formaldehyde	Aria	mg	440	288	31	121
182	H2	Aria	mg	152	48,9	x	103
183	H2S	Aria	mg	218	211	14,7	-7,11
184	H2SO4	Aria	mg	26,1	1,77	x	24,3
185	HALON-1301	Aria	mg	5,74	4,07	1,11	0,564
186	HCFC-21	Aria	mg	12	0,391	11,5	0,1
187	HCFC-22	Aria	µg	20,7	16,2	2,42	2,15
188	HCl	Aria	g	3,49	2,68	0,353	0,455
189	He	Aria	mg	943	527	195	220
190	heptane	Aria	mg	247	138	51,6	57,5
191	hexachlorobenzene	Aria	ng	324	276	30	17,4
192	hexane	Aria	mg	518	289	108	121
193	HF	Aria	mg	647	455	58,8	133
194	HFC-134a	Aria	pg	-0,000305	-0,000193	-1,77E-5	-9,48E-5
195	Hg	Aria	mg	7,29	4	0,471	2,81
196	I	Aria	mg	7,95	5,06	0,824	2,07
197	K	Aria	mg	134	80,7	35,1	17,7
198	La	Aria	µg	113	71,2	12,4	29
199	mercaptans	Aria	mg	12,7	12,7	x	0
200	metals	Aria	mg	261	298	17,7	-55,3
201	methane	Aria	g	404	333	43,8	27,4
202	methanol	Aria	mg	200	132	12,7	55,6
203	Mg	Aria	mg	77,9	48,8	9,48	19,5
204	Mn	Aria	mg	35,4	21,9	8,99	4,49
205	Mo	Aria	mg	4,91	3,16	0,418	1,33
206	MTBE	Aria	mg	160	0,00876	160	0,00236
207	N2	Aria	mg	857	557	68,5	232
208	N2O	Aria	g	4,49	2,82	0,912	0,756
209	Na	Aria	mg	277	179	23,1	74,9
210	Ni	Aria	mg	195	135	17,1	43
211	non methane VOC	Aria	g	185	153	43	-11,6
212	NOx	Aria	g	8,78	7,79	x	0,998
213	NOx (as NO2)	Aria	g	319	287	58,3	-26,2
214	P	Aria	µg	47,2	47,2	x	0,0114
215	P-tot	Aria	mg	6,52	4,4	0,651	1,47
216	PAH's	Aria	mg	27,7	45,8	2,11	-20,2
217	Pb	Aria	mg	193	33,5	151	9,24
218	pentachlorobenzene	Aria	ng	864	738	80	46,6
219	pentachlorophenol	Aria	ng	140	119	12,9	7,51

220	pentane	Aria	g	1,54	0,879	0,29	0,367
221	phenol	Aria	µg	117	79,7	9,15	28,6
222	propane	Aria	g	1,28	0,74	0,234	0,309
223	propene	Aria	mg	59,6	30,4	16,9	12,3
224	propionic acid	Aria	mg	2,67	1,75	0,189	0,732
225	Pt	Aria	µg	13,3	0,367	12,8	0,125
226	Sb	Aria	µg	88,9	48,5	21,4	19
227	Sc	Aria	µg	53,6	34,4	5,11	14,1
228	Se	Aria	mg	6,78	4,25	0,989	1,54
229	Si	Aria	mg	7,94	7,94	x	x
230	silicates	Aria	mg	469	287	67,8	115
231	Sn	Aria	µg	354	228	30	95,6
232	SO2	Aria	mg	254	195	x	59,3
233	soot	Aria	µg	9,07	1,81	x	7,27
234	SOx	Aria	µg	58,8	11,7	x	47,1
235	SOx (as SO2)	Aria	g	546	450	46,3	49,5
236	Sr	Aria	mg	3,58	2,24	0,421	0,913
237	styrene	Aria	µg	734	734	x	x
238	tetrachloromethane	Aria	mg	6,04	5,46	0,458	0,124
239	Th	Aria	µg	71,5	45,2	7,83	18,5
240	Ti	Aria	mg	14,7	9,4	1,42	3,87
241	Tl	Aria	µg	70,3	49,9	4,81	15,6
242	toluene	Aria	mg	296	118	129	49
243	trichloromethane	Aria	µg	676	611	51,2	13,6
244	U	Aria	µg	71,1	44,8	8,12	18,2
245	V	Aria	mg	648	416	56,5	175
246	vinyl chloride	Aria	mg	4,17	3,77	0,316	0,0839
247	xylene	Aria	mg	283	122	110	51,5
248	Zn	Aria	mg	222	39,2	178	5,46
249	Zr	Aria	µg	19,4	12,6	3,11	3,72
250	1,1,1-trichloroethane	Acqua	µg	362	24,6	8,4	329
251	acenaphthylene	Acqua	mg	23,7	20	1,75	1,97
252	Acid as H+	Acqua	ng	20,4	4,07	x	16,3
253	acids (unspecified)	Acqua	mg	5,26	3,41	0,82	1,03
254	Ag	Acqua	µg	448	251	97,2	99,7
255	Al	Acqua	g	14,9	11,2	1,35	2,4
256	alkanes	Acqua	mg	89,3	49,9	18,4	20,9
257	alkenes	Acqua	mg	8,25	4,62	1,7	1,93
258	anionic detergent	Acqua	g	180	180	x	x
259	anorg. dissolved subst.	Acqua	g	66,3	51,6	3,08	11,7
260	AOX	Acqua	mg	657	657	0,566	0,0367
261	As	Acqua	mg	30,3	22,8	2,81	4,76
262	B	Acqua	mg	65,8	50	6,12	9,68
263	Ba	Acqua	g	3,14	2,44	0,468	0,235
264	baryte	Acqua	g	13	7,35	2,53	3,07
265	Be	Acqua	µg	16	10,3	1,43	4,28
266	benzene	Acqua	mg	89,9	50,1	18,9	21
267	benzo(a)pyrene	Acqua	µg	134	9,06	x	125
268	BOD	Acqua	kg	81,3	81,3	3,97E-5	-0,000331
269	calcium compounds	Acqua	µg	36,9	7,35	x	29,5
270	calcium ions	Acqua	g	39,7	22,7	7,08	9,93
271	Cd	Acqua	mg	6,1	1,75	4,17	0,182
272	chlorate ion (ClO3-)	Acqua	g	2,12	2,12	x	x
273	chlorinated solvents (unspec.)	Acqua	µg	62	35,6	20,6	5,77
274	chlorobenzenes	Acqua	ng	13,8	1,7	12	0,136
275	Cl-	Acqua	kg	948	947	0,0957	0,104
276	Co	Acqua	mg	23,5	15,1	2,37	6
277	COD	Acqua	kg	208	208	0,000544	0,00204
278	Cr	Acqua	mg	160	121	15,6	23,7
279	Cr (III)	Acqua	µg	216	91,3	x	125
280	Cr (VI)	Acqua	µg	297	284	2,81	10,3
281	crude oil	Acqua	ng	15,3	3,05	x	12,3
282	Cs	Acqua	µg	686	383	142	161
283	Cu	Acqua	mg	77,6	57,8	7,71	12
284	CxHy	Acqua	mg	87,5	808	0,655	-721
285	CxHy aromatic	Acqua	mg	565	501	94,4	-29,9
286	CxHy chloro	Acqua	µg	729	813	70,8	-156
287	cyanide	Acqua	mg	6,18	4,34	1,39	0,454
288	di(2-ethylhexyl)phthalate	Acqua	µg	1,23	1,06	0,152	0,0237
289	dibutyl p-phthalate	Acqua	µg	2,41	2,03	0,177	0,2
290	dichloroethane	Acqua	mg	13,1	11,9	0,995	0,265
291	dichloromethane	Acqua	mg	6,1	3,51	1,18	1,4
292	dimethyl p-phthalate	Acqua	µg	15,1	12,8	1,11	1,26
293	dissolved organics	Acqua	ng	196	39	x	157
294	dissolved substances	Acqua	g	5,16	3,33	0,508	1,32
295	DOC	Acqua	mg	669	781	70,8	-182
296	ethyl benzene	Acqua	mg	16,4	9,18	3,41	3,84
297	fats/oils	Acqua	kg	9,03	9,03	0,00263	0,00259
298	fatty acids as C	Acqua	g	3,47	1,94	0,715	0,812
299	Fe	Acqua	g	8,55	7,16	1,04	0,343
300	fluoride ions	Acqua	mg	216	128	49,2	38,5
301	formaldehyde	Acqua	µg	2,58	1,64	0,338	0,593
302	glutaraldehyde	Acqua	mg	1,6	0,907	0,313	0,379
303	H2	Acqua	ng	980	195	x	785
304	H2S	Acqua	mg	1,31	0,828	0,268	0,218
305	H2SO4	Acqua	mg	195	195	x	x
306	hexachloroethane	Acqua	ng	293	265	22,2	5,89
307	Hg	Acqua	mg	1,21	1,18	0,0281	0,00156
308	HOCL	Acqua	mg	320	211	20,9	88,6
309	I	Acqua	mg	68,3	38,1	14,1	16
310	K	Acqua	g	6,96	4,19	1,06	1,71
311	Kjeldahl-N	Acqua	mg	24,9	76,6	0,268	-52
312	metallic ions	Acqua	g	1,28	3,62	0,024	-2,36
313	Mg	Acqua	g	10,8	6,88	1,21	2,75
314	Mn	Acqua	mg	299	189	34,5	75,7
315	Mo	Acqua	mg	40,5	26,2	3,98	10,3
316	MTBE	Acqua	mg	10,5	0,000815	10,5	0,000203
317	N-tot	Acqua	g	3,64	1,16	0,273	2,2
318	N organically bound	Acqua	mg	101	42,3	40,7	17,5
319	Na	Acqua	g	241	135	53	53,6
320	NH3 (as N)	Acqua	mg	724	363	211	149
321	NH4+	Acqua	kg	3,97	3,97	3,32E-6	-5,22E-5
322	Ni	Acqua	mg	77,8	57,9	7,33	12,6
323	nitrate	Acqua	kg	93,4	93,4	0,000406	7,53E-5
324	nitrite	Acqua	mg	12	7,89	1,25	2,83
325	OCl-	Acqua	mg	320	211	20,9	88,6
326	oil	Acqua	g	1,86	1,58	0,218	0,0656
327	P	Acqua	kg	15,4	15,4	x	x
328	P-compounds	Acqua	µg	381	217	74	89,5
329	P-tot	Acqua	mg	84,8	84,8	x	-0,00836
330	P2O5	Acqua	mg	4,58	43,6	x	-39
331	PAH's	Acqua	mg	14,5	12,2	2	0,289
332	Pb	Acqua	mg	94	69,5	11,6	12,8
333	phenol	Acqua	µg	669	45,3	x	624
334	phenols	Acqua	mg	114	97,2	19,9	-2,64
335	phosphate	Acqua	mg	920	664	83	174

336	Ru	Acqua	mg	6,85	3,83	1,41	1,61
337	S	Acqua	ng	2,94	0,587	x	2,36
338	salt	Acqua	µg	2,72	0,543	x	2,18
339	salts	Acqua	g	3,39	1,84	0,896	0,656
340	Sb	Acqua	µg	217	134	24,8	57,7
341	Se	Acqua	mg	60	38,5	6,11	15,3
342	Si	Acqua	mg	12,6	7,66	1,74	3,21
343	Sn	Acqua	mg	3,81	3,76	0,00762	0,0441
344	SO3	Acqua	mg	78,5	61,4	12,5	4,51
345	Sr	Acqua	g	4,28	2,41	0,871	1
346	sulphate	Acqua	g	118	91,5	12,8	13,8
347	sulphates	Acqua	kg	256	256	x	3,44E-5
348	sulphide	Acqua	mg	25,1	17,2	4,67	3,21
349	suspended solids	Acqua	kg	64,9	64,9	x	x
350	suspended substances	Acqua	g	49,8	45,1	4,63	0,0575
351	tetrachloroethene	Acqua	µg	34,7	31,4	2,63	0,699
352	tetrachloromethane	Acqua	µg	52,8	47,8	4	1,06
353	Ti	Acqua	mg	709	456	72,8	181
354	TOC	Acqua	g	68,8	42,1	24	2,74
355	toluene	Acqua	mg	92,3	75,3	16,5	0,499
356	tributyltin	Acqua	mg	1,04	0,611	0,177	0,25
357	trichloroethene	Acqua	mg	2,19	1,98	0,166	0,0441
358	trichloromethane	Acqua	mg	8,03	7,26	0,608	0,162
359	triethylene glycol	Acqua	mg	45,6	29,6	3,66	12,3
360	undissolved substances	Acqua	g	41	23,2	8,05	9,71
361	V	Acqua	mg	61,9	39,8	6,29	15,8
362	vinyl chloride	Acqua	µg	9,84	8,9	0,745	0,198
363	VOC as C	Acqua	mg	239	134	49,5	56
364	W	Acqua	µg	870	567	65,1	238
365	waste water	Acqua	kg	2,14	2,14	x	x
366	waste water (vol)	Acqua	l	149	151	x	-1,95
367	xylene	Acqua	mg	64,9	36,3	13,5	15,1
368	Zn	Acqua	mg	219	164	26,5	27,7
369	aluminium scrap	Solido	g	14,1	14,1	x	x
370	cathode iron ingots	Solido	g	1,44	1,44	x	x
371	cathode loss	Solido	g	3,93	3,93	x	x
372	chemical waste	Solido	g	6,41	6,41	x	x
373	chemical waste (inert)	Solido	g	1,12	9,13	x	-8,01
374	chemical waste (regulated)	Solido	g	0,35	3,24	x	-2,89
375	chromium compounds	Solido	mg	27,8	27,8	x	x
376	construction waste	Solido	mg	12	113	x	-101
377	corr.cardboard rejects	Solido	g	233	233	x	x
378	dross	Solido	g	12,1	12,1	x	x
379	dross for recycling	Solido	g	2,84	2,84	x	x
380	dust, break-out	Solido	g	22,2	22,2	x	x
381	final waste (inert)	Solido	mg	9,51	1,9	x	7,62
382	high active nuclear waste	Solido	mm3	2,74E-5	5,47E-6	x	2,2E-5
383	industrial waste	Solido	g	0,757	7,03	x	-6,27
384	Iron compounds	Solido	g	7,72	7,72	x	x
385	low.med. act. nucl. waste	Solido	mm3	0,00618	0,00123	x	0,00495
386	metal scrap	Solido	mg	4,71	43	x	-38,3
387	mineral waste	Solido	g	7,71	70,4	x	-62,7
388	mineral waste (mining)	Solido	kg	46	46,1	x	-0,0293
389	packaging waste	Solido	mg	1,22	11,7	x	-10,4
390	produc. waste (not inert)	Solido	g	708	0,00011	x	708
391	rejects	Solido	g	13,9	13,9	x	x
392	slag	Solido	g	133	133	x	6,54E-5
393	slags/ash	Solido	g	1,44	13,3	x	-11,8
394	sludge	Solido	g	43,9	43,9	x	x
395	tin compounds	Solido	mg	206	206	x	x
396	tinder from rolling drum	Solido	g	10,7	10,7	x	x
397	unspecified	Solido	mg	7,06	66,3	x	-59,2
398	waste bioactive landfill	Solido	g	272	317	x	-44,8
399	waste in incineration	Solido	g	109	126	x	-16,7
400	waste in inert landfill	Solido	g	67,3	67,3	x	-0,000836
401	waste limestone	Solido	g	3,56	3,56	x	x
402	Al (ind.)	Terreno	mg	854	484	168	202
403	As (ind.)	Terreno	µg	342	194	67,4	80,9
404	C (ind.)	Terreno	g	2,64	1,5	0,522	0,626
405	Ca (ind.)	Terreno	g	3,42	1,94	0,674	0,809
406	Cd (ind.)	Terreno	µg	21,5	7,74	10,6	3,22
407	Co (ind.)	Terreno	µg	18,7	10,4	3,88	4,36
408	Cr (ind.)	Terreno	mg	4,28	2,43	0,841	1,01
409	Cu (ind.)	Terreno	µg	93,4	52,1	19,4	21,8
410	Fe (ind.)	Terreno	g	1,71	0,967	0,336	0,405
411	Hg (ind.)	Terreno	µg	2,62	1,47	0,542	0,611
412	Mn (ind.)	Terreno	mg	34,2	19,4	6,74	8,09
413	N	Terreno	µg	776	438	159	179
414	Ni (ind.)	Terreno	µg	140	78,1	29,1	32,7
415	oil (ind.)	Terreno	mg	598	338	121	138
416	oil biodegradable	Terreno	mg	6,76	5,7	0,547	0,515
417	P-tot	Terreno	mg	44	25	8,65	10,4
418	Pb (ind.)	Terreno	µg	425	236	89,1	99,8
419	S (ind.)	Terreno	mg	514	291	101	121
420	Zn (ind.)	Terreno	mg	13,8	7,79	2,72	3,25
421	Ag110m to air	Non mat.	µBq	25,6	13,7	6,94	5
422	Ag110m to water	Non mat.	mBq	855	544	87,2	224
423	alpha radiation (unspecified) to w	Non mat.	µBq	14,3	6,8	5,24	2,24
424	Am241 to air	Non mat.	mBq	2,08	1,31	0,224	0,54
425	Am241 to water	Non mat.	mBq	273	173	29,5	71
426	Ar41 to air	Non mat.	Bq	49,1	25,4	14,7	8,98
427	Ba140 to air	Non mat.	µBq	692	444	63,3	184
428	Ba140 to water	Non mat.	mBq	10,8	7,08	0,723	2,98
429	beta radiation (unspecified) to air	Non mat.	µBq	83,1	54,5	5,74	22,9
430	C14 to air	Non mat.	Bq	177	112	18,7	46,3
431	C14 to water	Non mat.	Bq	13,8	8,75	1,49	3,6
432	Cd109 to water	Non mat.	µBq	62,3	40,9	4,18	17,2
433	Ce141 to air	Non mat.	µBq	2,58	1,4	0,66	0,52
434	Ce141 to water	Non mat.	mBq	1,61	1,06	0,108	0,445
435	Ce144 to air	Non mat.	mBq	22,1	13,9	2,38	5,74
436	Ce144 to water	Non mat.	Bq	6,26	3,95	0,675	1,63
437	Cm (alpha) to air	Non mat.	mBq	3,29	2,08	0,356	0,856
438	Cm (alpha) to water	Non mat.	mBq	363	229	39,2	94,2
439	Cm242 to air	Non mat.	nBq	1,69	0,796	0,634	0,26
440	Cm244 to air	Non mat.	nBq	15,3	7,24	5,73	2,36
441	Co57 to air	Non mat.	nBq	37,7	19,3	11,5	6,82
442	Co57 to water	Non mat.	mBq	11	7,25	0,74	3,06
443	Co58 to air	Non mat.	mBq	3,1	1,96	0,335	0,805
444	Co58 to water	Non mat.	Bq	4,67	3,05	0,341	1,28
445	Co60 to air	Non mat.	mBq	4,19	2,63	0,477	1,09
446	Co60 to water	Non mat.	Bq	65,9	41,8	6,87	17,2
447	Conv. to industrial area	Non mat.	mm2	0,000681	0,000136	x	0,000545
448	Cr51 to air	Non mat.	µBq	148	86,4	28	33,7
449	Cr51 to water	Non mat.	mBq	237	155	15,9	65,4
450	Cs134 to air	Non mat.	mBq	78,9	49,8	8,51	20,5
451	Cs134 to water	Non mat.	Bq	14,1	8,91	1,52	3,67

452	Cs136 to water	Non mat.	µBq	57,9	38	3,88	16
453	Cs137 to air	Non mat.	mBq	152	96,1	16,4	39,6
454	Cs137 to water	Non mat.	Bq	130	81,9	14	33,8
455	Fe59 to air	Non mat.	nBq	697	334	252	110
456	Fe59 to water	Non mat.	µBq	191	125	12,8	52,6
457	Fission and activation products (f	Non mat.	mBq	281	162	56,3	62,6
458	H3 to air	Non mat.	Bq	1,58E3	993	177	407
459	H3 to water	Non mat.	kBq	410	259	44,2	106
460	heat losses to air	Non mat.	J	737	147	x	590
461	heat losses to soil	Non mat.	J	0,289	0,0576	x	0,231
462	heat losses to water	Non mat.	J	56,7	11,3	x	45,4
463	I129 to air	Non mat.	mBq	592	374	64	154
464	I129 to water	Non mat.	Bq	39,6	25	4,27	10,3
465	I131 to air	Non mat.	mBq	212	138	16,1	57,8
466	I131 to water	Non mat.	mBq	67,3	43,7	5,32	18,2
467	I133 to air	Non mat.	mBq	38,4	24,4	4,05	9,97
468	I133 to water	Non mat.	mBq	49,3	32,4	3,31	13,6
469	I135 to air	Non mat.	mBq	55,1	34,9	5,92	14,3
470	K40 to air	Non mat.	mBq	361	227	39,8	93,4
471	K40 to water	Non mat.	Bq	1,6	1,03	0,146	0,428
472	Kr85 to air	Non mat.	kBq	1,02E4	6,46E3	1,1E3	2,65E3
473	Kr85m to air	Non mat.	Bq	60,6	39,7	4,28	16,7
474	Kr87 to air	Non mat.	Bq	18,4	12	1,38	5,03
475	Kr88 to air	Non mat.	Bq	495	313	52,5	129
476	Kr89 to air	Non mat.	Bq	19,3	12,6	1,36	5,29
477	La140 to air	Non mat.	µBq	149	90,2	22,4	36,1
478	La140 to water	Non mat.	mBq	2,23	1,47	0,15	0,617
479	land use (sea floor) II-III	Non mat.	m2a	1,04	0,588	0,203	0,247
480	land use (sea floor) II-IV	Non mat.	m2a	0,107	0,0609	0,021	0,0255
481	land use II-III	Non mat.	m2a	1,13	0,715	0,125	0,294
482	land use II-IV	Non mat.	cm2a	942	454	330	158
483	land use III-IV	Non mat.	cm2a	987	297	575	114
484	land use IV-IV	Non mat.	mm2a	654	255	319	79,9
485	Mn54 to air	Non mat.	µBq	27,8	15,1	7,19	5,57
486	Mn54 to water	Non mat.	Bq	9,45	5,97	1,01	2,46
487	Mo99 to water	Non mat.	µBq	754	495	50,5	208
488	Na24 to water	Non mat.	mBq	331	217	22,2	91,7
489	Nb95 to air	Non mat.	µBq	6,46	3,69	1,36	1,41
490	Nb95 to water	Non mat.	mBq	6,1	4,01	0,41	1,69
491	Np237 to air	Non mat.	nBq	109	68,8	11,7	28,2
492	Np237 to water	Non mat.	mBq	17,5	11	1,89	4,54
493	Occup. as contin. urban land	Non mat.	mm2a	0,0979	0,0195	x	0,0784
494	Occup. as convent. arable land	Non mat.	mm2a	1,2	0,238	x	0,958
495	Occup. as forest land	Non mat.	mm2a	0,000138	2,75E-5	x	0,000111
496	Occup. as industrial area	Non mat.	mm2a	26,9	5,36	x	21,5
497	Pa234m to air	Non mat.	mBq	64,6	40,8	7,04	16,8
498	Pa234m to water	Non mat.	Bq	1,2	0,757	0,13	0,312
499	Pb210 to air	Non mat.	Bq	1,99	1,25	0,218	0,516
500	Pb210 to water	Non mat.	Bq	1,28	0,82	0,116	0,341
501	Pm147 to air	Non mat.	mBq	56	35,3	6,04	14,6
502	Po210 to air	Non mat.	Bq	3,03	1,91	0,334	0,787
503	Po210 to water	Non mat.	Bq	1,28	0,82	0,116	0,341
504	Pu alpha to air	Non mat.	mBq	6,59	4,16	0,711	1,72
505	Pu alpha to water	Non mat.	Bq	1,09	0,688	0,117	0,282
506	Pu238 to air	Non mat.	nBq	39,3	18,8	14,4	6,19
507	Pu241 beta	Non mat.	Bq	27	17,1	2,91	7,02
508	Pu241 Beta to air	Non mat.	mBq	181	115	19,6	47,1
509	Ra224 to water	Non mat.	Bq	34,2	19,1	7,09	8
510	Ra226 to air	Non mat.	Bq	2,36	1,49	0,257	0,612
511	Ra226 to water	Non mat.	Bq	5,02E3	3,17E3	553	1,3E3
512	Ra228 to air	Non mat.	mBq	177	112	19,6	45,9
513	Ra228 to water	Non mat.	Bq	68,3	38,1	14,1	16
514	radio active noble gases to air	Non mat.	Bq	114	74,8	7,64	31,4
515	radioactive substance to air	Non mat.	kBq	1,16E4	1,53E4	688	-4,33E3
516	radioactive substance to water	Non mat.	kBq	107	140	6,31	-39,9
517	radionuclides (mixed) to water	Non mat.	µBq	656	416	68,1	172
518	Rn220 to air	Non mat.	Bq	24,3	15,6	2,2	6,5
519	Rn222 (long term) to air	Non mat.	kBq	1,44E4	9,11E3	1,57E3	3,74E3
520	Rn222 to air	Non mat.	kBq	157	98,9	17,1	40,7
521	Ru103 to air	Non mat.	µBq	1,14	0,724	0,124	0,297
522	Ru103 to water	Non mat.	mBq	3,62	2,38	0,243	0,996
523	Ru106 to air	Non mat.	mBq	659	416	71,1	172
524	Ru106 to water	Non mat.	Bq	65,9	41,6	7,11	17,2
525	Sb122 to water	Non mat.	mBq	10,8	7,08	0,723	2,98
526	Sb124 to air	Non mat.	µBq	9,89	5,64	2,08	2,17
527	Sb124 to water	Non mat.	mBq	348	224	30,3	93
528	Sb125 to air	Non mat.	µBq	15	9,78	1,1	4,1
529	Sb125 to water	Non mat.	mBq	87,8	57,7	5,88	24,2
530	Sr89 to air	Non mat.	µBq	52,2	28,7	12,8	10,7
531	Sr89 to water	Non mat.	mBq	24,4	16	1,63	6,73
532	Sr90 to air	Non mat.	mBq	109	68,8	11,7	28,2
533	Sr90 to water	Non mat.	Bq	13,2	8,33	1,42	3,43
534	Tc99 to air	Non mat.	µBq	4,63	2,92	0,499	1,2
535	Tc99 to water	Non mat.	Bq	6,92	4,37	0,747	1,8
536	Tc99m to water	Non mat.	mBq	5,08	3,34	0,341	1,4
537	Te123m to air	Non mat.	µBq	98	50,2	30	17,8
538	Te123m to water	Non mat.	µBq	454	299	30,5	125
539	Te132 to water	Non mat.	µBq	186	122	12,5	51,5
540	Th228 to air	Non mat.	mBq	150	94,5	16,6	38,8
541	Th228 to water	Non mat.	Bq	137	76,5	28,3	32
542	Th230 to air	Non mat.	mBq	720	454	78,4	187
543	Th230 to water	Non mat.	Bq	187	118	20,4	48,6
544	Th232 to air	Non mat.	mBq	95,2	60	10,5	24,7
545	Th232 to water	Non mat.	mBq	299	192	27,2	79,8
546	Th234 to air	Non mat.	mBq	64,6	40,8	7,04	16,8
547	Th234 to water	Non mat.	Bq	1,2	0,759	0,132	0,313
548	U alpha to air	Non mat.	Bq	2,32	1,47	0,252	0,602
549	U alpha to water	Non mat.	Bq	78,5	49,6	8,54	20,4
550	U234 to air	Non mat.	mBq	779	492	84,7	202
551	U234 to water	Non mat.	Bq	1,6	1,01	0,175	0,416
552	U235 to air	Non mat.	mBq	37,6	23,8	4,1	9,8
553	U235 to water	Non mat.	Bq	2,39	1,51	0,26	0,62
554	U238 to air	Non mat.	Bq	1,04	0,655	0,113	0,269
555	U238 to water	Non mat.	Bq	4,32	2,73	0,458	1,12
556	waste heat to air	Non mat.	MJ	650	363	140	147
557	waste heat to soil	Non mat.	MJ	32,7	22,8	1,93	7,97
558	waste heat to water	Non mat.	MJ	31,8	18,9	5,15	7,71
559	Xe131m to air	Non mat.	Bq	84,4	55	6,35	23,1
560	Xe133 to air	Non mat.	Bq	8,52E3	5,42E3	860	2,24E3
561	Xe133m to air	Non mat.	mBq	693	350	221	122
562	Xe135 to air	Non mat.	Bq	2,21E3	1,42E3	193	592
563	Xe135m to air	Non mat.	Bq	568	372	40,6	156
564	Xe137 to air	Non mat.	Bq	11,6	7,59	0,857	3,18
565	Xe138 to air	Non mat.	Bq	158	103	11,2	43,3
566	Y90 to water	Non mat.	mBq	1,24	0,817	0,0834	0,344
567	Zn65 to air	Non mat.	µBq	382	238	46,8	97,3

568	Zn65 to water	Non mat.	mBq	700	460	46,9	193
569	Zr95 to air	Non mat.	μ Bq	1,36	0,69	0,434	0,24
570	Zr95 to water	Non mat.	mBq	561	354	60,5	146