

ANALISI AMBIENTALE DI UN SERVIZIO SCOLASTICO MEDIANTE LA METODOLOGIA DEL LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)

F. FALCONI*, P. NERI**, G. SPADONI***

* *Progetto SPINNER c/o ENEA (Ente Nuove tecnologie, Energia e Ambiente), Via Martiri di Montesole 4, 40129, Bologna*

** *ENEA, Sezione Metodi di Progettazione Innovativi, Bologna*

*** *Dipartimento Ingegneria Chimica, Mineraria e delle Tecnologie Ambientali, Università Bologna*

SINTESI: L'oggetto del presente lavoro è la valutazione ambientale del servizio erogato da un Istituto Scolastico nell'arco di un anno e si propone di formulare una sorta di ecobilancio su cui basare possibili certificazioni del servizio. L'analisi ambientale del servizio è stata effettuata secondo la metodologia LCA e utilizzando come metodo per la valutazione del danno ambientale l'Eco-indicator 99, metodo sviluppato dalla Prè (Products Ecology Consultants). L'unità funzionale dello studio è l'intera popolazione scolastica. Una volta valutati gli impatti che il servizio scolastico ha sul territorio si procede ad un'analisi di sensibilità e si dimostra come è possibile ridurre tali impatti (soprattutto in termini di risparmio energetico e corretta gestione dello smaltimento dei rifiuti, ma anche attraverso la promozione di strumenti didattici più compatibili con l'ambiente).

1. INTRODUZIONE

I danni contro l'ambiente non possono considerarsi limitati a quelli causati dalle industrie o, più in generale, dal sistema produttivo. Lo stesso modo in cui la gente organizza la sua vita, usa il suo tempo libero, come essa viaggia, come, in pratica, interagisce col territorio, rappresenta un alto potenziale di impatto verso l'ambiente. Questa è la ragione per cui una visione complessiva del territorio e un'adeguata attenzione ad esso e a tutte le attività, anche di modesta entità, che in esso vengono svolte, rappresenta il punto chiave per risolvere in modo adeguato la protezione dell'ambiente. Il seguente studio considera una Scuola, le problematiche ambientali che comporta l'amministrazione di un Istituto Scolastico, infatti, non sono poche: dalla questione del risparmio energetico a quella dello smaltimento dei rifiuti e raccolta differenziata e della mobilità.

Il metodo scelto per portare avanti l'analisi è quello del LCA (Life Cycle Assessment) che, sorto come supporto per le decisioni in ambito industriale, può rivestire un notevole interesse anche per il settore dei servizi. Questo perché si ritiene necessaria una tecnica quantitativa che permetta di individuare fattori di ingresso (materie prime, uso di risorse, energia, ecc.) e di uscita (consumi energetici, emissioni inquinanti e produzione di rifiuti) per valutare gli impatti ambientali, e perché in tal modo è possibile individuare gli stadi e i momenti in cui si concentrano maggiormente le criticità ambientali, i soggetti che dovranno farsene carico e le informazioni necessarie per realizzare eventuali interventi di miglioramento.

2. L'ANALISI DEL CICLO DI VITA

I primi studi sull'analisi del ciclo di vita, conosciuta a livello internazionale come LCA (Life Cycle Assessment) risalgono agli anni '60 e presero avvio con lo scopo di riuscire a quantificare le emissioni e gli impieghi di risorse necessari per la produzione e lo sviluppo dei prodotti. In seguito viene abbandonata un'ottica mirata e centrata sulla produzione per arrivare, oggi, a proporre questo tipo di tecnica per qualsiasi attività finalizzata alla produzione di un bene, così come all'erogazione di servizi. Fino ad oggi si sono sviluppate diverse metodologie per l'analisi dell'LCA: la standardizzazione di questi metodi è stata compiuta da "SETAC" (Society of Environmental Toxicology and Chemistry, [1993]) e da "ISO" (International Standard Organisation): quest'ultima ha definito ed emanato una norma che offre riferimenti per la corretta applicazione dell'analisi del ciclo di vita (UNI EN ISO 14040, CEN, 1997).

La definizione proposta dalla SETAC per l'LCA è la seguente: "L'LCA è un processo che permette di valutare gli impatti ambientali associati ad un prodotto, processo o attività, attraverso l'identificazione e la quantificazione dei consumi di materia, energia ed emissioni nell'ambiente e l'identificazione e la valutazione delle opportunità per diminuire questi impatti." L'LCA deve fondarsi su un unico principio madre: un prodotto, così come un servizio, va "seguito" e analizzato in ogni fase della sua vita, dalla culla alla tomba (from cradle to grave), poiché ogni azione associata ad una fase può avere riflessi su fasi precedenti o successive.

2.1. Metodologia

L'elaborazione di un LCA, secondo la procedura indicata da SETAC, si articola essenzialmente in quattro fasi :

1. Definizione dell'obiettivo e del campo d'applicazione dello studio (Goal and scope Definition).
2. Analisi dell'inventario (Life Cycle Inventory - LCI), nella quale si compila un inventario d'ingressi (cioè materiali, energia, risorse naturali) ed uscite (emissioni in aria, acqua, suolo) rilevanti del sistema.
3. Valutazione degli impatti ambientali (Life Cycle Impact Assessment - LCIA) potenziali, diretti ed indiretti, associati a questi input ed output.
4. Analisi dei risultati e valutazione dei miglioramenti delle due fasi precedenti (Life Cycle Interpretation) ossia la definizione delle possibili linee d'intervento.

La fase preliminare è quella di definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione e rappresenta uno stadio rilevante nello sviluppo dello studio perché chiarisce la ragione principale per la quale si esegue la LCA (comprendendo anche l'utilizzazione che si farà dei risultati), descrive il sistema oggetto dello studio e i suoi confini, elenca le categorie di dati da sottoporre allo studio e decide il livello di dettaglio che si vuole raggiungere. Fornisce, in sintesi, la pianificazione iniziale per effettuare uno studio di LCA.

Dopo avere definito obiettivo e confini del sistema si passa all'analisi d'inventario in cui sono individuati e quantificati i flussi in ingresso e in uscita dal sistema lungo tutto la sua vita. Il procedimento per condurre l'analisi è di tipo iterativo e si basa sulla raccolta e conoscenza dei dati. I dati raccolti possono essere distinti in tre categorie:

- Dati Primari, provenienti da rilevamenti diretti;
- Dati Secondari, ricavati sia dalla letteratura, come data base di software specifici (BUWAL, CETIOM, CBS, IVAM) e manuali tecnici, sia da altri studi e da calcoli ingegneristici;
- Dati Terziari, provenienti da stime e da operazioni analoghe, da dati relativi a test realizzati in laboratorio, da statistiche ambientali e da valori medi.

Una volta redatto l'inventario si può passare alla valutazione degli impatti mediante un processo tecnico - quantitativo e/o qualitativo per caratterizzare e valutare gli impatti ambientali delle sostanze identificate proprio nella fase di inventario. In questo modo sono valutati gli effetti sulla salute e sull'ambiente indotti dal prodotto o servizio nel corso del suo ciclo di vita.

La struttura concettuale della Valutazione di Impatto fa riferimento alla ISO 14042 che la definisce e standardizza nelle fasi di scelta e definizione della categorie di impatto, caratterizzazione, normalizzazione e valutazione. L'obiettivo è quello di poter esprimere, attraverso un indice ambientale finale, l'impatto ambientale associato al prodotto o servizio nell'arco del suo ciclo di vita.

2.2. Il Metodo degli Ecoindicatori

Il presente studio utilizza il metodo degli Eco-Indicator 99 (applicato mediante l'uso del codice di calcolo SimaPro 5.0), questo aggrega i risultati di un LCA in grandezze o parametri facilmente comprensibili ed utilizzabili, chiamati appunto Eco-indicatori. Lo schema del metodo valuta tre tipi di danno ambientale: la salute umana (Human Health), la qualità dell'ecosistema (Ecosystem Quality) e lo sfruttamento delle risorse (Resources); a queste tre categorie sono associate le rispettive categorie di impatto: HH Carcinogens, HH Respiratory organics, HH Respiratory inorganics, HH Climate change, HH Radiation e HH Ozone layer, misurate in DALY (Disability Adjusted Life Years); EQ Ecotoxicity, EQ Acidification/Eutrophication e EQ Land-use, misurate in PDF*m²y (Potentially Disappeared Fraction); R minerals e R Fossil fuels, misurate in MJ surplus (PRé Consultants B.V., 1999).

Il software SimaPro 5.0, creato dalla Prè (Goedkoop M. et al., 2002) è compatibile con l'ambiente Windows. Esso è un prodotto informatico complesso, che contiene al suo interno diversi database (denominati Prè standard, BUWAL 250 e IVAM), questi comprendono le diverse categorie necessarie alla descrizione di un ciclo di vita; si trovano infatti dettagliatamente classificati e descritti all'interno di ciascuna banca dati: materiali, processi, energia e sistemi di trasporto, metodi di smaltimento e trattamento dei rifiuti.

Il SimaPro 5.0 è un software d'indagine iterativa molto aperto poiché le banche dati di cui dispone possono in qualsiasi momento essere corrette e integrate in maniera flessibile, fornendo la possibilità di creare nuovi processi o materiali o di modificare quelli già esistenti, adattandosi alle necessità del caso studiato.

2.3. Analisi del Ciclo di Vita del Servizio Scolastico

2.3.1. Obiettivo, unità funzionale e confini dello studio

Obiettivo dello studio è l'analisi ambientale del servizio scolastico I.P.S. "Strocchi" di Faenza in un intero anno scolastico, così da verificarne l'impatto sul territorio al fine di una sua eventuale certificazione ambientale. L'anno considerato per l'analisi di fatto è il 2002/2003, sebbene per i consumi relativi ad energia elettrica, gas metano e acqua si sono presi i dati riferiti all'anno 2001/2002 perché già noti e comunque validi come previsione di quelli attuali. L'LCA studia gli aspetti ambientali e gli impatti lungo tutta la vita di un prodotto o servizio (cioè dalla culla alla tomba), e se per un prodotto è più facile prendere in considerazione un lasso di tempo indicativo della sua intera vita, perché si parte dall'estrazione delle materie prime fino alla dismissione del prodotto, per un servizio non è semplice definire un inizio e una fine e quindi si può considerare un arco temporale che comprende anche le attività che sono portate a ripetersi (es. un anno scolastico).

L'unità funzionale è l'intera popolazione scolastica dell'Istituto nell'anno considerato pari a 472 studenti. Definire i confini di questo studio non è stato semplice, si è ragionato nell'ottica di considerare tutte quelle componenti che forniscono un servizio al complesso scolastico: i trasporti per raggiungere l'Istituto, i consumi di energia elettrica, termica e di acqua, i servizi igienici e la pulizia della scuola, e quelli che ne interessano la funzionalità: le attrezzature per i laboratori, la carta consumata, materiali didattici quali gesso o toner per stampanti e fotocopiatrici, il servizio biblioteca. Infine si è tenuto conto anche dell'impatto dell'edificio stesso.

2.3.2. Metodologia per la Valutazione del danno

Il Metodo usato per valutare il danno (o il beneficio ambientale) relativo al servizio scolastico è l'Eco-indicator99 C/W derivato dal metodo Eco-Indicator 99E (relativo alla prospettiva egualitaria) opportunamente modificato per tener conto di alcuni aspetti: l'uso dell'acqua, i costi della scuola e il costo dello studente. La prospettiva egualitaria (Thompson M. et al. 1990) è stata scelta per seguire un criterio precauzionale e una prospettiva del lungo periodo.

2.3.3. L'Inventario

L'inventario (Figura 1) è il risultato della descrizione del ciclo di vita della scuola tenendo conto dei vari processi. In esso vengono prese in considerazione le varie "componenti" che interessano il servizio scolastico oggetto dello studio e che rivestono particolare importanza all'interno dell'istituto. Innanzitutto si sono considerati i trasporti utilizzati per raggiungere il complesso scolastico, seguono: il "peso" dell'edificio stesso e la sua pulizia, i supporti didattici necessari per l'insegnamento (fotocopiatrici, toner per le stampanti, carta e gessi), gli arredi scolastici quali banchi, sedie, lavagne, ecc., il consumo di carta, gli alimenti e le bevande consumate. L' I.P.S. "Strocchi", inoltre, è dotato di svariati laboratori: di informatica, di disegno, per l'audiovisione, ecc.; di conseguenza si è cercato di fornire un LCA, seppur approssimato, delle attrezzature di laboratorio. Allo stesso modo si è fornito un LCA di libri e riviste presenti nella biblioteca scolastica.

Negli LCA sono stati indicati i materiali componenti, i loro pesi e il metodo di lavorazione.

Le informazioni sono state raccolte tramite indagini sul campo (come per i trasporti o gli alimenti) o fornite direttamente dalla scuola stessa. In particolare, per quanto riguarda i laboratori e gli arredi, i dati sono stati reperiti tramite contatti con le ditte costruttrici delle attrezzature e, là dove non si sono avute informazioni precise, si è cercato di dare una valutazione il più precisa possibile basandosi sulle dimensioni e sui pesi specifici di ciascun materiale. I processi che risultano meno precisi sono alcuni delle attrezzature di laboratorio (videoregistratore, macchina fotografica, videoproiettore, ecc.) le cui tecnologie sono state semplificate.

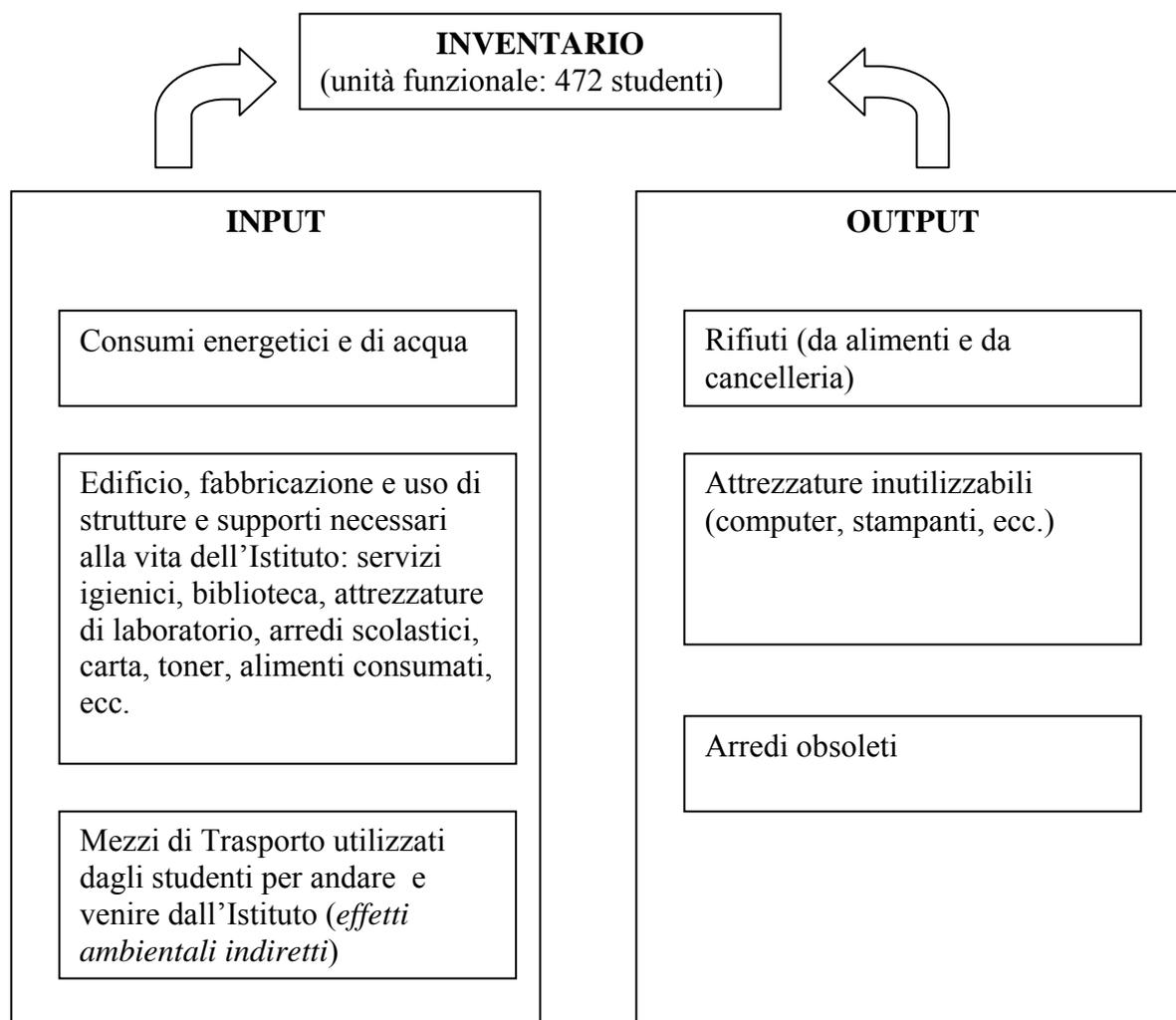


Figura 1. Schema dell'inventario dell'Istituto Scolastico.

Entrando nello specifico dell'inventario è bene chiarire alcune cose: i processi relativi al trasporto degli studenti in autunno e inverno e quello relativo al trasporto degli studenti in primavera, quello relativo al consumo della carta, del toner, dei gessi e degli alimenti, che hanno come unità funzionale un giorno, sono stati richiamati per i 210 giorni dell'anno scolastico. Per i trasporti in particolare viene richiamato il processo relativo alle stagioni Autunno-Inverno per 135 giorni e quello per la stagione primavera per i restanti 75 giorni. Per i processi riguardanti le attrezzature di laboratorio, gli arredi scolastici o la biblioteca sono state fatte ipotesi sulla loro durata, così da poterne prendere la porzione relativa al solo anno considerato. Quindi, ad esempio, se supponiamo che un computer duri 5 anni, prenderemo 1/5 del processo Scuola Computer. Il processo dell'edificio scolastico, invece, è stato concepito con un'unità funzionale pari a 50 anni (ossia 18250 giorni) e quindi se ne considereranno, nel processo generale, 365 giorni.

2.3.4. Il calcolo dell'impatto ambientale

Dall'elaborazione dell'inventario derivano i risultati dell'analisi ambientale. I risultati ottenuti sono riferiti ad un solo studente, nel senso che le emissioni che troviamo sono dovute alla fruizione del servizio scolastico da parte di un solo studente.

2.3.4.1. La caratterizzazione

Il grafico in Figura 2 riassume, in maniera molto dettagliata, i risultati ottenuti.

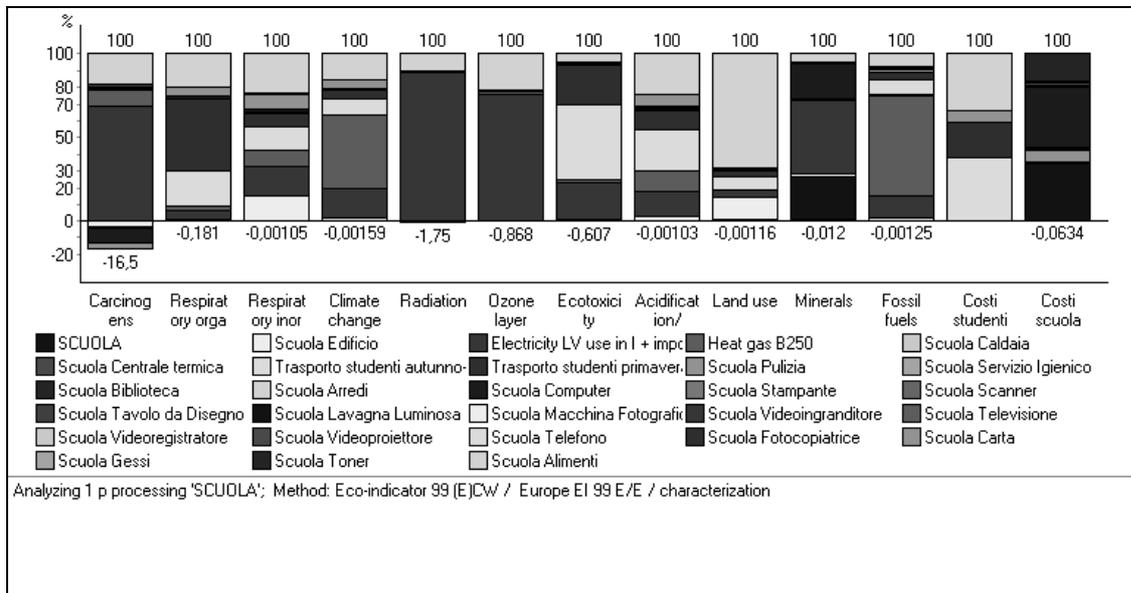


Figura 2. Il diagramma della caratterizzazione del processo Scuola.

Dalla lettura del grafico risulta che:

- nella categoria di danno Human Health (0,000656 DALY) la categoria di impatto maggiormente significativa è la Respiratory Inorganics (0,000467 DALY), il cui contributo più grande è dovuto ai processi relativi ai trasporti e a quello del consumo elettrico, infatti:
 - il Trasporto Studenti Autunno-Inverno ($6,62 \cdot 10^{-5}$ DALY) comporta l'emissione di 0,373 kg di NO_x ,
 - il Trasporto Studenti Primavera ($3,47 \cdot 10^{-5}$ DALY) comporta l'emissione di 0,185 kg di NO_x ,
 - il consumo elettrico (Electricity LV use in I + imports) ($8,43 \cdot 10^{-5}$ DALY) comporta l'emissione di 0,85 kg di SO_x as SO_2 ;
- nella categoria di danno Ecosystem Quality (62,4 $\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$) la categoria di impatto maggiormente significativa è il Land Use (31,2 $\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$), il cui contributo più grande è dovuto ai processi relativi all'edificio scolastico e agli alimenti consumati a scuola, infatti:
 - l' Edificio (4,36 $\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$) comporta l'occupazione di 1,77 m^2 per la conversione in area urbana,
 - il processo relativo alla produzione degli Alimenti consumati a scuola (21,4 $\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$) comporta l'occupazione di 12,2 m^2 necessari all'agricoltura tradizionale;
- nella categoria di danno Resources (894 MJ surplus) la categoria di impatto maggiormente significativa è la Fossil Fuels (850 MJ surplus), il cui contributo maggiore è dovuto ai processi del gas per il riscaldamento e al consumo elettrico, infatti:
 - il processo Heat Gas (507 MJ surplus) comporta il consumo di 159 m^3 di natural gas,
 - il processo Electricity LV use + import (115 MJ surplus) comporta il consumo di 22,3 kg di crude oil.

Per quanto riguarda i costi economici risulta che il costo a carico della scuola (per un singolo studente) è di 367 €, di cui il 36,36% per l'acquisto dei PC e il 34,06% per le spese di gestione (luce, gas metano, acqua e tassa rifiuti) e il costo dovuto al singolo studente è di 670 €, di cui il 58,66% per il trasporto da casa a scuola e viceversa e scuola casa.

2.3.4.2. La valutazione

Nel grafico della valutazione (Figura 3) si potranno apprezzare i valori degli indicatori e confrontare, nella loro gravità, anche danni di natura differente. La fase di valutazione assegna un punteggio alle differenti categorie in base alla scala di valori prescelta.

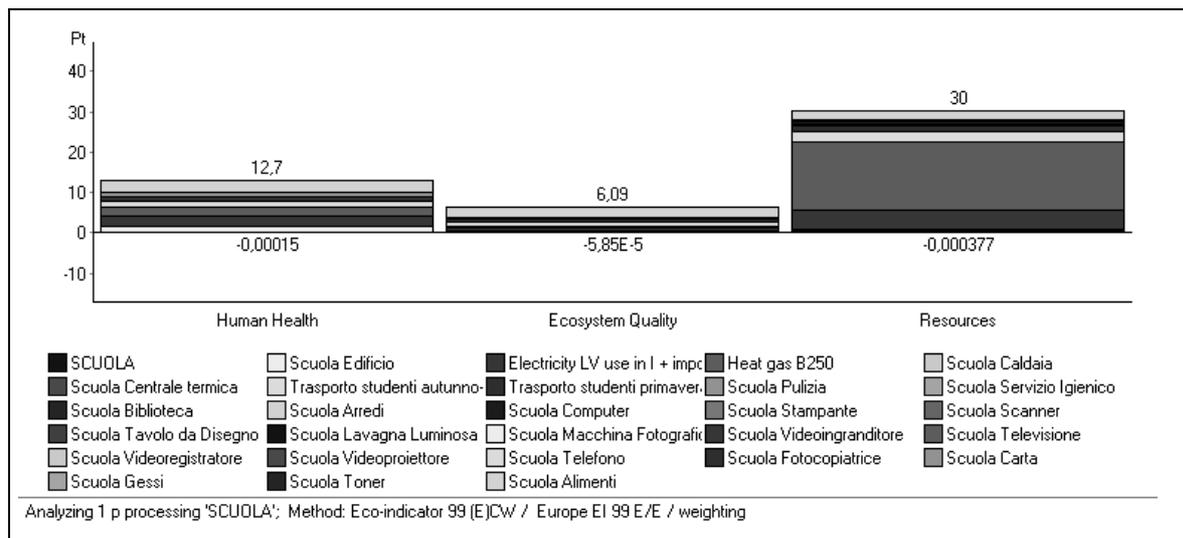


Figura 3. Il diagramma della valutazione del processo Scuola.

Il peso totale assegnato alla Servizio Scolastico è di 48,8 Pt, ripartiti nel seguente modo:

- alla categoria Human Health corrispondono 12,7 Pt, di cui 9,6 dovuti alla categoria di impatto Respiratory Inorganics;
- alla categoria Ecosystem Quality corrispondono 6,09 Pt, di cui 3,04 dovuti alla categoria di impatto Land use.
- alla categoria Resources corrispondono 30 Pt, di cui 28,6 dovuti alla categoria di impatto Fossil Fuels.

Per comprendere meglio il significato dell'indicatore Pt della valutazione sono state calcolate le quantità di alcuni materiali ed energie che producono il medesimo danno di uno studente fruitore del servizio scolastico, pari quindi a 48,8 Pt. Risulta che il danno dovuto al servizio scolastico per un singolo studente è pari a quello dovuto alla produzione di 526,99 kg di acciaio, alla produzione di 2637,83 kg di materiale ceramico o di 35,62 kg di tessuto di cotone; è pari anche al consumo di 1077,26 kWh di energia elettrica utilizzata sul territorio (equivalente al consumo di un frigorifero da 250 l (1 kWh al giorno in 1077,26 giorni) o ad un percorso di 3954,54 km con auto a benzina.

2.4. Le analisi di sensibilità: proposte di miglioramento

Con l'Analisi del Ciclo di vita del Servizio Scolastico è stata presentata la situazione attuale dell'Istituto, tale situazione può essere sottoposta a dei miglioramenti attraverso modifiche che riguardino la gestione dello stesso o mediante una sensibilizzazione verso comportamenti "più corretti" da un punto di vista ambientale.

Con l'analisi di sensibilità (sempre mediante la metodologia LCA) si dimostra come alcune modifiche comportino il miglioramento del servizio scolastico dal punto di vista ambientale.

Gli interventi proposti sono:

- predilezione del riciclo rispetto alla messa in discarica, nel caso particolare di rifiuti tecnologici e arredi scolastici;
- raccolta differenziata dei rifiuti;
- rigenerazione dei toner;
- impiego di carta riciclata;
- dotazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica nella scuola;
- maggiore impiego del mezzo pubblico rispetto al mezzo privato per raggiungere l'istituto.

I risultati ottenuti da ciascun intervento sono sintetizzati nella Tabella 1:

Tabella 1- Schema degli interventi di miglioramento rispetto allo stato attuale

FINE VITA DI RIFIUTI TECNOLOGICI (ex. Fotocopiatrice)	
Discarica	Riciclo componenti
<i>Human Health:</i> 0,000622 DALY <i>Ecosystem Quality:</i> 378 PDF*m ² y <i>Resources:</i> 1080 MJsurplus	<i>Human Health:</i> 0,000147 DALY <i>Ecosystem Quality:</i> 213 PDF*m ² y <i>Resources:</i> 726 MJsurplus Il danno si riduce di 0,00205 DALY, di 165 PDF*m ² y e di 354 MJsurplus
FINE VITA DI ARREDI SCOLASTICI (ex. Banco Scolastico)	
Inceneritore	Riciclo
<i>Human Health:</i> 1,28E-5 DALY <i>Ecosystem Quality:</i> 3,63 PDF*m ² y <i>Resources:</i> 37,7 MJsurplus	<i>Human Health:</i> 9,92E-6 DALY <i>Ecosystem Quality:</i> 0,437 PDF*m ² y <i>Resources:</i> 34 Mjsurplus Il danno si riduce di 3,18E-6 DALY, di 3,193 PDF*m ² y e di 3,3 MJsurplus
RIFIUTI (da alimenti)	
Raccolta Indifferenziata	Raccolta Differenziata
<i>Human Health:</i> 1,21E-6 DALY <i>Ecosystem Quality:</i> 0,582 PDF*m ² y <i>Resources:</i> 1,04 MJsurplus	<i>Human Health:</i> 5,03E-7 DALY <i>Ecosystem Quality:</i> 0,283 PDF*m ² y <i>Resources:</i> 0,439 Mjsurplus Il danno si riduce di 1,597E-6 DALY, di 0,3 PDF*m ² y e di 0,601 MJsurplus
TONER	
Monouso	Rigenerazione (fino a sei volte)
	<i>Human Health:</i> 2E-6 DALY <i>Ecosystem Quality:</i> 0,106 PDF*m ² y <i>Resources:</i> 3,06 Mjsurplus Il danno si riduce di 0,32E-6 DALY, di 0,041 PDF*m ² y e di 0,6 MJsurplus

CARTA	
Carta Bianca	Carta Riciclata
<i>Human Health</i> : 1,39E-9 DALY <i>Ecosystem Quality</i> : 2,73E-5 PDF*m ² y <i>Resources</i> : 0,000264 MJsurplus	<i>Human Health</i> : 5,1E-10 DALY <i>Ecosystem Quality</i> : 1,13E-5 PDF*m ² y <i>Resources</i> : 6,78E-5 Mjsurplus Il danno si riduce di 8,8E-10 DALY, di 1,6E-5 PDF*m ² y e di 0,000264 MJsurplus
ENERGIA ELETTRICA	
Impianto elettrico	Impianto Fotovoltaico
<i>Human Health</i> : 0,0598 DALY <i>Ecosystem Quality</i> : 3,26E3 PDF*m ² y <i>Resources</i> : 6,24E4 MJsurplus	<i>Human Health</i> : 0,314 DALY <i>Ecosystem Quality</i> : 2,48E3 PDF*m ² y <i>Resources</i> : 3,58E4 Mjsurplus Il danno si riduce di 0,0314 DALY, di 0,78E3 PDF*m ² y e di 2,68E4 MJsurplus
TRASPORTI (ex. Primavera)	
Situazione reale	Ipotesi di un maggior impiego del mezzo pubblico (supponendo che il 50% degli utilizzatori del mezzo privato si spostino sul mezzo pubblico)
<i>Human Health</i> : 3,29E-9 DALY <i>Ecosystem Quality</i> : 0,000463 PDF*m ² y <i>Resources</i> : 0,00293 MJsurplus	<i>Human Health</i> : 2,99E-9 DALY <i>Ecosystem Quality</i> : 0,000434 PDF*m ² y <i>Resources</i> : 0,0021 Mjsurplus Il danno si riduce di 0,3 DALY, di 0,000029 PDF*m ² y e di 0,00083 MJsurplus

Applicando gli interventi proposti all'intero servizio scolastico e confrontando il servizio studiato con quello migliorato si può dimostrare quanto l'impatto si riduca (Figura 4).

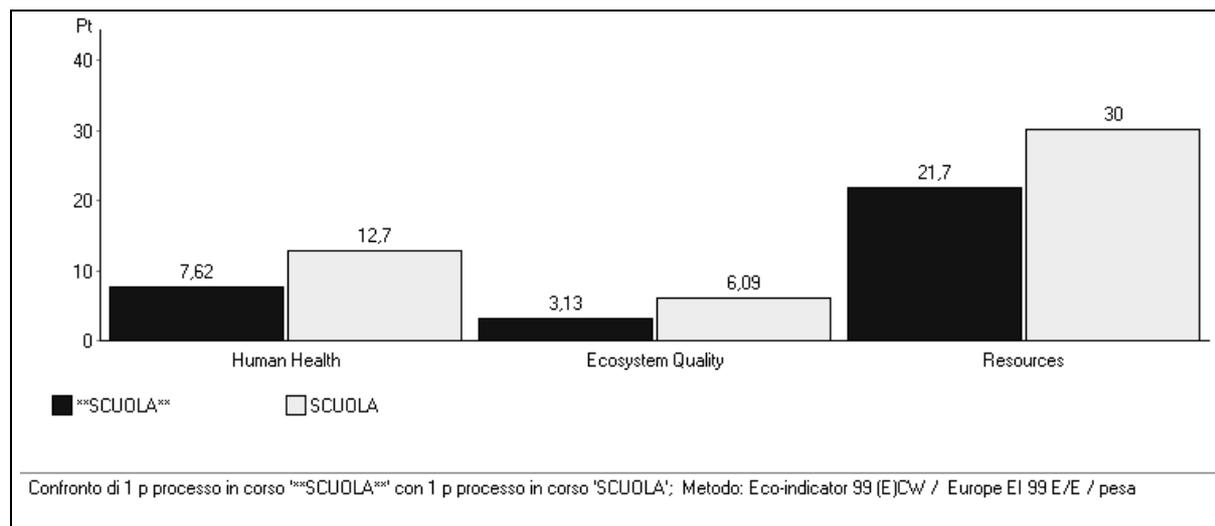


Figura 4. Diagramma della valutazione del confronto.

Il punteggio relativo al danno passa da 48,8 Pt dell'attuale servizio scolastico a 32,4 Pt dello stesso servizio, ma migliorato. In termini di caratterizzazione i danni relativi alle singole

categorie si riducono di: 0,000262 DALY per la Human Health, di 30,3 PDF*m2y per l'Ecosystem Quality e di 248 MJ surplus per le Resources.

4. CONCLUSIONI

Grazie all'analisi di LCA emerge che le problematiche più rilevanti per il servizio scolastico sono: i flussi di traffico verso la scuola, i consumi energetici e la produzione di una grande quantità di rifiuti (dovuti, a breve termine, alla vita quotidiana degli studenti e, a lungo termine, alle attrezzature che, dopo aver funzionato per un certo periodo, diventano inutilizzabili). È ovvio, del resto, che là dove si concentra un elevato numero di persone, i flussi di materie ed energie diventano maggiori; sarà opportuno, quindi, tentare di regolare questi flussi in modo da diminuire la produzione di rifiuti e gestire in maniera appropriata quelli che per la natura stessa del servizio vengono prodotti. L'analisi ambientale elaborata con il Codice SimaPro 5 permette di fare ipotesi di miglioramento e valutarne i risultati. Con tale analisi risulterà immediato operare un monitoraggio delle prestazioni ambientali del servizio ed effettuare controlli ed azioni correttive, fondamentali anche per ottimizzare la gestione ambientale del sistema.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1997, Environmental management, Life Cycle Assessment – Principles and framework, UNI EN ISO 14040.
- AA.VV., 1998, Environmental management, Life Cycle Assessment – Goal and scope definition and inventory analysis, UNI EN ISO 14040.
- AA.VV., 2000, Environmental management, Life Cycle Assessment – Life cycle interpretation, UNI EN ISO 14043.
- AA.VV., 2000, Environmental management, Life Cycle Assessment – Life cycle impact assessment, UNI EN ISO 14042.
- Goedkoop M., Oele M., 2002, User manual, Introduction into LCA methodology and practice with Simapro 5, Report version, Prè Consultants.
- The Eco-indicator 99, 1999, Methodology Report, PRé Consultants B.V.
- Thompson M., Ellis R., Widavsky, Westview (1990) Cultural Theory, Print Boulder.