

# STUDIO LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) DEL CONFRONTO TRA UNA CARTUCCIA ORIGINALE HP 4000 E UNA CARTUCCIA CALLIGRAPHY RIGENERATA DA Sapi srl

TIPO DOCUMENTO:	Rapporto Tecnico LCA
SIGLA/IDENTIFICATIVO:	RT_10
REVISIONE:	01
DATA EMISSIONE:	18 Marzo 2008
COMMITTENTE:	<b>Sapi</b> Sapi Srl, Via I° Maggio 26, San Vittore Olona (Mi)
AUTORI:	 <p>UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA, <i>Dipartimento Scienze e Metodi dell'Ingegneria</i>, Via Amendola, 2 - Padiglione Morselli, 42100 Reggio Emilia</p>  <p>LCA-lab SRL -laboratorio di ricerca e consulenza ambientale- Spin off  Via Martiri di Montesole, 4 -40129 Bologna, Sede legale: Via Cartoleria, 20 -40124 Bologna</p>
RIFERIMENTI:	<p>Università di Modena e Reggio Emilia: Prof.ssa Annamaria Ferrari (annamaria.ferrari@unimore.it)  LCA-lab srl: Ing.Paolo Neri (paolo.neri@bologna.enea.it)  Ing.Francesca Falconi (francesca.falconi@bologna.enea.it)  Dott.ssa Germana Olivieri (germana.olivieri@bologna.enea.it)</p>

## Indice

<b>1</b>	<b>CENNI SUI METODI E GLI STRUMENTI DI ANALISI.....</b>	<b>4</b>
1.1	Il Life Cycle Assessment .....	4
1.2	I Metodi di valutazione .....	7
1.3	Il Software di calcolo .....	11
<b>2</b>	<b>STUDIO LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) DEL CONFRONTO TRA UNA CARTUCCIA ORIGINALE HP 4000 E UNA CARTUCCIA CALLIGRAPHY RIGENERATA DA SAPI SRL.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Definizione degli obiettivi e dei confini dello studio.....</b>	<b>12</b>
2.1.1	Obiettivo dello studio .....	12
2.1.2	Campo di applicazione .....	12
2.1.2.1	<i>Le funzioni del sistema.....</i>	12
2.1.2.2	<i>L'Unità funzionale.....</i>	12
2.1.2.3	<i>Il sistema che deve essere studiato.....</i>	12
2.1.2.4	<i>I confini del sistema.....</i>	12
2.1.2.5	<i>Qualità dei dati.....</i>	13
2.1.2.6	<i>Metodologia di valutazione dell'impatto ambientale.....</i>	13
<b>2.2</b>	<b>Inventario .....</b>	<b>17</b>
2.2.1	Dati forniti da Sapi.....	19
2.2.1.1	<i>Trasporto delle cartucce esauste.....</i>	19
2.2.1.2	<i>I componenti sostituiti .....</i>	20
2.2.1.2.1	<i>I processi di produzione dei materiali sostituiti da Sapi.....</i>	20
2.2.1.3	<i>Le potenze dei macchinari.....</i>	22
2.2.1.4	<i>I tempi per le operazioni di recupero della cartuccia .....</i>	23
2.2.1.4.1	<i>Il processo dell'energia impiegata da Sapi per il recupero della cartuccia.....</i>	24
2.2.1.5	<i>Destinazione dei rifiuti.....</i>	25
2.2.1.5.1	<i>Il fine vita dei materiali trattati da Sapi.....</i>	26
2.2.1.5.1.1	<i>Fine vita dei componenti della cartuccia sostituiti.....</i>	26
2.2.1.5.1.2	<i>Fine vita dei componenti della cartuccia rigenerata. ....</i>	26
2.2.1.5.1.3	<i>Fine vita della cartuccia che viene usata per la sostituzione di lama e PCR nella percentuale del 5% (esclusa lama, PCR).....</i>	27
2.2.1.5.1.4	<i>Fine vita dell'imballaggio della cartuccia rigenerata.....</i>	28
2.2.1.6	<i>Note Sapi .....</i>	28
2.2.1.7	<i>Il processo del ciclo di vita della cartuccia rigenerata Sapi .....</i>	29

2.2.2	I dati di HP .....	30
2.2.2.1	<i>LCA-specific data, toner cartridge C4127X</i> .....	30
2.2.2.1.1	<i>Functional unit – FU</i> .....	30
2.2.2.1.2	<i>System boundaries</i> .....	30
2.2.2.1.2.1	<i>Natural systems</i> .....	30
2.2.2.1.2.2	<i>Time</i> .....	30
2.2.2.1.2.3	<i>Geographical boundaries</i> .....	31
2.2.2.1.2.4	<i>Technical system</i> .....	31
2.2.2.1.2.5	<i>Environmental Impact Assessment</i> .....	31
2.2.2.1.3	<i>Characterisation and weighting</i> .....	31
2.2.2.2	<i>Flowchart</i> .....	32
2.2.2.3	<i>Materials</i> .....	33
2.2.2.4	<i>Component manufacturing</i> .....	33
2.2.2.5	<i>Assemblage/packing</i> .....	33
2.2.2.6	<i>Transports</i> .....	33
2.2.2.6.1	<i>I processi di produzione della seconda cartuccia, di trasporto dalla manifattura all'assemblaggio, di trasporto dall'assemblaggio al consumatore</i> .....	35
2.2.2.6.2	<i>Fine vita dei componenti delle due cartucce HP</i> .....	36
2.2.2.7	<i>Il processo del ciclo di vita della cartuccia HP</i> .....	38
<b>2.3</b>	<b>VALUTAZIONE DEL DANNO DELLA CARTUCCIA ORIGINALE E RIGENERATA MEDIANTE DIVERSI METODI DI VALUTAZIONE</b> .....	<b>39</b>
2.3.1	La valutazione secondo Eco-indicator99 modificato .....	39
2.3.2	La valutazione secondo IMPACT 2002+ modificato.....	44
2.3.3	La valutazione secondo EPS 2000 modificato .....	51
2.3.4	La valutazione secondo EDIP 97 modificato .....	56
<b>2.4</b>	<b>Conclusioni</b> .....	<b>62</b>
<b>3</b>	<b>ANALISI DI SENSIBILITÀ</b> .....	<b>63</b>
<b>3.1</b>	<b>Il confronto tra l'energia elettrica asiatica e quella italiana</b> .....	<b>63</b>
<b>3.2</b>	<b>Confronto tra LCA HP con Energia elettrica europea e LCA Sapi con Energia elettrica italiana</b> .....	<b>63</b>
<b>3.3</b>	<b>I metodi di valutazione standard</b> .....	<b>65</b>
<b>3.4</b>	<b>Il fine vita con prodotto evitato solo per HP</b> .....	<b>68</b>
<b>3.5</b>	<b>Conclusioni</b> .....	<b>72</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>73</b>

# 1 CENNI SUI METODI E GLI STRUMENTI DI ANALISI

## 1.1 Il Life Cycle Assessment

Il Life Cycle Assessment (LCA) è un *procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale* [SETAC, 1991].

Il Life Cycle Assessment è applicato seguendo le norme UNI EN ISO 14040:2006 [1] e UNI EN ISO 14044:2006 che ne definiscono le fasi dell'analisi [2]:

- 1) Goal Definition and Scoping
- 2) Life Cycle Inventory Analysis - LCI -
- 3) Life Cycle Impact Assessment - LCIA -
- 4) Life Cycle Interpretation and Improvement .

### 1) Definizione degli obiettivi e dei confini del sistema

Vengono definite le finalità dello studio, il campo di applicazione, le unità funzionali, i confini del sistema, il fabbisogno di dati, le assunzioni e i limiti. Nella fase di definizione dello studio, perché sia caratterizzata da rapidità e adeguatezza, vengono valutati progressivamente:

- gli obiettivi del LCA (definizione del problema da analizzare, ossia se si vogliono confrontare due prodotti o migliorarne alcuni già esistenti o progettarne di nuovi);
- il livello di dettaglio (grado di accuratezza dell'analisi);
- l'oggetto dello studio (specificare il tipo di prodotto, la quantità, quali sono i limiti temporali per la produzione, quali sono le funzioni rilevanti. In alcuni casi si dovranno prendere in considerazione i materiali degli imballaggi ed i comportamenti del consumatore).

### 2) Analisi di Inventario -LCI-

Consiste nell'individuazione e quantificazione dei flussi in ingresso e in uscita dal sistema oggetto di analisi lungo tutta la sua vita. Verranno, quindi, identificati e quantificati i consumi di risorse (materie prime, acqua, prodotti riciclati), di energia (termica ed elettrica) e le emissioni in aria, acqua e suolo, arrivando così a strutturare un vero e proprio bilancio ambientale.

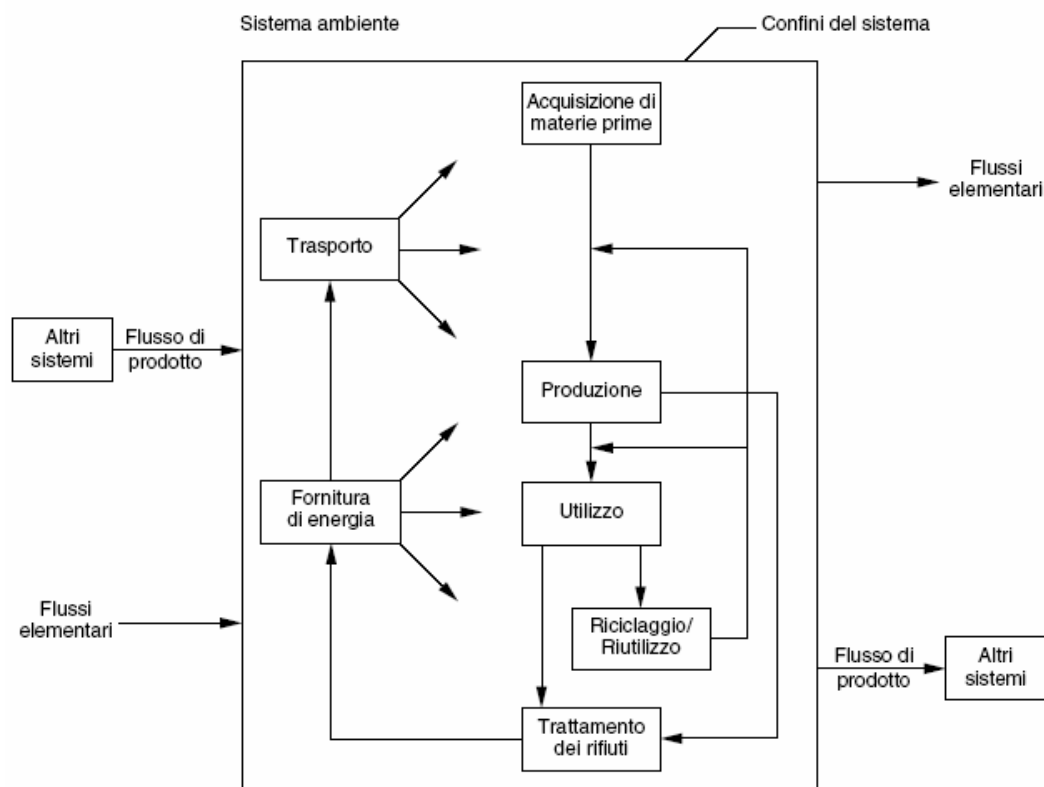
Questa fase è costituita da quattro parti fondamentali:

1. Lo **schema del diagramma di flusso (Process flow-chart)**; rappresentazione grafica e qualitativa di tutte le fasi rilevanti dei processi coinvolti nel ciclo di vita del sistema analizzato. È composto da sequenze di processi (boxes) collegati da flussi di materiali (frecce). La sua caratteristica fondamentale è quella di dividere un sistema in vari sottosistemi ed esplicitare azioni di interconnessione; la produzione principale, la produzione secondaria o co-prodotto, la produzione di materiali ausiliari, la produzione di energia e la possibilità di recuperarla sottoforma di calore o di elettricità, il consumo di energia dovuto ai vari processi, i mezzi di

trasporto utilizzati per il trasporto del prodotto e del co-prodotto, il trattamento dei rifiuti. Il flow-chart permette, inoltre, di visualizzare e poi raccogliere i dati di input e di output per ogni fase del processo (fig.1).

2. La **raccolta dei dati** (Data collection).
3. La **definizione delle condizioni al contorno** (System boundaries); definizione dei punti di confine tra il sistema studiato e l'ambiente.
4. L'**elaborazione dei dati** (Processing data).

**Fig. 1 - "Sistema di prodotti" per la LCI**



### 3) Analisi degli impatti -LCIA-

La fase di LCIA è lo studio dell'impatto ambientale provocato da un processo produttivo o da una attività, effettuato mediante l'ausilio di alcuni indicatori aggregati di uso internazionale che consentono di quantificare gli impatti e confrontare le eventuali alternative di processo o di prodotto e di software di calcolo. In questa fase si passa dal dato numerico calcolato nella fase precedente al giudizio di pericolosità.

L'Analisi degli Impatti è suddivisa in quattro fasi:

1. classificazione (fase qualitativa, nella quale i dati dell'inventario vengono suddivisi in gruppi di temi o categorie di impatti ambientali, queste sono riconducibili a tre grandi aree di protezione generale: esaurimento delle risorse, salute umana, conservazione dell'ambiente);

2. caratterizzazione, in cui si quantificano e aggregano gli impatti per individuare il danno relativo alla sostanza emessa o alla risorsa usata;
3. la normalizzazione, che divide i valori ottenuti nella fase precedente per il danno subito in 1 anno dal cittadino medio europeo (o dalla popolazione mondiale) nella stessa categoria, allo scopo di rendere confrontabili le categorie che hanno diverse unità di misura;
4. la valutazione, che attribuisce un valore in termini d'importanza a ciascun impatto e che può essere effettuata seguendo diverse prospettive culturali.

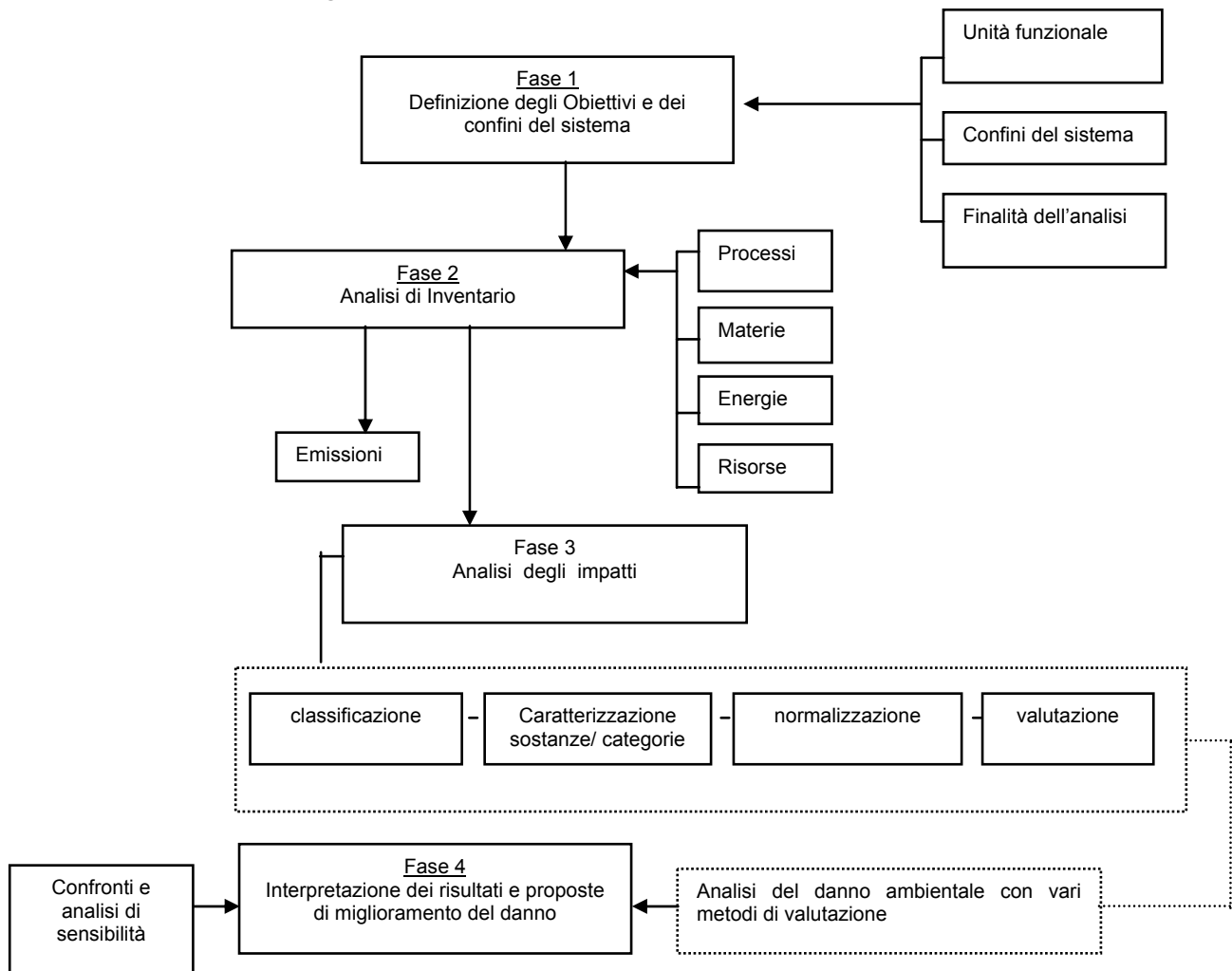
Le prime due fasi sono obbligatorie, mentre le altre sono facoltative. Il regolamento EPD limita l'analisi alla fase di caratterizzazione.

#### 4) Interpretazione dei risultati e valutazione dei miglioramenti

E' la fase finalizzata ad interpretare i risultati dell'analisi identificando le criticità ambientali e mettendo in evidenza le potenzialità di miglioramento sia tecniche che gestionali del ciclo di vita del prodotto oggetto di studio. Generalmente possono essere in questa fase effettuate delle analisi di sensibilità per valutare e confrontare, ad esempio, scenari alternativi.

La figura 2 schematizza le fasi del LCA secondo le norme UNI EN ISO 14040:2006 e UNI EN ISO 14044:2006.

Fig. 2- Schema delle fasi di un LCA secondo la serie ISO 14040



## 1.2 I Metodi di valutazione

### Il Metodo Eco-Indicator 99

L'Eco-indicator è una metodologia sviluppata dalla Pré (Product Ecology Consultants) [3] per conto del Ministero dell'Ambiente olandese: essa costituisce un potente strumento per i progettisti utile ad aggregare i risultati di un LCA in grandezze o parametri facilmente comprensibili ed utilizzabili, chiamati appunto Eco-indicatori. Lo schema principale del metodo valuta tre tipi di danno ambientale:

- **Human Health** (Salute Umana), misurata in DALY, il quale esprime il numero di Disability-Adjusted Life Years, ossia gli anni di vita persi, e misura quindi il peso di una infermità dovuta ad una invalidità o a una morte prematura attribuibili a ciascuna malattia;
- **Ecosystem Quality** (Qualità dell'Ecosistema), misurata in PDF\*m<sup>2</sup>y, il quale esprime la Potentially Disappeared Fraction e può essere interpretato come la frazione percentuale di specie che hanno una alta probabilità di non sopravvivere nell'area considerata, a causa di sfavorevoli condizioni di vita;
- **Resources** (Sfruttamento delle Risorse), misurata in MJsurplus, il quale esprime i MJ in più necessari all'estrazione delle risorse quando la richiesta di queste sarà di 5 volte superiore a quella che è stata nel 1990.

Ciascuna categoria di danno è suddivisa, a sua volta, nelle categorie di impatto riportate nella tabella sottostante (Tab.1).

Tab. 1 – Categorie di impatto in Eco-Indicator 99.

Categorie di danno	Categorie di impatto
Human Health	Carcinogens
	Respiratory organics
	Respiratory inorganics
	Climate change
	Radiation
	Ozone layer
Ecosystem Quality	Ecotoxicity
	Acidification/Eutrophication
	Land use
Resources	Minerals
	Fossil fuels

Quando si applica l'Eco-indicator 99 al ciclo di vita di un prodotto, processo, servizio o attività bisogna tenere conto che tutte le emissioni e tutte le forme di sfruttamento del territorio sono valutate con riferimento all'Europa, con le seguenti eccezioni e restrizioni: il danno della riduzione dello strato di ozono e l'effetto serra sono valutati su scala globale; il danno dovuto ad alcune sostanze radioattive è valutato su scala globale; il danno dovuto all'esaurimento delle risorse è

valutato su scala globale; il danno dovuto ad alcune persistenti sostanze cancerogene è definito considerando anche le regioni geografiche contigue all'Europa.

## **Il Metodo EPS 2000**

Il metodo EPS 2000 [4] contiene quattro categorie di danno:

- **Human Health** (Qualità dell'Ecosistema) misurata in PersonYr e cioè anni di vita persi;
- **Ecosystem Production Capacity** (Capacità di Produzione dell'Ecosistema) misurata;
- **Abiotic Stock Resource** (Riserva di Risorse Abiotiche);
- **Biodiversity** (Biodiversità).

In ogni categoria di danno sono comprese una o più categorie d'impatto (impact category), ciascuna univocamente determinata da una propria unità di misura e riportate nella tabella che segue (Tab.2).

**Tab. 2 – Categorie di impatto in EPS 2000.**

<b>Categorie di danno</b>	<b>Categorie di impatto</b>
Human Health	Life Expetancy
	Severe morbidity and suffering
	Morbidity
	Severe Nuisance
	Nuisance
Ecosystem Production Capacity	Crop Growth Capacity
	Wood Growth Capacity
	Fish and Meat Production
	Soil Acidification
	Prod. Cap. Irrigation water
	Prod. Cap. Drinking water
	Abiotick Stock Resources
Biodiversity	Species Extinction

## **Il Metodo EDIP 96**

Il metodo EDIP contiene quattro fasi: definizione dell'obiettivo; definizione del campo si applicazione; inventario; valutazione dell'impatto.

Il metodo Edip comprende le seguenti generali categorie di danno:

- impatto ambientale;
- consumo delle risorse;
- impatto nell'ambiente di lavoro.



Queste tre categorie hanno tra loro la stessa importanza. Gli impatti interni a queste categorie principali sono ulteriormente divisi a seconda della loro estensione geografica in: impatto globale, impatto regionale e impatto locale. Questa suddivisione è significativa per la parte finale della valutazione, dove i contributi alle varie categorie di impatto sono normalizzati e pesati, perché il carattere e il modo dell'azione differiscono per differenti estensioni geografiche. Il consumo delle risorse non rinnovabili è un impatto globale.

L'EDIP 96 ha solo categorie di impatto:

- **Global Warming** (GWP 100, riscaldamento globale), misurato in g di CO<sub>2</sub>;
- **Ozone Depletion** (assottigliamento dell'ozono), misurato in g di CFC<sub>11</sub>;
- **Acidification** (acidificazione), misurata in g di SO<sub>2</sub>;
- **Eutrophication** (eutrofizzazione), misurata in g di NO<sub>3</sub>;
- **Photochemical smog** (smog fotochimico), misurato in g di ethene;
- **Ecotoxicity water chronic** (ecotossicità cronica dell'acqua), misurata in g/m<sup>3</sup>;
- **Ecotoxicity water acute** (ecotossicità acuta dell'acqua), misurata in g/m<sup>3</sup>;
- **Ecotoxicity water soil** (ecotossicità cronica del suolo), misurata in g/m<sup>3</sup>;
- **Human toxicity air** (tossicità dell'aria), misurata in g/m<sup>3</sup>;
- **Human toxicity water** (tossicità dell'acqua), misurata in g/m<sup>3</sup>;
- **Human toxicity soil** (tossicità del suolo), misurata in g/m<sup>3</sup>;
- **Bulk waste** (massa di rifiuti), misurata in kg;
- **Hazardous waste** (rifiuti pericolosi), misurata in kg;
- **Radioactive waste** (rifiuti radioattivi), misurata in kg;
- **Slags/ashes** (scorie e ceneri), misurata in kg;
- **Resources** (risorse), misurata in kg.

### **La Metodologia Impact 2002+**

La metodologia Impact 2002+ è un metodo implementato dallo Swiss Federal Institute of Technology di Losanna [5]. Tale metodo di valutazione ambientale offre una soluzione intermedia tra gli approcci delle precedenti metodologie midpoint-oriented (basate sulle categorie di impatto, come CML ed EDIP 1996) e damage-oriented (orientate alla valutazione per categorie di danno, come EPS ed Eco-Indicator99), connettendo i risultati desunti dagli inventari LCI a 14 "midpoint categories" a loro volta riconducibili a 4 "damage categories".

Le categorie di danno utilizzate da IMPACT 2002+ sono:

- **Human Health**, misurata in DALY e derivata dalle 5 midpoint categories Human toxicity, Respiratory (inorganics), Ionizing radiations, Ozone layer depletion, Photochemical oxidation (corrispondente alla voce Respiratory (organics) for human health);
- **Ecosystem Quality**, misurata in PDF\*m<sup>2</sup>\*yr, derivata dalle midpoint categories Acquatic ecotoxicity, Terrestrial ecotoxicity, Terrestrial acidification / nitrification, Acquatic acidification, Acquatic eutrophication e Land occupation, alle quali potrebbero essere aggiunto l'apporto delle

midpoint categories già incontrate in Human Health, Photochemical oxidation e Ozone layer depletion. Ma quest'ultimo collegamento non è stato ancora determinato quantitativamente. Si noti come l'architettura di Impact 2002+, diversamente da quella di EcoIndicator, preveda la possibilità di allocare gli apporti delle diverse midpoint categories all'interno di più categorie di danno: nel caso dell'ossidazione fotochimica è per l'appunto in fase di elaborazione una metodologia, già individuata per stimare il danno sulla salute umana, in grado di legare tale impatto anche all'integrità degli ecosistemi naturali;

- **Climate Change**, misurata in kg di CO<sub>2</sub> equivalente in aria, derivata dall'unica categoria di impatto Global warming;
- **Resources**, in MJ, costruita a partire dalle midpoint categories Non renewable energy e Mineral extraction.

In aggiunta a questa correlazione tra mid-point e damage sono state anche affrontate alcune richieste scientifiche sorte specialmente nelle aree degli impatti relativi alla tossicità umana e alla ecotossicità, come i seguenti: la stima dei rischi tossicologici cronici cumulativi e di potenziali impatti in applicazioni comparative come possono essere quelle dell'LCA; la considerazione del carattere intermittente della pioggia e della differenza tra emissioni indoor e outdoor; la determinazione degli effetti di emissioni da prodotti chimici tenendo conto delle esposizioni ad esse basate sulla loro produzione piuttosto che sulla loro quantità esistente in un determinato luogo.

#### **Le categorie di impatto in IMPACT 2002 +**

I fattori di caratterizzazione per le diverse categorie di impatto sono basati su un principio di equivalenza, cioè i punteggi assegnati alle diverse sostanze sono espressi in kg-equivalenti di una sostanza di riferimento. In Tab.4 sono riportate le categorie di impatto (midpoint), le sostanze di riferimento, le categorie di danno (endpoint), le unità di misura delle categorie di danno. Obiettivo principale comune a tutte le categorie di impatto è la determinazione degli effetti a lungo termine ottenuta mediante l'uso di un orizzonte temporale (time horizon) infinito (qualche volta approssimato da un time horizon di 500 anni).

**Tab. 3 - Metodo Impact 2002+: sostanze di riferimento utilizzate nella caratterizzazione delle categorie midpoint.**

<b>Categoria di danno</b>	<b>Categoria di impatto</b>	<b>Sostanza di riferimento</b>
Human Health (in DALY)	Human toxicity	Kgeq chloroethylene (in aria)
	Respiratory (inorganics)	Kgeq PM 2.5 (in aria)
	Ionizing radiations	bgeq carbon-14 (in aria)
	Ozone layer depletion	Kgeq CFC-11 (in aria)
	Photochemical oxidation	Kgeq ethylene (in aria)
Ecosystem Quality (in PDF*m2*yr)	Acquatic ecotoxicity	Kgeq triethylene (in acqua)
	Terrestrial ecotoxicity	Kgeq triethylene (in acqua)
	Terrestrial acidification/nutrification	Kgeq SO <sub>2</sub> (in aria)
	Acquatic acidification	Kgeq SO <sub>2</sub> (in aria)
	Acquatic eutrophication	Kgeq PO <sub>4</sub> (in acqua)
	Land occupation	mgeq organic arable land*yr
Climate Change (in kgeq CO <sub>2</sub> )	Global warming	Kgeq CO <sub>2</sub> (in aria)

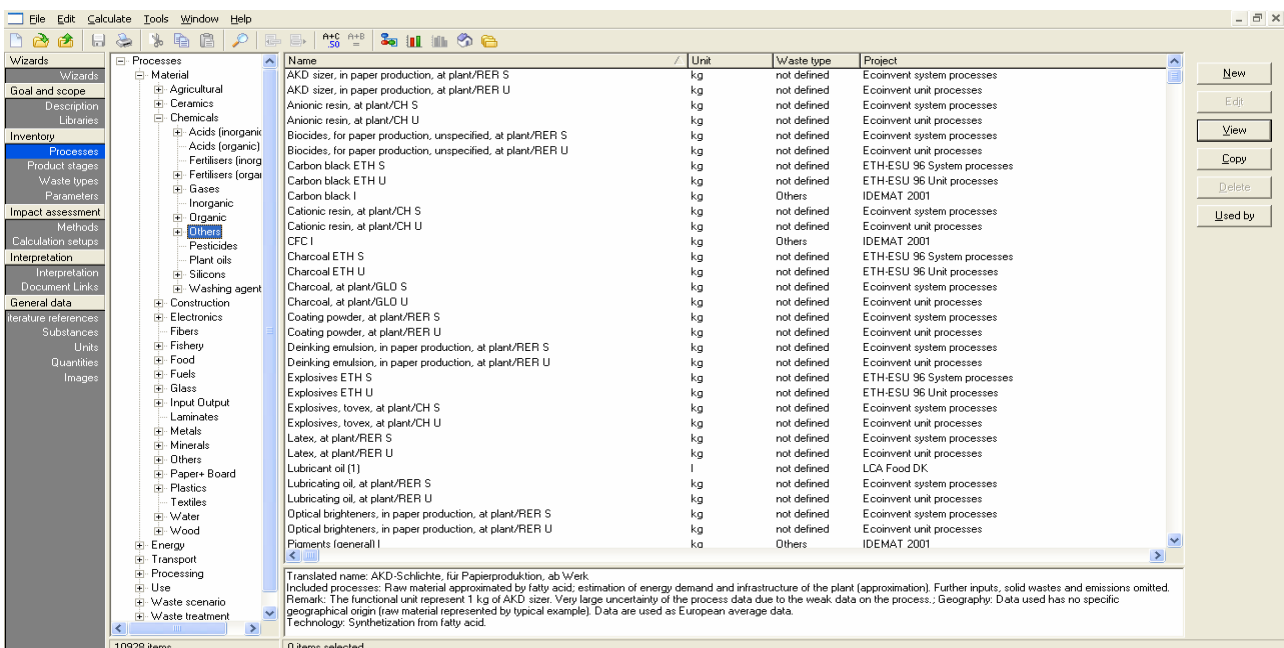
Resources (in MJ)	Non-renewable energy	Kgeq crude oil (860kg/mc) o MJ total primary non-renewable
	Mineral extraction	Kgeq iron (in ore)

### 1.3 Il Software di calcolo

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il codice di calcolo SimaPro (versione 7.1) [6] (fig.3). Esistono numerosi pacchetti software progettati per compiere l'analisi dell'impatto ambientale associato al ciclo di vita di un prodotto o di un processo: sono attualmente in commercio circa trentacinque LCA software tool, ciascuno dei quali offre differenti caratteristiche, livelli di complessità e banche dati.

Il software scelto per lo sviluppo di questo studio è un prodotto informatico contenente al suo interno diversi database che comprendono le varie 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 software ha in sostanza la funzione di raccogliere la struttura dell'inventario e di applicare successivamente la valutazione LCA secondo il metodo prescelto dall'utente.

Fig. 3 - Interfaccia grafica del software di calcolo SimaPro 7.1



## **2 STUDIO LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) DEL CONFRONTO TRA UNA CARTUCCIA ORIGINALE HP 4000 E UNA CARTUCCIA CALLIGRAPHY RIGENERATA DA Sapi srl**

### **2.1 Definizione degli obiettivi e dei confini dello studio**

#### **2.1.1 Obiettivo dello studio**

Obiettivo dello studio è il confronto del danno ambientale dovuto alla rigenerazione di una cartuccia per stampante laser rispetto a quello generato dalla produzione di una cartuccia originale.

#### **2.1.2 Campo di applicazione**

##### **2.1.2.1 Le funzioni del sistema**

La funzione del sistema è la stampa.

##### **2.1.2.2 L'Unità funzionale**

L'Unità Funzionale è il numero di copie che vengono stampate, con la stessa qualità di stampa, da due cartucce originali HP e da una cartuccia originale HP più una successivamente rigenerata da Sapi. Tale numero di stampe è uguale per le prime due cartucce dei due sistemi e diverso per le seconde:

- sistema HP: cartuccia HP (13942 stampe con copertura media del 5%) + cartuccia HP (13942 stampe con copertura media del 5%);
- sistema Sapi: cartuccia HP (13942 stampe con copertura media del 5%) + cartuccia HP rigenerata da Sapi (16842 stampe con copertura media del 5%).

Nella elaborazione dello studio le parti di inventario LCI che sono uguali per i due sistemi non vengono prese in considerazione.

L'unità funzionale del confronto fra i due sistemi è una sola copia stampata.

##### **2.1.2.3 Il sistema che deve essere studiato**

Il sistema che deve essere studiato è la rigenerazione di cartucce per stampanti laser eseguita presso la Sapi Srl. Tale sistema viene confrontato con il processo di produzione di cartucce per stampanti laser eseguito presso la ditta HP.

##### **2.1.2.4 I confini del sistema**

Il sistema riguarda tutti i flussi di materiali, di energie e di trasporti relativi alla produzione delle cartucce originali, alla rigenerazione della cartuccia, alla dismissione delle cartucce originali e di quella rigenerata. Non sono considerati i macchinari e gli stabilimenti per la produzione e per il trattamento di fine vita. Nei processi di trattamento dei rifiuti i secondari (materiali ed energie) non vengono considerati come prodotti evitati. Per effettuare lo studio si considerano due LCA: il primo costituito dal ciclo di vita di due cartucce originali, il secondo costituito dal ciclo di vita di una cartuccia originale, successivamente rigenerata da Sapi (cartuccia CALLIGRAPHY). Nella elaborazione dello studio le parti di LCI uguali per i due sistemi non vengono prese in considerazione (vedi Figure 4 e 5).

### 2.1.2.5 Qualità dei dati

Per lo studio viene utilizzato il codice SimaPro7. Per rappresentare i processi relativi ai materiali, ai trasporti, all'energia elettrica e all'energia termica, si usano i processi presenti nella banca dati del codice stesso.

### 2.1.2.6 Metodologia di valutazione dell'impatto ambientale

La valutazione dell'impatto ambientale viene eseguito utilizzando il Metodo Eco-Indicator 99, il Metodo EPS 2000, il Metodo EDIP 96 e il Metodo Impact 2002+ modificati come segue:

#### Eco-Indicator 99

- Le acque nella categoria **Minerals**: sono state eliminate le acque superficiali (sea, river, lake). Non è stata ritenuta necessaria la presenza di queste acque, all'interno della categoria d'impatto, poiché l'unità di misura del danno è il *MJ Surplus*, quindi la quantità d'energia in più che serve ad estrarre l'elemento naturale; si è supposto si necessiti sempre della stessa quantità d'energia per prelevare le acque superficiali (indipendentemente dalla loro qualità); sono state aggiunte le acque per le quali è stato ritenuto ammissibile considerare una componente di acqua di falda, per la cui estrazione il fabbisogno sarà invece destinato ad aumentare;
- modificato il fattore di caratterizzazione delle acque la cui provenienza (falda, superficiali, ecc.) non era specificata. Le motivazioni di tale modifica sono riportate di seguito, nella parte relativa alle modifiche al metodo *EPS 2000*;
- inseriti N-tot, P-tot, COD, BOD, Nitrate e Phosphate in **Acidification/Eutrophication**); il fattore di caratterizzazione 5,713 anziché 4,718;
- inseriti in **Carcinogens** l'Iron (in air) con fattore di caratterizzazione 0.0006969 (preso dal fattore di caratterizzazione di Metal unspecified) e l'Iron (in soil) con fattore di caratterizzazione di 1.8E-8 (1,45E-8 con il nuovo fattore di caratterizzazione presente in EDIP per Iron (in soil) per la categoria Human toxicity soil, pari a 0,77 m3/g) (ottenuto dividendo 0.0006969 per il fattore di caratterizzazione dell'Iron (in air) in EDIP, 3.7E4, nell'impact category Human toxicity air, e moltiplicando per il fattore di caratterizzazione dell'Iron (in soil), 0.96, in EDIP nell'impact category Human toxicity soil) (come anticipato sopra, il fattore di EDIP 97 nella versione 7.0 del SimaPro è di 0,77 m3/g);
- inseriti in **Ecotoxicity** l'Iron (in air) con fattore di caratterizzazione 2552 (preso dal fattore di caratterizzazione di Metal unspecified) e l'Iron (in soil) con fattore di caratterizzazione di 0.066214054 (0,053109189 con il nuovo fattore di caratterizzazione presente in EDIP per Iron (in soil) per la categoria Human toxicity soil, pari a 0,77 m3/g) (ottenuto dividendo 2552 per il fattore di caratterizzazione dell'Iron (in air), in EDIP nell'impact category Human toxicity air, 3.7E4, e moltiplicando per il fattore di caratterizzazione dell'Iron (in soil), 0.96, in EDIP nell'impact category Human toxicity soil) (come anticipato sopra, il fattore di EDIP 97 nella versione 7.0 del SimaPro è di 0,77 m3/g);
- inserito HCl in **Carcinogens** con un factor di 1.89E-6, calcolato facendo il rapporto tra il Factor di HCl (2.42E-5) e il Factor del benzene (2.5E-6) (il fattore di caratterizzazione del benzene nel metodo EPS 2000 del SimaPro 7.0 per la categoria life expectancy come

emissione in aria è di 3,2E-5) in EPS e moltiplicando per il Factor del benzene in EI-99 (2.50E-6);

- inseriti nella categoria **Minerals** Silver, in ground con factor 1044 [calcolato facendo il rapporto tra il factor del Molybdenum, in ground (2120) e il factor del Silver (54000) in EPS e moltiplicando per il Factor del Molybdenum, in ground in EI-99 (41)], e il Silver, 0.01% in crude ore, in ground con Factor 0.6141 [ottenuto dividendo 1044 per 1700, preso dal processo di produzione del Silver(prim), associato al Silver in ground, dove occorrono 17 kg di Silver, 0.01% in crude ore, in ground per produrre 1 kg di Silver conc, e 100 kg di Silver conc per produrre 1 kg di Silver (prim). [Fonte IVAMLCA3] (attualmente si usa il medesimo fattore di caratterizzazione per entrambi. Riferimento: Edip 97 Resource only);
- inserito nelle categorie **Carginogens** e **Ecotoxicity** l'Iron, con fattore di caratterizzazione 0.0006969 per la prima (valore preso da Heavy metal, unspecified) e 2552 per la seconda (valore preso da Heavy metal, unspecified);
- aggiunta la categoria di danno **Energia** (per ottenere i risultati del solo bilancio energetico dei processi; la categoria non pesa comunque sul danno totale), le risorse considerate sono le stesse della categoria omonima in Eco-Indicator 95. I fattori di caratterizzazione dei combustibili sono pari ai poteri calorifici inferiori, mentre l'energia prodotta con metodi diversi dai combustibili fossili (come l'energia idroelettrica) è misurata direttamente in MJ, e ha fattore di caratterizzazione pari ad 1;
- inserita la categoria **Costi** che utilizza l'emissione non materiale Costo in euro, con fattore di caratterizzazione pari a 1 e fattore di normalizzazione pari all'inverso dello stipendio medio annuo (al netto delle varie tassazioni) del cittadino europeo, stimato in una cifra pari a 15500 €;
- inserita la categoria **Funzione**.
- modificata, in fase di valutazione, la **prospettiva culturale**; la prospettiva culturale è stata denominata E/E I e pesa in modo uguale le tre categorie di danno originali di EI 99, quindi con peso pari a 333,333 per tutte e tre;
- inseriti i costi esterni per le categorie di danno **Human Health**, **Ecosystem Quality** e **Resources**, cambiando semplicemente i fattori di caratterizzazione e le unità di misura in tutte le categorie d'impatto. I fattori di caratterizzazione sono: in **HH** 31500 euro/DALY (per tutte le categorie d'impatto); in **EQ** 0.0153021 euro/PAFm2yr (per Ecotoxicity) e 0.153021 euro/PDFm2yr (per le altre categorie d'impatto); in **R** 0.03333 euro/MJ surplus (per entrambe le categorie d'impatto).(per chiarimenti su come sono stati individuati i fattori di caratterizzazione si rimanda al file Esternalità dei costi 02/03/06bis);
- inserite numerose voci all'interno di tutte le categorie d'impatto che erano presenti in EcoIndicator95 con i gli stessi fattori di caratterizzazione.

#### EPS 2000:

- Inserite nuove tipologie di **land use** (occupazione del territorio) non presenti nel metodo, calcolando il fattore di caratterizzazione in base al rapporto tra il loro fattore di caratterizzazione in Eco-Indicator 99 e i fattori d'alcuni tipi di land use presenti in entrambi i metodi; aggiunta di molte voci di transformation from e transformation to per le corrispondenti voci di occupation nella categoria Species extinction. Per quelle voci il cui

fattore di caratterizzazione è di  $4,14 \text{ E-}13$  il fattore va modificato, perché  $4,26 \text{ E-}13$  è il fattore corretto, ottenuto moltiplicando per 30 anni il fattore di caratterizzazione delle corrispondenti voci di occupation:  $1,42 \text{ E-}14$ . Inoltre, sono state create le seguenti voci fra le transformation from, perché esistevano solamente il corrispondente occupation e transformation to: arable organic, pasture and meadow, traffic area, urban green area. Per la tipologia construction site esisteva solo Occupation, per cui sono state create entrambe le voci di transformation.

- Modificato il fattore di caratterizzazione delle acque la cui provenienza (falda, sorgente, corso d'acqua, ecc.) non viene specificata; il metodo considera come danno il consumo (indipendentemente dalla tipologia d'utilizzo) dell'acqua prelevata dalla falda, che una volta esaurita non si riforma più. Da dati ISTAT è stato possibile rilevare che in Italia, nell'anno 1999, l'acqua prelevata da falde è stata il 48.55% dei prelievi totali. Il nuovo fattore di caratterizzazione per le acque generiche è pari a 0.4855 (il 48.555 del 1, vecchio fattore di caratterizzazione).
- Aggiunte le voci  $\text{CO}_2$  (*fossil*) e  $\text{CO}_2$  (*non fossil*) in alcune categorie dove compariva solo la voce generica  $\text{CO}_2$ ; nella versione 7.0 queste voci sono entrambe già presenti per tutti i metodi su cui la  $\text{CO}_2$  ha impatto.
- Aggiunti Hydrocarbons, unspecified in Life expectancy ( $8.75\text{E-}5$ ), Severe morbidity ( $1.685\text{E-}5$ ), Morbidity ( $1.972\text{E-}5$ ) e Species extinction( $3.8017\text{E-}13$ ). I fattori sono stati ottenuti prendendo come riferimento il benzene in Respiratory organics in IMPACT.
- Sono state considerate alcune sostanze emesse in acqua nelle tre categorie di impatto **Life expectancy**, **Severe morbidity** e **Morbidity** (dal benzene allo xilene).
- Sono stati modificati i fattori di caratterizzazione per le sostanze di cui sopra per la categoria **Morbidity**, utilizzando, per ciascuna di esse, il rapporto fra il fattore di caratterizzazione in Severe Morbidity e Life Expectancy e moltiplicando il coefficiente per il fattore di caratterizzazione in Severe Morbidity (cioè si è ipotizzata la medesima contrazione del fattore di caratterizzazione nel passare da Severe Morbidity a Morbidity).
- E' stato introdotto il fattore 0.1 anziché 1 nella valutazione (weighting) della categoria di danno **Ecosystem Production Capacity**.

#### EDIP 97:

- aggiunte le emissioni in aria delle polveri [dust, dust (PM2.5), dust (PM10) e dust (SPM) ] (sono indicate come particulates) nella categoria **Human Toxicity air**. I fattori di caratterizzazione sono stati calcolati mediante una proporzione, utilizzando i fattori delle stesse sostanze presenti nel metodo Eco-Indicator 99 e il fattore di caratterizzazione degli  $\text{NO}_x$  in Eco-indicator 99 e in EDIP 96;
- aggiunti Hydrocarbons unspecified in Photochemical smog (in aria), in Human toxicity air, Human toxicity water, Human toxicity soil (in aria e in acqua), Ecotoxicity water chronic(in aria e in acqua), Ecotoxicity water acute(in aria), Ecotoxicity soil chronic(in aria e in acqua), calcolando i fattori rispetto al rapporto benzene/Hydrocarbons unspecified ( $2.735$ ) in Eco-indicator99;
- sono state aggiunte le voci  $\text{NO}_x$  e  $\text{SO}_x$  in alcune categorie dove comparivano solo le sostanze  $\text{NO}_x$  (as  $\text{NO}_2$ ) e  $\text{SO}_x$  (as  $\text{SO}_2$ );

- è stato modificato il fattore di valutazione del danno nel caso delle risorse, definendolo in base al rapporto tra il consumo nell'anno 1990 e quello in un anno futuro: si fa l'ipotesi che il consumo nell'anno futuro si riduca del 16.677%. Per es. nel caso di oil il fattore di normalizzazione vale:  $f_N = 0.00169$  e rappresenta l'inverso del consumo di petrolio nel 1990. Il fattore di valutazione in EDIP 97 non modificato vale:  $f_V = 0.023$ . Il prodotto dei due fattori vale:  $f_N * f_V = 0.00169 (= 1/591.716\text{kg}) * 0.023 (= 591.716\text{kg}/25726.783\text{kg}) = 3.887\text{E-}5$  e per tale prodotto sarà moltiplicato il valore caratterizzato di oil per ottenere la valutazione del danno. Se si considera come fattore di valutazione il rapporto tra il consumo nel 1990 e il consumo in un anno futuro che si decide sia inferiore del 16.677% rispetto a quello del 1990 si ottiene:  $f_V = 591.716\text{kg}/493.097\text{kg} = 1.2$ . Il fattore per cui moltiplicare il consumo di oil per ottenere il valore del danno diventa:  $f_N * f_V = 0.00169 (= 1/591.716\text{kg}) * 1.2 = 0.002028$ .

*EDIP 97 resources only:*

- Sono stati aggiunti i minerali da cui si estraggono successivamente i metalli (*copper, iron, lead, manganese, molybdenum, nickel, tin e zinc*); il metodo, infatti, originariamente considerava come danno l'utilizzo dei metalli già estratti dal minerale. I fattori di caratterizzazione sono stati calcolati in base al rapporto tra i fattori dei minerali (*ore*) e dei metalli (*in ore*), presenti nei metodi Eco-Indicator 99 ed EPS 2000; questi fattori rappresentano sostanzialmente la frazione, in peso, di metallo ottenibile dal minerale.

*IMPACT 2002+*

- sono stati introdotti **Silver, gravel, sand**, in **Resources**,
- è stato considerato l'esaurimento dell'**acqua**,
- aggiunti in land use una serie di voci di Transformation from e to corrispondenti a tutte le voci di Occupation comuni agli altri metodi.
- Aggiunti Particulates > 10  $\mu\text{m}$  e Particulates, unspecified.
- Aggiunti Hydrocarbons unspecified con il fattore 0.600938965334 ottenuto applicando l'ipotesi della proporzionalità tra le sostanze nei metodi (Eco-indicator99 e IMPACT 2002) a Hydrocarbons, aliphatic, alkenes, unspecified.
- Aggiunti in Minerals Bromine, in ground e Lithium, in ground con il criteri di mantenere il rapporto tra i valori dei coefficienti di caratterizzazione di CML 2000 preso come riferimento la pyrolusite presente in Eco-indicator 99 e IMPACT 2002 che ha un valore di 0,313.
  - Bromine in CML 2000: 6,67E-3
  - Lithium CML 2000: 9,23E-6
  - Pyrolusite CML 2000: 8,69E-6
  - Da cui il calcolo:
    - Li:  $9,23\text{E-}6/8,69\text{E-}6 = x/0,313 \rightarrow x = 0,3324$
    - Br:  $6,67\text{E-}3/8,69\text{E-}6 = x/0,313 \rightarrow x = 240,243$ .



## **2.2 Inventario**

Da test specifici effettuati su due differenti modelli di stampanti (STMC Test) il numero di fogli stampati con la cartuccia HP è uguale a 13942, mentre il numero di fogli stampati con la cartuccia CALLIGRAPHY rigenerata da Sapi è uguale a 16842. In entrambi i casi la copertura media è del 5% come viene dimostrata dalle prove eseguite presso Sapi.

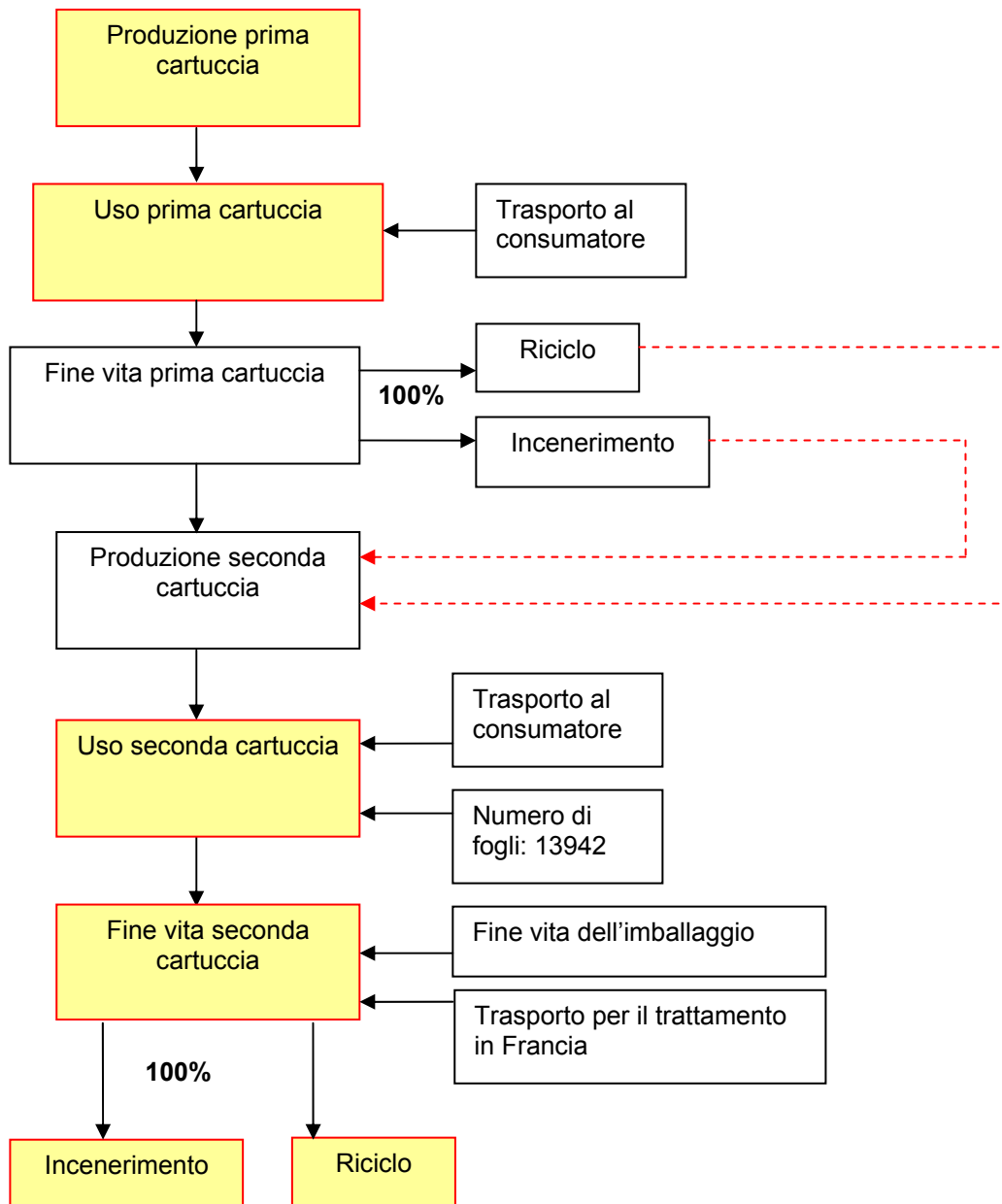
Per tale studio sono state fatte le seguenti assunzioni:

- le fasi di produzione e di uso della prima cartuccia nei due cicli di vita sono uguali e quindi non vengono considerati,
- per Sapi è necessario considerare anche il 5% della produzione dei materiali che costituiscono una seconda cartuccia dismessa necessaria per lame e PCR usate per la rigenerazione della prima cartuccia. Del 5% di tale seconda cartuccia è necessario considerare anche la produzione dell'imballaggio,
- per HP la fase di fine vita della prima cartuccia consiste per il 100% nel riciclo dei materiali metallici e nell'incenerimento dei materiali plastici. Entrambi i processi sono stati considerati senza prodotti evitati o coprodotti,
- per Sapi la fase di fine vita della prima cartuccia comprende la rigenerazione della stessa, il fine vita dei materiali sostituiti (riciclo dei materiali metallici e incenerimento dei materiali plastici senza prodotti evitati o coprodotti), l'incenerimento senza energia evitata o energia come coprodotto, della cartuccia da cui è stato ottenuto il 5% di lame e PCR, il riciclo dei componenti dell'imballaggio senza prodotti evitati o coprodotti, dell'imballaggio della cartuccia da cui è stato ottenuto il 5% di lame e PCR,
- alla fase di produzione della seconda cartuccia originale per HP corrisponde la fase di rigenerazione di una cartuccia originale per Sapi,
- la fase di produzione di HP della seconda cartuccia comprende la produzione dei materiali, l'energia di assemblaggio, i trasporti di questi dal Giappone all'Inghilterra,
- la fase di rigenerazione di Sapi comprende i trasporti dovuti alla raccolta delle cartucce da rigenerare (tenuto conto del 5% in più), i nuovi materiali, il loro trasporto alla Sapi e l'energia per il disassemblaggio e la pulizia),
- l'imballaggio della seconda cartuccia viene considerato perché è diverso per i due sistemi,
- la fase di uso della prima cartuccia differisce nei due sistemi solo per il trasporto dall'Inghilterra all'Italia della cartuccia HP. Energia, toner e carta sono quantità uguali per una stampa,
- la fase di uso della seconda cartuccia e della cartuccia rigenerata sono diverse per il trasporto della cartuccia HP dall'Inghilterra all'Italia (Milano) dove viene usata e per il fatto che la cartuccia HP produce 13942 stampe con la copertura media del 5%, mentre Sapi produce 16842 stampe con la copertura media del 5% (quindi con un maggior uso di carta, energia e toner). Tuttavia, poiché lo studio effettuato ha come unità funzionale un foglio stampato le quantità di carta, energia e toner usate non vengono considerate. Si deve tuttavia considerare il trasporto del toner da Bath (GB) a Milano per la cartuccia rigenerata,
- la fase di fine vita della seconda cartuccia si assume uguale per i due sistemi escluso il trasporto della cartuccia HP in Francia per il trattamento finale e il fine vita dell'imballaggio perché diverso per le due cartucce.

Nei processi relativi ai due LCA studiati e riportati nelle figure 4 e 5 non sono state analizzate le fasi considerate uguali (evidenziate in giallo).

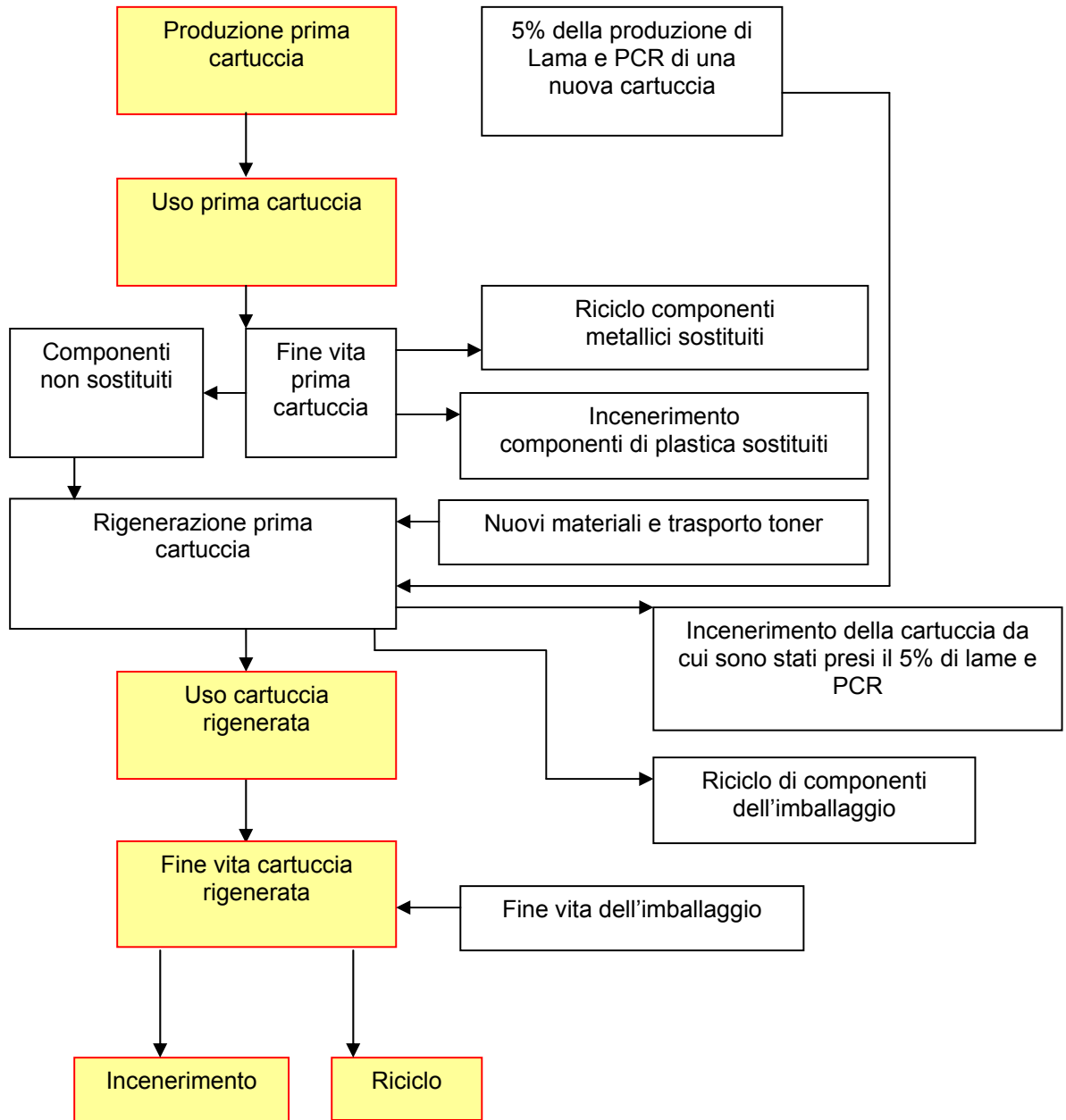
Di seguito sono presentati gli schemi a blocchi e i processi due LCA che si vogliono confrontare.

**Fig. 4 - Flow-chart del processo relativo alle due cartucce originali HP**



NOTA: con la linea tratteggiata è indicata la possibilità che i materiali secondari e le energie recuperate dall'incenerimento vengano usati per la produzione della seconda cartuccia.

Fig. 5 - Flow-chart del processo relativo alla cartuccia originale e alla cartuccia rigenerata da Sapi



### 2.2.1 Dati forniti da Sapi

Vengono riportati i principali processi creati per rappresentare i dati forniti.

#### 2.2.1.1 Trasporto delle cartucce esauste

I vuoti vengono prelevati da VESTI SOLIDALE nel territorio della Lombardia, e più precisamente le aree di interesse sono quelle di: Milano, Bergamo, Varese, Lecco, Pavia, Vigevano.

I vuoti vengono a loro volta conferiti all'impianto di VESTI SOLIDALE, locato in Cinisello Balsamo (MI), una volta al mese e da qui a Sapi.

**Trasporto cartuccia (1 kg senza toner + 10g di toner=1,01kg) dalla raccolta alla Sapi:**

- per il trasporto dalla raccolta a Cinisello Balsamo (Vesti solidale) conservativamente si assume che tutti i percorsi siano uguali al massimo previsto (PAVIA): 65,7km
- per il trasporto da Cinisello Balsamo a San Vittore Olona: 32,6km
- totale:  $65,7+32,6=98,3\text{km}$
- $1,01\text{kg}\cdot 98,3\text{km}=99,283\text{kgkm}$

**Trasporto cartuccia per sostituzione lama e PCR dalla raccolta alla Sapi: 98,3km**

- $1,01\cdot 98,3=99,283\text{kgkm}$
- poiché la sostituzione della lama e del PCR avviene per il 5% delle cartucce rigenerate si ha:
- $0,05\cdot 99,283=4,964\text{kgkm}$ .

**2.2.1.2 I componenti sostituiti**

COMPONENTE	PESO	CAMBIO
TAMBURO (MITSUBISHI HP 4000)	67,07 g	100%
LAMA	89,61 g	5% (QUASI SEMPRE CON UNA USATA ORIGINALE)
PCR	67,53 g	5% CON PCR ORIGINALI USATI
MAG ROLLER	PESO RIVESTIMENTO 30,95 g	2%
SIGILLO	4,09 g PESO SENZA CARTONE E PLASTICA	100%

**2.2.1.2.1 I processi di produzione dei materiali sostituiti da Sapi**

Non si considera la produzione e il fine vita del toner residuo per le due cartucce di HP e di Sapi (prima cartuccia + cartuccia rigenerata) perché uguali. La quantità di toner rimasta nella cartuccia vuota si suppone sia pari all'1% del peso della cartuccia vuota.

Dell'imballaggio della cartuccia che viene raccolta per il riuso del 5% di lama e PCR viene considerato solo il fine vita (per una percentuale del 5%).

**Tab. 4 -Il processo Sapi OPC Drums (tamburo)**

NOME PROCESSO	QUANTITÀ/UF	DESCRIZIONE
<b>SAPI OPC Drums (tamburo)</b>	1 p	1 tamburo Mitsubishi. Peso del tamburo: 67.07g
<i>Material</i>		
Aluminium, primary, at plant/RER S	65,729 g	$67,07\cdot 0,98=65,729\text{g}$
Epoxy resin, liquid, at plant/RER S	0,6707 g	$67,07\cdot 0,01=0,6707\text{g}$
Paint ETH S	0,6707 g	$67,07\cdot 0,01=0,6707\text{g}$
<i>Transport/Electricity/Heat</i>		
Hot rolling aluminium	65,729 g	Lavorazione alluminio
Transport, transoceanic freight ship/OCE S	352,788 kgkm	Trasporto da Quebec(Canada) a I porto di Rotterdam $5260\text{km}\cdot 67,07\text{g}=352788,2\text{gkm}$

Transport, lorry 28t/CH S	46,278 kgkm	Trasporto dal porto di Rotterdam a Sassenheim(60km), trasporto nel deposito di Milano(600km) e trasporto da Milano a Sapi (30km) con TIR da 28t: 690km; 67,07g*690km=46278,3gkm
---------------------------	-------------	---

**Tab. 5 -Il processo Sapi Materiali (lama e PCR) sostituiti da cartuccia usata (Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER)**

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>SAPI Materiali sostituiti da cartuccia già usata (Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER)</b>	1 p	Unità Funzionale: il 5% delle lame che vengono sostituite con lame usate e il 5% dei PCR che vengono sostituiti con PCR usati, Contiene anche il trasporto del toner (515 g dato Sapi) da Bath (Inghilterra) a Milano(1488km) necessario per la cartuccia da rigenerare
<i>Material</i>		
Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER S	4,03245 g	Lama di pulizia: 5%*89,61g=4,4805g Si suppone che il 4,5% sia di acciaio: 0,045*89,61g=4,03245g e lo 0,5% sia di plastica (LDPE): 0,44805g
Polyethylene, LDPE, granulate, at plant/RER S	0,44805 g	La plastica della lama
Polyurethane, rigid foam, at plant/RER S	0,6753 g	PCR: 5%*67,53g=3,3765g Si suppone che il 1% sia di PUR: 0,6753g e l'4% sia di acciaio (i due perni laterali di collegamento): 2,7012g
Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER S	2,7012 g	Acciaio della PCR
<i>Transport/Electricity/Heat</i>		
Sheet rolling, steel/RER S	4,03245 g	Lavorazione dell'acciaio della lama
Thermoforming, with calendering/RER S	0,44805 g	Lavorazione della plastica della lama
Extrusion, plastic pipes/RER S	2,7012 g	Lavorazione del PUR della PCR
Drawing of pipes, steel/RER S	0,6753 g	Lavorazione dei perni della PCR
Transport, lorry 28t/CH S	0,80649 kgkm	Trasporto acciaio lama (dati HP): 200km; 4,03245g*200km=806,49gkm
Transport, lorry 28t/CH S	0,157 kgkm	Trasporto LDPE (dati HP): 350km 0,44805g*350km=156,8175gkm
Transport, lorry 28t/CH S	0,54 kgkm	Trasporto PUR della PCR (dati HP): 200km 2,7012g*200km=540,2gkm
Transport, lorry 28t/CH S	0,135 kgkm	Trasporto acciaio PCR(dati HP): 200km 0,6753g*200km=135,06gkm
Transport, lorry 28t/CH S	766,325 kgkm	Trasporto acciaio del toner (515 g – dato SAPI) da Bath (Inghilterra) a Milano, Distanza: 1488 km 0,515kg*1488km=766,325 kgkm

**Tab. 6 -Il processo Sapi MAG ROLLER**

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>SAPI MAG ROLLER</b>	1 p	1Mag Roller, Peso: 30,95g
<i>Material</i>		
Aluminium, primary, at plant/RER S	30,64 g	Peso totale: 30,95g Si suppone 0,1% di grafite: 0,01*30,95g=0,3095g e il 99% di alluminio: 0,99*30,95=30,6405g

Carbon black, at plant/GLO S	0,3095 g	Componente di carbonio
<i>Transport/Electricity/Heat</i>		
Hot rolling aluminium	30,64 g	Lavorazione alluminio
Transport, lorry 28t/CH S	19,406 kgkm	Trasporto da Namur ( Belgio) a Milano 627km*30,95g=19405,65gkm

**Tab. 7 -Il processo Sapi Sigillo**

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>SAPI Sigillo</b>	1 p	
<i>Material</i>		
Natural rubber FAL	2,045 g	Latex. Si suppone che il peso venga equamente ripartito tra i due materiali (natural rubber e PP)
Polypropylene, granulate, at plant/RER	2,045 g	Componente in polipropilene (PP)
<i>Transport/Electricity/Heat</i>		
Calendering, rigid sheets/RER S	4,09 g	
Transport, lorry 28t/CH S	2,753 kgkm	Trasporto da Bratislava (Slovacchia) a Milano 673km*4.09g=2752.57gkm

**Tab. 8 -Il processo Sapi Produzione dell'imballaggio della cartuccia rigenerata(Sapi)**

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>SAPI Produzione Imballaggio cartuccia rigenerata Sapi.</b>	1 p	
<i>Material</i>		
Packaging, corrugated board, mixed fibre, single wall, at plant/CH S	329 g	
Paper, newsprint, 0% DIP, at plant/RER S	6 g	
Polystyrene, general purpose, GPPS, at plant/RER S	83 g	

### 2.2.1.3 Le potenze dei macchinari

<b>MACCHINARI</b>	<b>POTENZA</b>
LAMPADE UTILIZZATE	58W x 4 (LAMPADE) = 232 W
MACCHINA PER TAGLIARE	0,37 kW
SIGILLATRICE	600 W
COMPRESSORE ARIA (utilizzato per cacciaviti, pistole ad aria, gonfiare air bag)	11 kW
RIEMPITRICE	2,6 AMPERE (1kW)
MULETTO	60 AMPERE
CAPPE ASPIRANTI	6 kW

#### **2.2.1.4 I tempi per le operazioni di recupero della cartuccia**

Le 160 cartucce vengono prelevate dal deposito dei vuoti e trasportate tramite muletto nel capannone della produzione (tempo 3 min).

La linea di produzione, formata solitamente da 3/4 persone provvede a disporle sul tavolo e ad esaminarle per distinguere quelle rotte da quelle recuperabili, tuttavia da quelle rotte vengono tolti i componenti che possono essere nuovamente riutilizzati in altre cartucce (es. lame/PCR...). questo procedimento ha una tempistica media di 10 secondi a cartuccia per persona (ma comunque non comporta l'uso di alcun macchinario che consumi energia). Poi le cartucce vengono smontate in tutte le loro componenti:

- il cassetto di carico viene separato da quello di scarico. Vengono tolte n. 5 viti, tempo: 9.30".
- Tutti i cassettei di scarico vengono disposti in file da 8 in appositi contenitori, che verranno messi successivamente su dei carrelli, e svitati (per togliere la lama). tempo utilizzo cacciavite ad aria per cassetto di scarico 3.79".
- I tubi tolti dal cassetto di scarico vengono gettati in cartoni adibiti alla raccolta degli stessi.
- I PCR riutilizzabili vengono raccolti (successivamente verranno puliti).
- I cassettei di carico vengono messi su dei carrelli.

La fase di smontaggio dura circa 1 minuto per cartuccia a persona.

A questo punto si procede all'aspirazione delle cartucce sotto cappa:

- una persona del gruppo si occupa di tagliare i cassettei di carico facendo sì che si possa separare il cassetto dove viene inserita la polvere di toner dal magnete e dalla parte che lo sostiene in modo che si possa soffiare ambedue le parti nella maniera adeguata. tempo per taglio cartuccia: 10.92".

- le altre 2/3 persone invece si dirigono sotto cappa dove soffiano i cassettei di scarico e le lame (tempo 5.87" per cassetto) e successivamente i cassettei di carico e i magneti (3.80").

Il gruppo torna poi a dividersi, una persona torna nella postazione iniziale a pulire i PCR (5 secondi a PCR, ma non comporta l'uso di energia) e preparare il materiale per i passaggi successivi, mentre il resto del gruppo finisce di togliere i residui dovuti al taglio della cartuccia e attacca le etichette (circa 30 secondi a cartuccia).

Due persone rimangono a riempire, una si occupa di inserire i 500 g di polvere (16.94"), tramite una macchina chiamata per-fill/riempitrice, mentre l'altra pulisce i residui e applica il sigillo.

Nel frattempo l'altra o le altre due persone del gruppo tornate nella postazione di lavoro iniziale montano i cassettei di scarico avvitando le lame (10"), con un cacciavite ad aria, e inserendo i PCR precedentemente puliti.

Quando una fila di cassettei di carico sarà riempita e sigillata la persona adibita a questa attività si occuperà di riassemblare il cassetto di carico con magnete e parte che lo sostiene, tramite delle asticelle di plastica che tengono insieme le due parti.

Nel frattempo verranno inseriti i tubi fotosensibili (nuovi) nei cassettei di scarico e avvitati per bloccarli (2 viti tempo uso cacciavite ad aria 9.6").

Verrà poi riavvitata la vite che tiene uniti cassetto di carico con supporto magnetico (7").

Una volta terminato di riempire, sigillare e riassemblare i cassettei di carico verrà posta sui magneti della polvere di toner che tramite la rotazione degli stessi verrà distribuita su tutto il magnete.(30 secondi per cassetto, non comporta uso di energia). dopodichè vengono montate le alette sui cassettei.

Vengono ruotati i tubi dei cassettei di scarico per verificare che tutto giri in maniera corretta.

Parte del gruppo si dirige alla fase di imballaggio, inizia a montare le scatole con il marchio (a seconda del cliente o generale) e a preparare il materiale necessario ( istruzioni e air bag).

Una persona intanto inizia a assemblare cassetto di carico con cassetto di scarico con due perni(30 secondi, non viene utilizzata energia)e a disporle sul tavolo in modo che la persona che si occupa di testare le cartucce possa iniziare la sua attività.

La fase di test consiste nell'inserire la cartuccia nella stampante e far partire tramite il PC il test (ne abbiamo uno standard che utilizziamo per tutte le cartucce e che ci permette di poter mettere a fuoco i possibili difetti della cartuccia, es. PCR). qui l'osservatore dovrà guardare i fogli e se verifica che e' tutto a posto farà passare la cartuccia sul tavolo dell'imballaggio.

La cartuccia verrà quindi prelevata e imballata: si inserisce la cartuccia nell'air bag, si sigilla e si gonfia tramite apposita pompetta (10"). poi si potrà procedere a inserire il tutto nella scatola, con le istruzioni relative. la scatola viene successivamente chiusa e impilata sul bancale. tempo di imballaggio 1 minuto per cartuccia a persona.

Tempo totale per cartuccia: 15.35 minuti

#### **2.2.1.4.1 Il processo dell'energia impiegata da Sapi per il recupero della cartuccia**

Per rigenerare una cartuccia è necessaria nel 5% dei casi l'uso e la conseguente dismissione di una seconda cartuccia. Quindi nelle operazioni in cui è coinvolta la seconda cartuccia si maggiora del 5% l'unità funzionale (U.F.) relativa ad ogni particolare processo.

**Tab. 9 -Il processo Sapi Energia di processo**

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>SAPI Energia di processo</b>	1 p	Il consumo di energia elettrica per la fase di processo della rigenerazione di una cartuccia, Si tiene presente che per rigenerare una cartuccia è necessaria nel 5% dei casi l'uso e la conseguente dismissione di una seconda cartuccia, Quindi nelle operazioni in cui è coinvolta la seconda cartuccia si maggiora del 5% l'U.F.
<i>Transport/Electricity/Heat</i>		
Electricity LV use in I + imports S	3,6248E-3 kWh	Muletto per il trasporto di 160 cartucce Corrente: 60 A; diff, potenziale: 230V; potenza $60 \cdot 230 = 13800W = 13,8kW$ ; tempo impiegato per il trasporto di 1,05 cartucce: $(3min/160) \cdot 1,05 = 0,0197min$ Energia: $13,8 \cdot 0,0197/60 = 0,00453kWh$ Energia reale: $0,8 \cdot 0,00453 = 3,6248E-3kWh$
Electricity LV use in I + imports S	9,428E-4 kWh	Macchina per tagliare potenza 0,37kW; tempo impiegato: 10,92sec Energia: $1,05 \cdot 0,37 \cdot 10,92/3600 = 1,178E-3$ Energia reale: $0,8 \cdot 1,178E-3 = 9,428E-4kWh$
Electricity LV use in I + imports S	2,364E-2 kWh	Compressore ad aria, Potenza 11kW; tempi: 5,87sec soffiatura cassettei di scarico e lame



		3,8sec soffiatura cassette di carico e magneti; tempo impiegato: 9,67sec, Energia: $11 \cdot 9,67/3600 = 2,955E-2$ , Energia reale: $0,8 \cdot 2,955E-2 = 2,364E-2$ kWh
Electricity LV use in I + imports S	3,36E-2 kWh	Compressore ad aria per la cartuccia da rigenerare e per quella usata per la rigenerazione, Potenza 11kW; tempi: 9,30 sec svitamento per separare cassetto di scarico da quello di carico; 3,79 sec svitamento del cassetto di scarico; tempo impiegato: 13,09sec Energia: $1,05 \cdot 13,09 \cdot 11/3600 = 4,2E-2$ Energia reale: $0,8 \cdot 4,2E-2 = 3,36E-2$ kWh
Electricity LV use in I + imports S	4,058E-2 kWh	Compressore ad aria per la cartuccia da rigenerare, Potenza 11kW; tempi: 9,60 sec avvitamento dei tubi fotosensibili; 7 sec avvitamento per fissare il supporto magnetico; tempo impiegato: 16,6sec Energia: $16,6 \cdot 11/3600 = 5,072E-2$ Energia reale: $0,8 \cdot 5,072E-2 = 4,058E-2$ kWh
Electricity LV use in I + imports S	1,222E-4 kWh	compressore ad aria per la pulitura della lama (5% dei casi), Potenza 11kW; tempo ipotizzato: 3 sec, Energia: $0,05 \cdot 11/3600 = 1,528E-4$ Energia reale: $0,8 \cdot 1,528E-4 = 1,222E-4$ kWh
Electricity LV use in I + imports S	2,364E-2 kWh	Riempimento toner, Potenza 1kW; tempo: 16,94 sec, Energia: $1 \cdot 16,94/3600 = 2,955E-2$ Energia reale: $0,8 \cdot 2,955E-2 = 2,364E-2$ kWh
Electricity LV use in I + imports S	6,67E-4 kWh	Sigillatrice, Potenza 0,6 kW, Si suppone un tempo di 5 sec, Energia: $0,6 \cdot 5/3600 = 0,000833$ Energia reale: $0,8 \cdot 8,33E-4 = 6,67E-4$ kWh
Electricity LV use in I + imports S	0,03548 kWh	Cappe aspiranti, Potenza 6 kW; tempi: 9,67+16,94=26,61sec, Energia: $6 \cdot 26,61/3600 = 0,4435$ Energia reale: $0,8 \cdot 0,4435 = 0,3548$ kWh
Electricity LV use in I + imports S	4,748E-2 kWh	Lampade, Potenza 0,232 kW; tempi: 15,35min Energia: $0,232 \cdot 15,35/60 = 5,935E-2$ Energia reale: $0,8 \cdot 5,935E-2 = 4,748E-2$ kWh

### 2.2.1.5 Destinazione dei rifiuti

MATERIALE	DESTINAZIONE
TUBI (DRUM)	FONDERIA (TORNANO MATERIA I°)
LAME	FONDERIA (TORNANO MATERIA I°)
PLASTICA	INCENERITORE (TERMOENERGIA)
POLVERE DI TONER	DEPOSITO AUTORIZZAZIONE D1: DEPOSITO SUL O NEL SUOLO
CARTUCCE ESAUSTE	ASSIMILABIL D10: INCENERIMENTO A TERRA
CARTONE	COMUNE (CARTIERA, RECUPERATO)

### 2.2.1.5.1 Il fine vita dei materiali trattati da Sapi

#### 2.2.1.5.1.1 Fine vita dei componenti della cartuccia sostituiti

Il fine vita dei componenti sostituiti si suppone che subiscano gli stessi trattamenti di quelli della cartuccia HP. I dati relativi ad HP [8] indicano che il fine vita a cui vengono sottoposti i componenti della cartuccia HP prevede il riciclo per i materiali metallici (con produzione di secondario) e l'incenerimento per i materiali plastici (con produzione di energia). L'HP indica che le cartucce raccolte vengano inviate in Francia e che i secondari e le energie ottenuti con i trattamenti vengano usati per la produzione di nuove cartucce HP. E' difficile credere che tutte le cartucce esauste vengano raccolte ed è altrettanto difficile credere che secondari ed energia possano venire usate per la produzione di nuove cartucce HP. Anche perché quando in [8] si indicano i materiali di cui è costituita la cartuccia non si dice che essi sono secondari o che le energie sono energie da rifiuto. Inoltre il trattamento avviene in Francia, mentre la produzione avviene in Giappone. Tuttavia nell'Analisi di sensibilità abbiamo valutato anche questa ipotesi considerando i prodotti evitati indicati dalla banca dati. I trattamenti seguiti sono i seguenti:

- i componenti metallici vengono separati da quelli di plastica
- i componenti metallici vanno al riciclo (senza coprodotti o prodotti evitati)
- i componenti di plastica vanno all'inceneritore municipale (senza coprodotti o energie evitate).

Tab. 10 -Il processo Sapi Fine vita materiali sostituiti Sapi

NOME PROCESSO	QUANTITÀ/UF	DESCRIZIONE
<b>SAPI Fine vita materiali sostituiti SAPI</b>	1 p	Unità Funzionale: materiali sostituiti per la rigenerazione di una cartuccia
<i>Waste to treatment</i>		
Recycling aluminium/RER (senza avoided)	67,07g	Tamburo sostituito con originale: 67,07g
Disposal, rubber, unspecified, 0% water, to municipal incineration/CH S	2,045 g	Sigillo sostituito con originale: 2,045g
Disposal, polyethylene, 0,4% water, to municipal incineration/CH S	2,045 g	Sigillo in PE sostituito con originale: 2,045g
Recycling aluminium/RER (senza avoided)	0,619 g	MAG Roller sostituito con originale: 0,02*30,95g = 0,619 g
Recycling steel and iron/RER (senza avoided)	4,03245 g	Lame sostituite con usato originale, Parte acciaio: 4,03245g
Disposal, polyethylene, 0,4% water, to municipal incineration/CH S	0,44805 g	Lame sostituite con usato originale Parte in LDPE: 0,44805g
Recycling steel and iron/RER (senza avoided)	2,7012 g	PCR sostituito con usato originale Parte in acciaio: 2,7012g
Disposal, polyurethane, 0,2% water, to municipal incineration/CH S	0,6753 g	PCR sostituito con usato originale Parte in PUR: 0,6753g

#### 2.2.1.5.1.2 Fine vita dei componenti della cartuccia rigenerata.

Si suppone che i componenti della cartuccia rigenerata non sostituiti siano uguali a quelli della seconda cartuccia originale di HP e che i loro trattamenti di fine vita siano uguali per HP e per Sapi (vedi paragrafo 2.2.1.4.1.1). Quindi, essi non vengono considerati nello studio di confronto. Si

suppone che l'imballaggio della prima cartuccia originale HP sia uguale a quello della cartuccia originale raccolta da Sapi e quindi non viene considerato né per la produzione, né per il fine vita.

### 2.2.1.5.1.3 Fine vita della cartuccia che viene usata per la sostituzione di lama e PCR nella percentuale del 5% (esclusa lama, PCR)

La parte di cartuccia che rimane dopo il riuso di lama e PCR viene conferita all'inceneritore municipale.

Peso totale della cartuccia con la percentuale di toner che si suppone rimasta pari all'1% del peso totale della cartuccia: 1.01kg

Peso totale dei componenti sostituiti: 89.61g + 67.53g=157.14g

Materiale restante tolti i componenti sostituiti:

- 1010-157.14g=852.86g
- percentuale usata: 5%

peso di cartuccia di cui realmente viene fatto il fine vita da attribuire alla cartuccia rigenerata:  $0.05 \times 852.86 = 0.0426g$ .

Tab. 11 -Il processo Sapi Fine vita della cartuccia (senza imballaggio) usata per la sostituzione della lama e del PCR

NOME PROCESSO	QUANTITÀ/UF	DESCRIZIONE
<b>SAPI Fine vita della cartuccia (senza imballaggio) usata per la sostituzione della lama e del PCR</b>	1 p	U,F,: 5% della cartuccia usata per lame e PCR, Peso totale cartuccia (senza imballaggio) con 1% di toner: 1,01kg Peso totale dei componenti sostituiti: 89,61g + 67,53g=157,14g. Materiale restante tolti i componenti sostituiti: 1010-157,14g=852,86g Percentuale usata: 5% Peso di cartuccia di cui realmente viene fatto il fine vita da attribuire alla cartuccia rigenerata: $0,05 \times 852,86 = 0,0426g$
<i>Waste to treatment</i>		
Disposal, polyethylene, 0,4% water, to municipal incineration/CH S	0,0426 g	Si suppone che tutta la parte restante della cartuccia vada all'incenerimento come se fosse un unico materiale

Tab. 12 -Il processo Sapi Fine vita imballaggio cartuccia per lama e PCR

NOME PROCESSO	QUANTITÀ/UF	DESCRIZIONE
<b>Sapi Fine vita imballaggio cartuccia per lama e PCR</b>	1 p	U.F.: trattamento fine vita imballaggio della cartuccia usata per lama e PCR.
<i>Waste to treatment</i>		
Disposal, polystyrene, 0.2% water, to municipal incineration/CH S	26,44 g	Plastica.
Recycling cardboard/RER (senza avoided)	482,93 g	Cartone.
Recycling paper/RER (senza avoided)	24,47 g	Carta per le istruzioni.

Recycling wood (senza prodotto evitato)	14,2 g	Pallet.
---	--------	---------

#### **2.2.1.5.1.4 Fine vita dell'imballaggio della cartuccia rigenerata**

Si assume che la cartuccia rigenerata segua lo stesso fine vita della seconda cartuccia HP, perché dipende dalle normative vigenti nei diversi paesi nei quali tali cartucce vengono distribuite e dalle scelte dei consumatori. Quindi non sarebbe necessario considerare nell'LCA di confronto tale componente comune. Tuttavia, poiché l'imballaggio della cartuccia rigenerata è diverso da quello della seconda cartuccia HP, è necessario considerare sia il fine vita dell'imballaggio della cartuccia rigenerata che quello della seconda cartuccia HP, in entrambi i casi con la separazione dei componenti.

L'imballaggio della cartuccia rigenerata è costituito dai seguenti componenti:

- sacchetti (airbag): 83g
- scatole: 329g
- foglio istruzione: 6g.

**Tab. 13 -Il processo Sapi Fine vita imballaggio della cartuccia rigenerata Sapi(senza pallet)**

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>Sapi Fine vita imballaggio cartuccia rigenerata per Sapi (senza pallet)</b>	1 p	U,F,: trattamento fine vita imballaggio della cartuccia rigenerata (senza pallet perché si suppone uguale a quello Sapi,)
<i>Waste to treatment</i>		
Disposal, polystyrene, 0,2% water, to municipal incineration/CH S	83 g	Air bag
Recycling cardboard/RER (senza avoided)	329 g	Cartone,
Recycling paper/RER (senza avoided)	24,47 g	Carta per le istruzioni,

#### **2.2.1.6 Note Sapi**

Il processo di ricostruzione prevede la sostituzione di alcune parti all'interno della cartuccia e l'inserimento di polvere nuova.

Le parti nuove sono:

- imballo in cartone,
- sacchetto plastico che protegge la cartuccia da luce ed umidità,
- polvere di toner da 80 g a 1050 g in funzione del modello (la polvere è composta da stirene acrilato),
- tubo fotosensibile è un tubo di alluminio rivestito da una vernice fotosensibile lungo da 20 a 40 cm in funzione del modello,
- sigillo adesivo: si tratta di una fettuccia in materiale plastico,

f) se rovinati vengono sostituiti rivestimento tubo (in alluminio), lama pulizia (ferro + plastica) e primary charge roller metallo + gomma i pesi di queste parti possono essere misurati scegliendo un determinato modello di cartuccia.

### 2.2.1.7 Il processo del ciclo di vita della cartuccia rigenerata Sapi

L'Unità Funzionale del processo principale è il numero di fogli stampati (16842) durante la vita della cartuccia.

Tab. 14 -Il processo Sapi LCA finale (Steel, electric, un-,and low-alloyed, at plant/RER) U.F.

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>SAPI LCA finale (Steel, electric, un-,and low-alloyed, at plant/RER)</b>	1 p	Unità funzionale: numero di pagine stampate con una cartuccia CALLIGRAPHY rigenerata da Sapi con il 5% di copertura media (desunta da TEST effettuati da Sapi su due modelli di stampanti di cui si è preso il valore medio). Per l'LCA si sono fatte le seguenti assunzioni: -Non si considera la produzione e l'imballaggio della prima cartuccia perché uguale a quella di HP, -Non si considera il fine vita della cartuccia rigenerata perché uguale alla seconda originale di HP, -Si considera la produzione e il fine vita dell'imballaggio della seconda cartuccia HP e della cartuccia rigenerata perché diverso, -Si considera il fine vita del 5% della cartuccia e dell'imballaggio (e non la produzione) che serve per lama e PCR -Non si considera la produzione e il fine vita del toner per le due cartucce di HP (prima cartuccia + seconda cartuccia) e di Sapi (prima cartuccia + cartuccia rigenerata) perché uguali.
<i>Material</i>		
<b>SAPI OPC Drums (tamburo)</b>	1 p	viene sostituito il 100% dei tamburi
<b>SAPI MAG ROLLER</b>	0,02 p	viene sostituito il 2% dei Mag Roller
<b>SAPI Sigillo</b>	1 p	viene sostituito il 100% dei sigilli
<b>SAPI Materiali sostituiti da cartuccia già usata (Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER)</b>	1 p	Processo di sostituzione di alcune componenti con altre derivanti da cartucce usate (mediamente si recupera un 5% di tali componenti), Nel processo richiamato i componenti sono riferiti a questo 5%,
<b>SAPI Imballaggio</b>	1 p	Produzione dell'imballaggio della cartuccia rigenerata che è diverso da quello della seconda cartuccia HP.
<i>Transport/Electricity/Heat</i>		
<b>Transport, lorry 28t/CH S</b>	99,283 kgkm	Trasporto cartuccia (1 kg senza toner + 10g di toner=1,01kg) dalla raccolta alla Sapi: -per il trasporto dalla raccolta a Cinisello Balsamo(Vesti solidale)conservativamente si assume che tutti i percorsi siano uguali al massimo previsto (PAVIA): 65,7km - per il trasporto da Cinisello Balsamo a San Vittore Olona: 32,6km - totale: 65,7+32,6=98,3km 1,01*98,3=99,283kgkm
<b>Transport, lorry 28t/CH S</b>	4,964 kgkm	Trasporto cartuccia per sostituzione lama e PCR dalla raccolta alla Sapi: 98,3km 1,01*98,3=99,283kgkm poiché la sostituzione della lama e del PCR avviene per il 5% delle cartucce

		rigenerate si ha: $0,05 \cdot 99,283 = 4,964 \text{kgkm}$
<b>SAPI Energia di processo</b>	1 p	Energia per il processo di rigenerazione,
<i>Waste to treatment</i>		
<b>SAPI Fine vita materiali sostituiti SAPI</b>	1 p	
<b>SAPI Fine vita imballaggio cartuccia per lama e PCR</b>	0,05 p	Unità Funzionale del processo è l'imballaggio di una intera cartuccia: si richiama quindi per il 5% (percentuale necessaria alla sostituzione),
<b>SAPI Fine vita della cartuccia (senza imballaggio) usata per la sostituzione della lama e del PCR</b>	1 p	
<b>SAPI Fine vita imballaggio della cartuccia rigenerata Sapi</b>	1 p	Imballaggio della cartuccia rigenerata perché diverso da quello HP.

## 2.2.2 I dati di HP

Tutti i dati sono stati ricavati dal documento [8].

Nel seguito sono riportati in lingua originale (*indicata in corsivo*) i dati usati per l'LCA. In lingua italiana sono riportate le scelte fatte nel trattamento dei dati. Inoltre sono riportati i processi principali estratti da SimaPro7.

### 2.2.2.1 LCA-specific data, toner cartridge C4127X

#### 2.2.2.1.1 Functional unit – FU

*“FU is the unit that the LCA-study is based on and the unit to which everything is related. It is also the functional unit that makes it possible to compare different systems to each other.*

*The functional unit has been defined as; “30 000 copies, 5 % average coverage”. That corresponds to one re-used toner cartridge restored two times, and three original toner cartridges. Five-percent average coverage is a “normal” printout and the standard used by the line of business”.*

#### 2.2.2.1.2 System boundaries

##### 2.2.2.1.2.1 Natural systems

*“The involved materials have been followed from cradle to grave where possible. Though, lack of time and information has caused that everything has not been followed through the entire life cycle. Materials put in landfill has not been followed further but has been regarded as in its grave. This may not be entirely true but it is an assumption that has been made to make the study easier to complete.”*

##### 2.2.2.1.2.2 Time

*“Data in the LCA are taken from studies made between 1995 and 2001. For what time the study is valid is entirely dependent on what happens in this field of activities of HP and Tepro. If HP’s share of recycled toner cartridges is increased their impact of each printout will obviously change. Likewise if Tepro were to change the number of restorations they make for each toner cartridge.”*

### **2.2.2.1.2.3 Geographical boundaries**

*“The following assumptions have been in the study: manufacturing/assemblage in Japan, spare parts manufacturing in Holland, use and restoration in Sweden and HP’s recycling in France.”*

### **2.2.2.1.2.4 Technical system**

*“Capitals in form of tools, machines, buildings and travels needed and their life cycles are not included, it is just the environmental impact and the activities directly applicable to the toner cartridge that are included. The laser printer in which the toner cartridge is placed has for example not been included or investigated with LCA-methodology.*

*When the toner cartridge in the re-use alternative leaves restoration/refilling<sup>3</sup>, the study is delimited toward further use since information about what happens with the toner cartridge is unsatisfactory.”*

### **2.2.2.1.2.5 Environmental Impact Assessment**

*“For the environmental impact assessment we have chosen to show the data categories CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, energy consumption and generation of waste, the characterisation method “Global Warming (100 years)”, which is focused on the greenhouse effect, and the weighting methods “EPS 2000”, Eco Sweden 98” and “Tellus”.”*

### **2.2.2.1.3 Characterisation and weighting**

*“Characterisation means that the gathered LCI-data are multiplied with a specific characterisation factor, which is valid for the effect on the environment you wish to investigate. By multiplying the contribution of the different emissions with the characterisation factor, you get a gathered value of how much these emissions contributes to a certain environmental impact category, for instance, acidification, eutrophication or greenhouse effect.*

*In the study the characterisation method “Global Warming (100 years)” has been used. Within this method, which shows the systems contribution to the green house effect, all contributing emissions are converted to CO<sub>2</sub>-equivalents. The index of CO<sub>2</sub> is 1 and for example the index of CH<sub>4</sub> is 21 which means that the amount of CH<sub>4</sub> is multiplied by 21 to be equivalent with CO<sub>2</sub>.*

*The characterisation is based on scientific connections, contrary of the weighting methods. Instead it is weighting objectives of different kinds that is the basis of the weighting and the environmental impact assessment. Examples of weighting objectives are humans’ willingness of payment, political objectives and critical limits of load in the nature. Hence different methods values different emissions in different ways. A certain emission can be very significant in one method but hardly noticeable in another one.*

*In order to get the weighting as objective as possible three different methods are used in the study. The chosen ones are “EPS 2000”, “Eco Sweden 98” and “Tellus”.*

*“EPS” is an abbreviation for “Environmental Priority Strategies in product design”, it is based on willingness of payment to avoid damages, by use of resources and emissions, of five safe guard objects. The five objects are biodiversity, human health, biological production, consumption of natural resources and aesthetic values. The total environmental impact is summed up to a load number measured in ELU, Environmental Load Unit.*

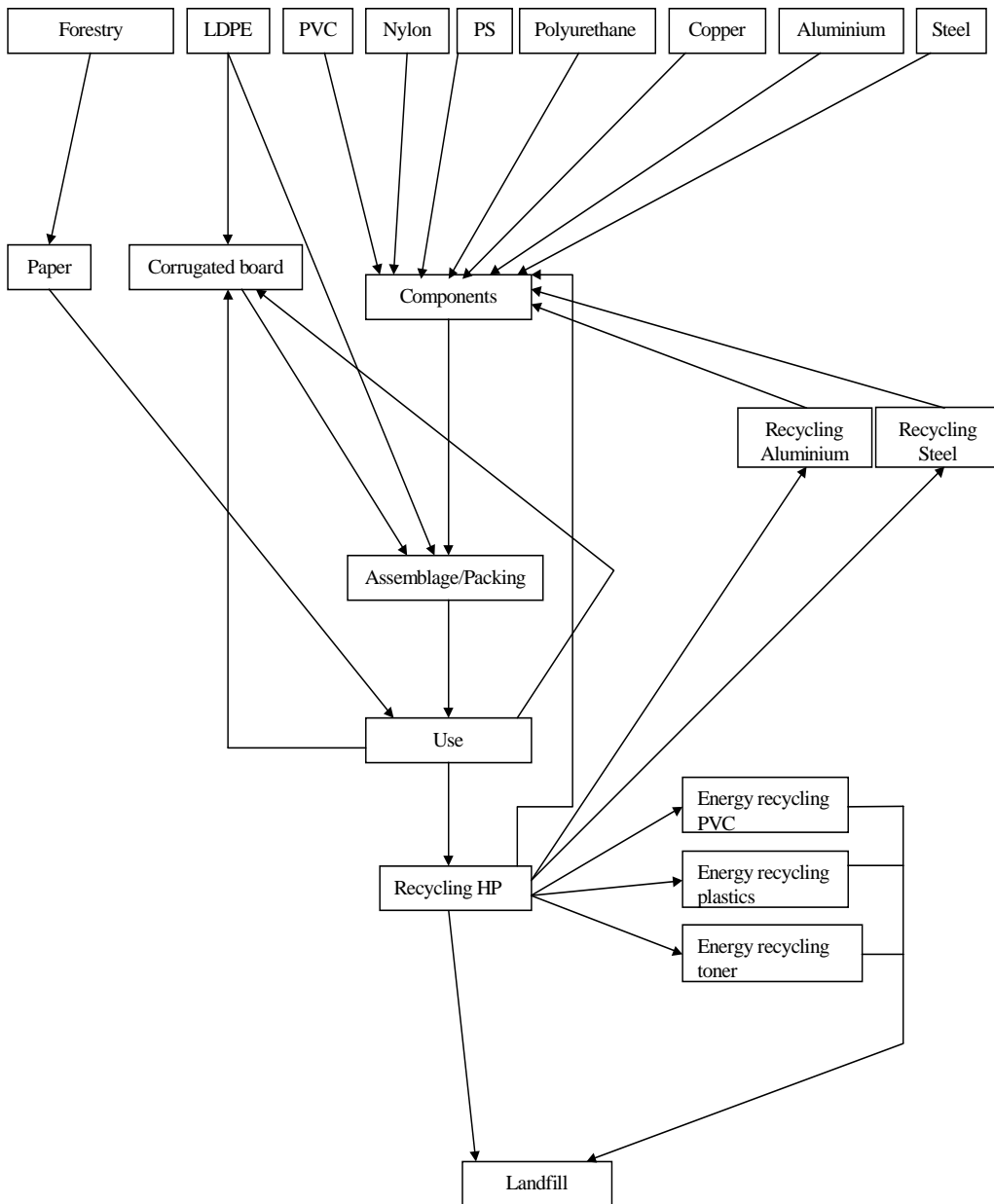
“Eco Sweden 98” values ecoscarcity, that is the relationship between the actual flow of resources and a critical flow based on laws and regulations. The result is presented in Ecopoints.

“Tellus” is based on the control cost for the society of a number of pollutants. From that prices are established when some criteria air pollutants is let out. The result is presented in dollars.”

**2.2.2.2 Flowchart**

“The life cycles of the two alternatives are visually described below by two flowcharts. Figure 1 and 2 presents simplified flowcharts for the life cycles of the toner cartridges. Each arrow represents a transport.” (Fig.6).

**Fig. 6 -The life cycle of an original toner cartridge**





### 2.2.2.3 Materials

“The material structure in the toner cartridge, including packing, is shown in table 1 and 2. Note that toner is not included in the tables. The figures in table 1 are valid for one original toner cartridge. The figures in table 2 are valid for a toner cartridge that has been restored twice at Tepro; accordingly; new parts are included.”

Tab. 15 -Material structure, HP original toner cartridge

Material	Weight (g)
Aluminium	76,68
Copper	0,55
Steel	387,76
Polystyrene	449,69
Nylon	27,73
PVC	6,28
Polyurethane	19,94
Corrugated board	482,93
Paper	24,47
LDPE	26,44

### 2.2.2.4 Component manufacturing

“The inflow of material in the activity is as much as the weight of the product that leaves the activity plus 10 %. If a screw of steel is manufactured there is 110 gram of steel entering the activity. This is an estimation of the loss, when raw material is refined into products.

Outflow is completed components. For the sake of simplicity completed components are shipped to “assemblage/packing” as well as “restoration/refilling” from the same activity. For each toner cartridge in the re-use alternative the outflow of components are 968,6 g to assemblage/packing, 168,5 g to restoration/refilling<sup>1</sup> and 104,1 to restoration/refilling<sup>2</sup>. In the other alternative the outflow is 968,6 g to assemblage/packing.

The electrical consumption has been estimated to 30 kWh / toner cartridge.

La manifattura dei componenti di una cartuccia è stata considerata richiedere l'energia di 30kWh. Per l'energia elettrica è stato usato il processo di banca dati Energy Asia I.”

### 2.2.2.5 Assemblage/packing

“Inflows to the activity are completed components and a HP-package. The components are put together, packed and shipped to the user. The activity takes place in Japan. The electrical consumption has been estimated to 10 kWh / toner cartridge. L'assemblaggio dei componenti di una cartuccia è stata considerata richiedere l'energia di 10kWh. Per l'energia elettrica è stato usato il processo di banca dati Energy Asia I.”

### 2.2.2.6 Transports

“All transports present in the two alternatives are presented below. Assumptions have been made regarding distance, way of transport and to a certain degree also regarding geographical location. Transports that only appear in one of the alternatives are followed by either (O) original or (R) restored, re-used in the column specific transport.”

**Tab. 16 -Transports during the life cycle of the toner cartridges. (O = original, R = restored, re-used)**

From activity	To activity	Distance (km)	Way of transport	Specific transport
Forestry	Paper production	500	Heavy truck	
LDPE-production	Assemblage/packing	200	Heavy truck	
LDPE-production	Restoration/refilling	350	Heavy truck	R
PVC-production	Component manufacturing	200	Heavy truck	
Polyurethane-production	Component manufacturing	200	Heavy truck	
Nylon production	Component manufacturing	200	Heavy truck	
PS-production	Component manufacturing	200	Heavy truck	
Aluminium production	Component manufacturing	200	Heavy truck	
Steel production	Component manufacturing	200	Heavy truck	
Copper production	Component manufacturing	200	Heavy truck	
Paper production	Assemblage/packing	350	Heavy truck	
Assemblage/packing	Use	30 000	Freighter	
Paper production	Use	350	Heavy truck	
Corrugated board production	Assemblage/packing	350	Heavy truck	
Component manufacturing	Assemblage/packing	200	Heavy truck	
Toner production	Assemblage/packing	200	Heavy truck	
Use	Recycling HP	2000	Heavy truck	O
Use	Landfill	10	Heavy truck	
Use	Corrugated board production	350	Heavy truck	
Recycling HP	Al-recycling	100	Heavy truck	O
Recycling HP	Steel-recycling	100	Heavy truck	O
Recycling HP	Corrugated board production	350	Heavy truck	O
Recycling HP	Landfill	10	Heavy truck	O
Recycling HP	Energy recovery mixed plastics	100	Heavy truck	O
Recycling HP	Energy recovery PVC	100	Heavy truck	O
Recycling HP	Energy recovery toner	100	Heavy truck	O
Recycling HP (Cu)	Component manufacturing	500	Heavy truck	O
Energy recovery	Landfill	10	Heavy truck	
Al-recycling	Component manufacturing	500	Heavy truck	
Steel-recycling	Component manufacturing	500	Heavy truck	
Restoration/refilling	Corrugated board production	350	Heavy truck	R
Toner production	Restoration/refilling	30 000	Freighter	R

Corrugated board production	Restoration/refilling	350	Heavy truck	R
Component manufacturing	Restoration/refilling	2000	Heavy truck	R
Use	Restoration/refilling	350	Heavy truck	R
Restoration/refilling	Use	350	Heavy truck	R
Restoration/refilling	Energy recovery mixed plastics	100	Heavy truck	R
Restoration/refilling	Energy recovery PVC	100	Heavy truck	R
Restoration/refilling	Energy recovery toner	450	Heavy truck	R
Restoration/refilling	Holland	2000	Heavy truck	R
Restoration/refilling	Al-recycling	100	Heavy truck	R
Restoration/refilling	Steel-recycling	100	Heavy truck	R

Si è assunto che il consumatore della cartuccia di HP sia a Milano (Italia) e quindi, il trasporto avviene dal Giappone all'Inghilterra e, successivamente a Milano.

Nel fine vita della prima cartuccia non è considerato il packaging perché compare nella stessa quantità sia per HP che per Sapi

Nel fine vita della prima cartuccia non è considerato il toner rimasto nella cartuccia (stimato corrispondente all' 1% del peso della cartuccia stessa) perché ipotizzato nella stessa quantità sia per HP che per Sapi.

#### **2.2.2.6.1 I processi di produzione della seconda cartuccia, di trasporto dalla manifattura all'assemblaggio, di trasporto dall'assemblaggio al consumatore**

Tab. 17 -Il processo HP Produzione della seconda cartuccia (Steel, electric, un-and low-alloyed, at plant/RER)

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>HP Produzione della seconda cartuccia (Steel, electric, un-and low-alloyed, at plant/RER)</b>	1 p	Il packaging della seconda cartuccia è di cartone e la pagina delle istruzioni (24,47g di paper), Si considerano uguali a quelli di SAPI per la cartuccia rigenerata e quindi non vengono considerati, La produzione dei componenti avviene in Giappone.
<i>Material</i>		
Aluminium, primary, at plant/RER S	76,68 g	
Copper, at regional storage/RER S	0,55 g	
Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER S	387,76 g	
Polystyrene, general purpose, GPPS, at plant/RER S	449,69 g	
Nylon 6, at plant/RER S	27,73 g	
Polyvinylchloride, at regional storage/RER S	6,28 g	
Polyurethane, flexible foam, at plant/RER S	19,94 g	
<i>Transport/Electricity/Heat</i>		
Transport, lorry 28t/CH S	15,336 kgkm	Trasporto alluminio 200km; 76,68g*200km=15336gkm
Transport, lorry 28t/CH S	0,11 kgkm	Trasporto rame 200km; 0,55g*200km=110gkm
Transport, lorry 28t/CH S	77,552 kgkm	Trasporto acciaio 200km;

		387,76g*200km=77552gkm
Transport, lorry 28t/CH S	89,938 kgkm	Trasporto PS 200km; 49,69g*200km=89938gkm
Transport, lorry 28t/CH S	5,546 kgkm	Trasporto Nylon 200km 27,73g*200km=5546gkm
	1,256 kgkm	Trasporto PVC 200km 6,28g*200km=1256gkm
	3,988 kgkm	Trasporto PUR 200km 19,94g*200km=3988gkm
Energy Asia I	30 kWh	Energia per la manifattura dei componenti di una cartuccia

**Tab. 18 -Il processo HP Trasporto dei componenti dalla manifattura all'assemblaggio**

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>HP Trasporto dei componenti dalla manifattura all'assemblaggio</b>	1 p	Trasporto dei componenti dalla manifattura all'assemblaggio di: - cartuccia: 968,63g, - packaging composto da 507,4g di paper e corrugated board e di 26,44g di LDPE, Peso totale: 1502,47g
<i>Transport/Electricity/Heat</i>		
Transport, lorry 28t/CH S	199,014 kgkm	Trasporto dalla manifattura al packaging in Giappone di 968,63g+26,44g=995,07g per 200km: 995,07g*200km=199014gkm
Transport, lorry 28t/CH S	177,590 kgkm	Trasporto dalla manifattura al packaging in Giappone di 507,4g di paper e corrugated board per 350km: 507,4g*350km=177590gkm
Energy Asia I	10 kWh	10 kWh per cartuccia

**Tab. 19 -Il processo HP Trasporto dei componenti dall'assemblaggio all'utilizzatore**

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>HP Trasporto dei componenti dall'assemblaggio all'utilizzatore</b>	1 p	Trasporto dei componenti dall'assemblaggio (Giappone) all'utilizzatore (GB) di: cartuccia: 968,63g, Packaging composto da 507,4g di paper e corrugated board e di 26,44g di LDPE, Peso toner: 450g, Peso totale: 1952,47g
<i>Transport/Electricity/Heat</i>		
Freighter oceanic ETH S	58,5741 tkm	Trasporto dall'assemblaggio (Giappone) all'Inghilterra per 30000km; 1952,47g*30000km=58574100gkm
Transport, lorry 28t/CH S	177,590 kgkm	Trasporto dalla manifattura al packaging in Giappone; 507,4g*350km=177590gkm
Transport, lorry 28t/CH S	2524,54371 kgkm	Trasporto dall'Inghilterra(Londra) all'Italia(Mi): distanza: 1293km 1952,47g*1293km=2524543,71gkm

### **2.2.2.6.2 Fine vita dei componenti delle due cartucce HP**

Il fine vita dei componenti della prima cartuccia HP si suppone che subiscano gli stessi trattamenti di quelli della seconda cartuccia HP. (Vedi Paragrafo 2.2.1.4.1.1):

- i componenti metallici vengono separati da quelli di plastica

- i componenti metalli vanno al riciclo (senza coprodotto o prodotti evitati)
- i componenti di plastica vanno all'inceneritore municipale (senza coprodotto o energia evitata)

Si suppone che i fine vita dei componenti della seconda cartuccia siano uguali a quelli dei componenti della cartuccia rigenerata da Sapi e, quindi, non vengono considerati.

Si suppone che l'imballaggio della prima cartuccia HP sia uguale a quello della cartuccia originale che, dopo l'uso, viene raccolta da Sapi e quindi non viene considerato né per la produzione, né per il fine vita.

L'imballaggio della seconda cartuccia originale HP è diverso da quello della cartuccia rigenerata che, dopo l'uso, viene smaltita dai consumatori Sapi e quindi viene considerato sia per la produzione che per il fine vita.

**Tab. 20 -Il processo HP Fine vita prima cartuccia HP (Francia)**

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>HP Fine vita prima cartuccia HP (Francia)</b>	1 p	Non consideriamo il packaging perché compare nella stessa quantità sia per HP che per SAPI, Non consideriamo il toner restante (stimato corrispondente al 10% del peso della cartuccia) perché ipotizzato nella stessa quantità sia per HP che per SAPI
<i>Electricity/heat</i>		
Transport, lorry 28t/CH S	783,62167 kgkm	
<i>Waste to treatment</i>		
Recycling copper (con coprodotto)	0,55 g	Viaggio da Milano alla Francia (città di riferimento: Bourges) relativa al trasporto della cartuccia originale HP da smaltire dall'utilizzatore (Milano) agli impianti di smaltimento(Francia) Distanza:809 km 968,63g*809km=783621,67gkm
Recycling aluminium/RER (senza avoided)	76,68 g	
Recycling steel and iron/RER (senza avoided)	387,76 g	
Disposal, polystyrene, 0,2% water, to municipal incineration/CH S	449,69 g	
Disposal, plastics, mixture, 15,3% water, to municipal incineration/CH S	27,73 g	Fine vita componenti in nylon
Disposal, polyvinylchloride, 0,2% water, to municipal incineration/CH S	6,28 g	Fine vita componenti in PVC
Disposal, polyurethane, 0,2% water, to municipal incineration/CH S	19,94 g	Fine vita componenti in PE

**Tab. 21 -Il processo HP Fine vita dell'imballaggio della seconda cartuccia HP**

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>HP Fine vita imballaggio seconda cartuccia HP</b>	1 p	Non consideriamo il packaging perché compare nella stessa quantità sia per HP che per SAPI, Non consideriamo il toner restante (stimato corrispondente al 10% del peso della

		cartuccia) perché ipotizzato nella stessa quantità sia per HP che per SAPI
<i>Waste to treatment</i>		
Disposal, polystyrene, 0,2% water, to municipal incineration/CH S	26,44 g	Air bag
Recycling cardboard/RER (senza avoided)	482,93 g	cartone
Recycling paper/RER (senza avoided)	24,47 g	carta

### 2.2.2.7 Il processo del ciclo di vita della cartuccia HP

L'Unità Funzionale del processo principale è il numero di fogli stampati (13942) durante la vita della cartuccia.

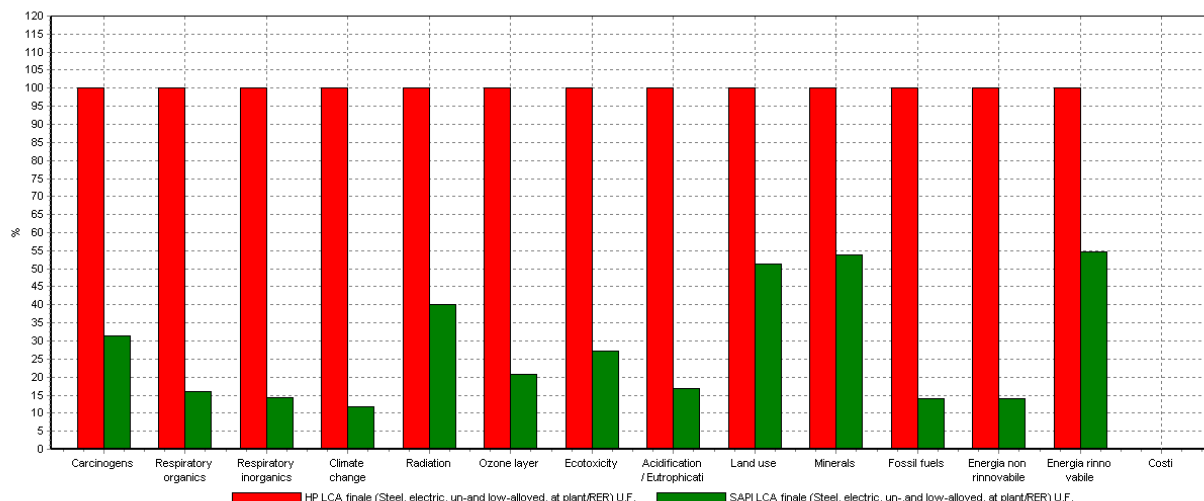
Tab. 2210 -Il processo HP LCA finale (Steel, electric, un and low alloyed, at plant/RER) U.F.

<b>NOME PROCESSO</b>	<b>QUANTITÀ/UF</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>HP LCA finale (Steel, electric, un-and low-alloyed, at plant/RER) U,F,</b>	1 p	Unità funzionale: numero di pagine stampate con una cartuccia originale HP 4000 (desunta da TEST effettuati da Sapi su due modelli di stampanti di cui si è preso il valore medio), Per l'LCA si sono fatte le seguenti assunzioni: - Non si considera la produzione e l'imballaggio della prima cartuccia perché uguale a quella di Sapi -Non si considera il fine vita della seconda cartuccia perché uguale a quella rigenerata di Sapi -Si considera la produzione e il fine vita dell'imballaggio della seconda cartuccia HP perché diverso da quello della cartuccia rigenerata da Sapi -Non si considera la produzione e il fine vita del toner per le due cartucce di HP (prima cartuccia + seconda cartuccia) e di Sapi (prima cartuccia + cartuccia rigenerata) perché uguali.
<i>Electricity/heat</i>		
HP Produzione della seconda cartuccia (Steel, electric, un-and low-alloyed, at plant/RER)	1 p	La produzione della seconda cartuccia (compreso l'imballaggio) che corrisponde alla rigenerazione della cartuccia Sapi.
HP Trasporto dei componenti dalla manifattura all'assemblaggio	1 p	
HP Trasporto dei componenti dall'assemblaggio all'utilizzatore	1 p	
HP Fine vita prima cartuccia HP (Francia)	1 p	Il fine vita della prima cartuccia corrisponde al processo di rigenerazione di Sapi
HP Produzione imballaggio della seconda cartuccia HP	1 p	La produzione della seconda cartuccia (compreso l'imballaggio) che corrisponde alla rigenerazione della cartuccia Sapi
HP Fine vita dell'imballaggio della seconda cartuccia HP	1 p	Si considera il fine vita dell'imballaggio della seconda cartuccia perché diverso da quello della cartuccia Sapi rigenerata

## 2.3 VALUTAZIONE DEL DANNO DELLA CARTUCCIA ORIGINALE E RIGENERATA MEDIANTE DIVERSI METODI DI VALUTAZIONE

### 2.3.1 La valutazione secondo Eco-indicator99 modificato

Fig. 7 -Il diagramma della caratterizzazione del confronto LCA HP e LCA Sapi con Eco-indicator 99



Comparing 1 p processing 'HP LCA finale (Steel, electric, un-and low-alloyed, at plant/RER) U.F.' with 1 p processing 'SAPI LCA finale (Steel, electric, un-and low-alloyed, at plant/RER) U.F.'; Method: Eco-indicator 99 (E) 240807 V2.04 / Europe E1 99 EEI / c

Tab. 23 -La caratterizzazione del confronto LCA HP e LCA Sapi con Eco-indicator 99

IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
Carcinogens	DALY	8,79E-11	2,76E-11	6,03E-11	- 68,60%
Respiratory organics	DALY	7,26E-13	1,15E-13	6,11E-13	- 84,16%
Respiratory inorganics	DALY	7,45E-10	1,06E-10	6,39E-10	- 85,77%
Climate change	DALY	27,5E-11	3,21E-11	24,3E-11	- 88,33%
Radiation	DALY	13,9E-13	5,56E-13	8,34E-13	- 60%
Ozone layer	DALY	7,89E-14	1,63E-14	6,26E-14	- 79,34%
Ecotoxicity	PAF*m2yr	14,4E-5	3,9E-5	10,5E-06	- 72,92%
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	30,8E-6	5,17E-6	25,6E-06	- 83,21%
Land use	PDF*m2yr	14,9E-6	7,66E-6	7,24E-06	- 48,59%
Minerals	MJ surplus	5,13E-5	2,75E-5	2,38E-05	- 46,39%
Fossil fuels	MJ surplus	0,00108	0,000151	0,000929	- 86,02%
Energia non rinnovabile	MJ	0,0159	0,00224	0,013700	- 85,91%
Energia rinnovabile	MJ	0,000711	0,000389	0,000322	- 45,29%

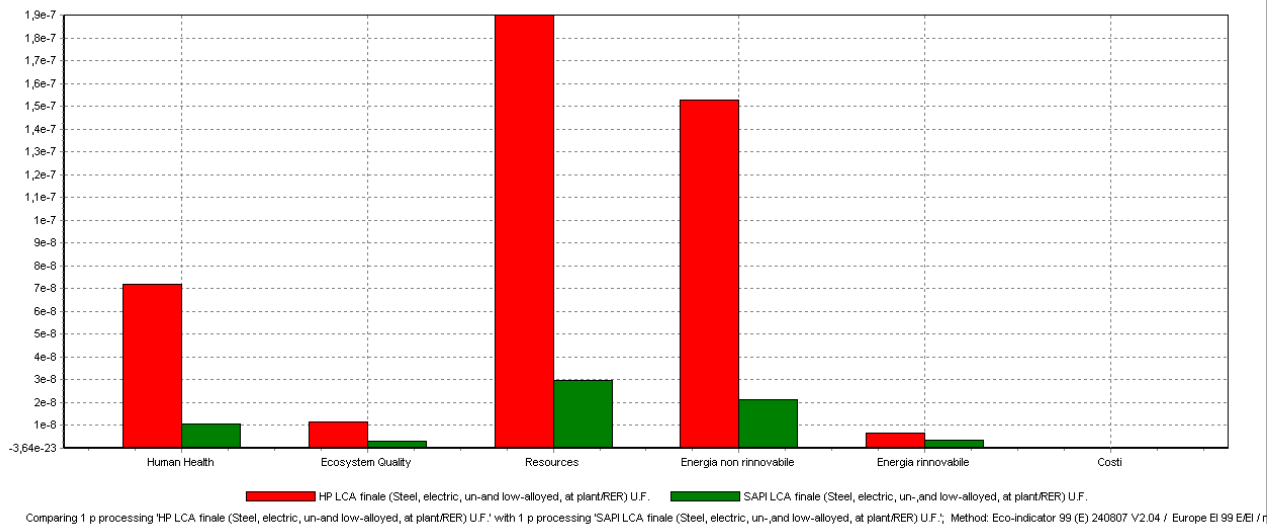
Una prima lettura della tabella dimostra che il processo relativo alla produzione e uso di una cartuccia Calligraphy rigenerata da SAPI permette una notevole diminuzione del danno: nell'ultima

colonna della Tab. 23 si riporta la differenza di danno e cioè il valore della riduzione di impatto ambientale dovuto all'attività di SAPI.

Dall'analisi dei risultati della caratterizzazione si nota che:

- l'Energia non rinnovabile consumata da Sapi (0.00224 Pt) è inferiore del 85.91% rispetto a quella consumata da HP (0.0159 Pt) principalmente a causa di Coal, 29.3 MJ per kg, in ground (in particolare in Energy Asia) e di Gas natural, in ground (in particolare nella produzione del PS).
- Il danno dovuto a Climate change per Sapi (3,21E-11 DALY) è inferiore dell'88.33% rispetto a quello generato da HP (27,5E-11 DALY) principalmente a causa di Carbon dioxide (in particolare nella produzione e nell'assemblaggio dei componenti nel processo Energy Asia I) e di Carbon dioxide, fossil (nel fine vita e nella produzione dei componenti di polistirene).

Fig. 8- Il diagramma della normalizzazione del confronto LCA HP e LCA Sapi con Eco-indicator 99

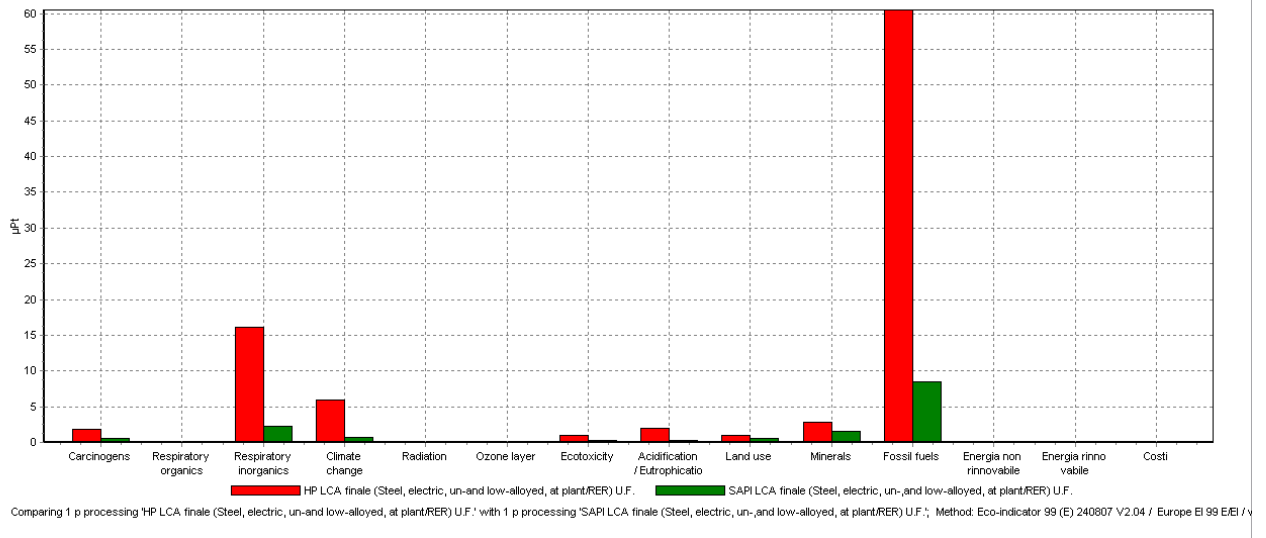


Tab.24 -La normalizzazione del confronto LCA HP e LCA Sapi con Eco-indicator 99

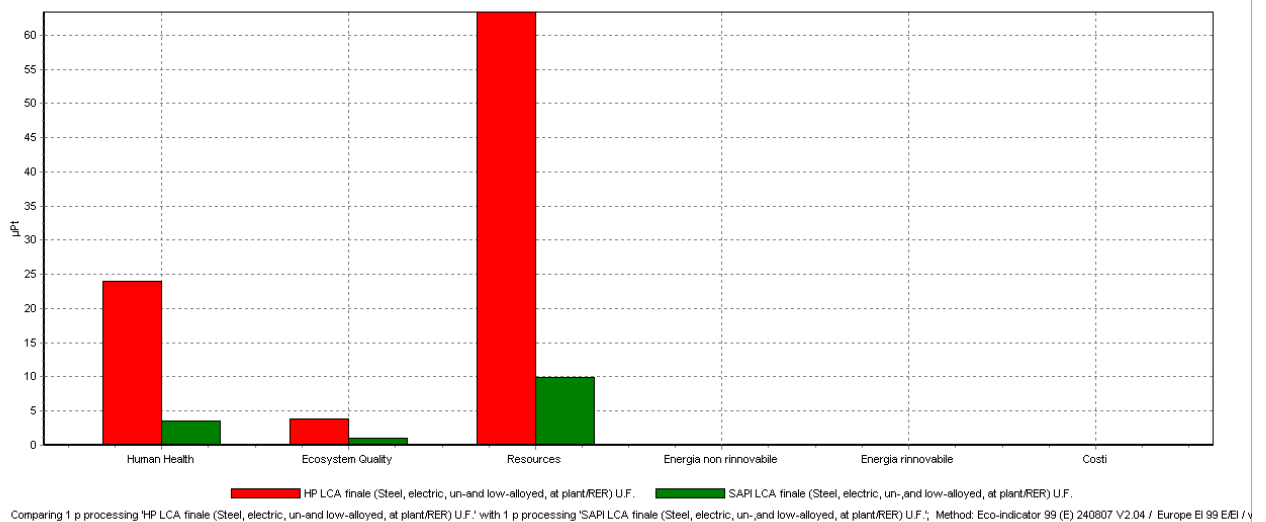
DAMAGE CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-,AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO (NORMALIZZATO) A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
Human Health	--	7,18E-8	1,07E-8	6,11E-08	- 85,10%
Ecosystem Quality	--	11,7E-9	3,26E-9	8,44E-09	- 72,14%
Resources	--	19E-8	2,99E-8	16E-08	- 84,26%
Energia non rinnovabile	--	15,3E-8	2,14E-8	13,2E-08	- 86,01%
Energia rinnovabile	--	6,81E-9	3,73E-9	3,08E-09	- 45,23%



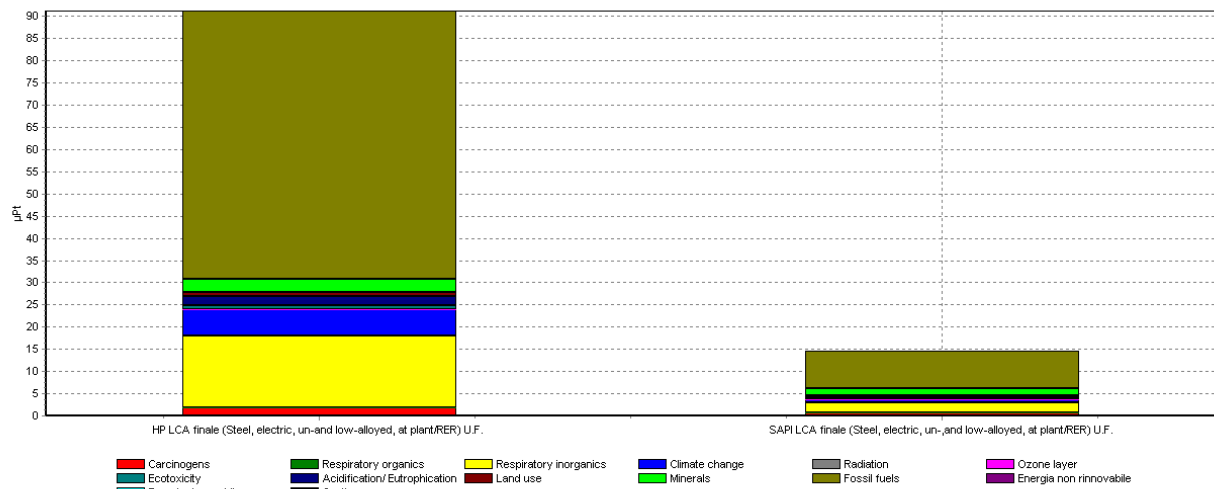
**Fig. 9 -Il diagramma della valutazione per *impact category* del danno mediante Eco-indicator 99 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**



**Fig. 10 -Il diagramma della valutazione per *damage category* del danno mediante Eco-indicator 99 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**



**Fig. 11- Il diagramma della valutazione per *single score* del danno mediante Eco-indicator 99 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**



Comparing 1 p processing 'HP LCA finale (Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER) U.F.' with 1 p processing 'SAPI LCA finale (Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER) U.F.'. Method: Eco-indicator 99 (E) 240807 V2.04 / Europe EI 99 EEI / s

La valutazione (Tab. 25) riporta un indicatore finale (misurato in Pt) comparabile per tutte le categorie di impatto ambientale.

**Tab. 115 -La valutazione del danno mediante Eco-indicator 99 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**

IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-, AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
<b>Total</b>	<b>Pt</b>	<b>9,12E-5</b>	<b>1,46E-5</b>	<b>7,66E-05</b>	<b>- 83,99%</b>
Carcinogens	Pt	19E-7	5,94E-7	13,1E-07	- 68,74%
Respiratory organics	Pt	15,7E-9	2,48E-9	13,2E-09	- 84,20%
Respiratory inorganics	Pt	16,1E-6	2,28E-6	13,8E-06	- 85,84%
Climate change	Pt	59,3E-7	6,92E-7	52,4E-07	- 88,33%
Radiation	Pt	2,99E-8	1,2E-8	1,79E-08	- 59,87%
Ozone layer	Pt	17E-10	3,51E-10	13,5E-10	- 79,35%
Ecotoxicity	Pt	9,33E-7	2,54E-7	6,79E-07	- 72,78%
Acidification/ Eutrophication	Pt	21E-7	3,36E-7	16,6E-07	- 84%
Land use	Pt	9,71E-7	4,98E-7	4,73E-07	- 48,71%
Minerals	Pt	2,87E-6	1,54E-6	1,33E-06	- 46,34%
Fossil fuels	Pt	60,5E-6	8,43E-6	52,1E-06	- 86,07%

Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

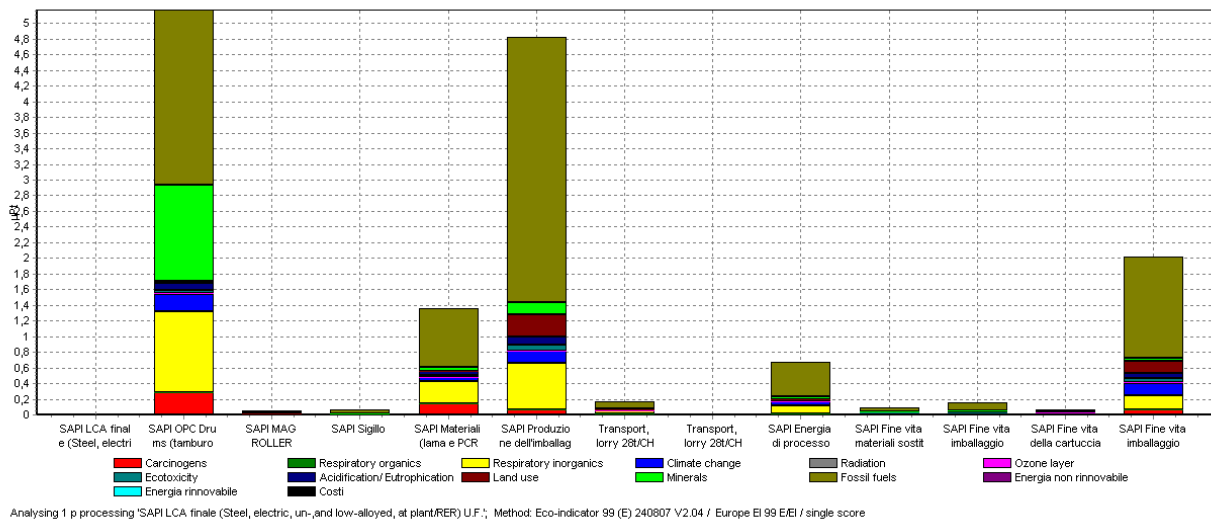
- il danno prodotto da Sapi (1.46E-5 Pt) è il 83.99% inferiore a quello di HP (9.12E-5 Pt).
- In Human Health il danno di Sapi (3.58E-6 Pt) è inferiore dell' 85.02% rispetto a quello di HP (2.39E-5 Pt) che è dovuto principalmente a Sulfur oxides, a Carbon dioxide (in

particolare per l'energia elettrica Energy Asia I per la manifattura e l'assemblaggio) e a Nitrogen oxides (in particolare in Transport lorry 28t/CH e in Freighter oceanic ETH (trasporto dei componenti della cartuccia HP dall'assemblaggio all'utilizzatore).

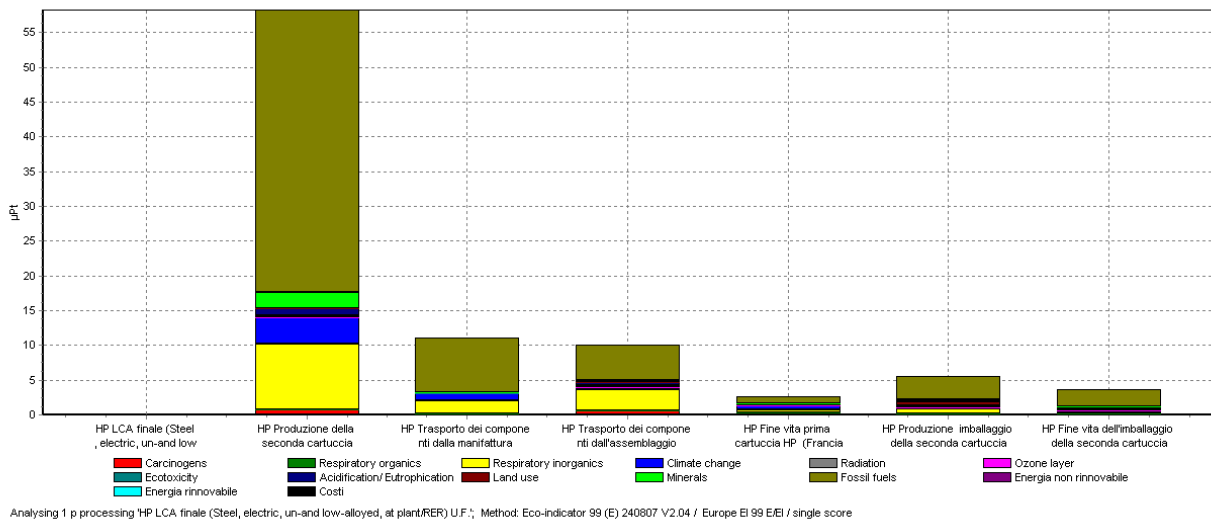
- In Ecosystem Quality il danno di Sapi (1.09E-6 Pt) è inferiore del 72.12% rispetto a quello di HP (3.91E-6 Pt) che è dovuto principalmente a Nitrogen oxides e a Nitrogen dioxide (quest'ultimo in particolare per l'energia elettrica Energy Asia I).
- In Resources il danno di Sapi (9.97E-6 Pt) è inferiore dell'83.48% rispetto a quello di HP (6.34E-5 Pt) che è dovuto principalmente a Coal, 29.3 MJ per kg, in ground (in Energy Asia I), a Gas, natural, in ground, a Oil, crude, in ground (in particolare per la produzione di PS) e a Oil, crude, 41 MJ per kg in ground (in Energy Asia I).

Di seguito vengono riportati i diagrammi della valutazione dei processi Sapi e HP.

**Fig. 12 -La valutazione per single score del processo Sapi LCA finale**



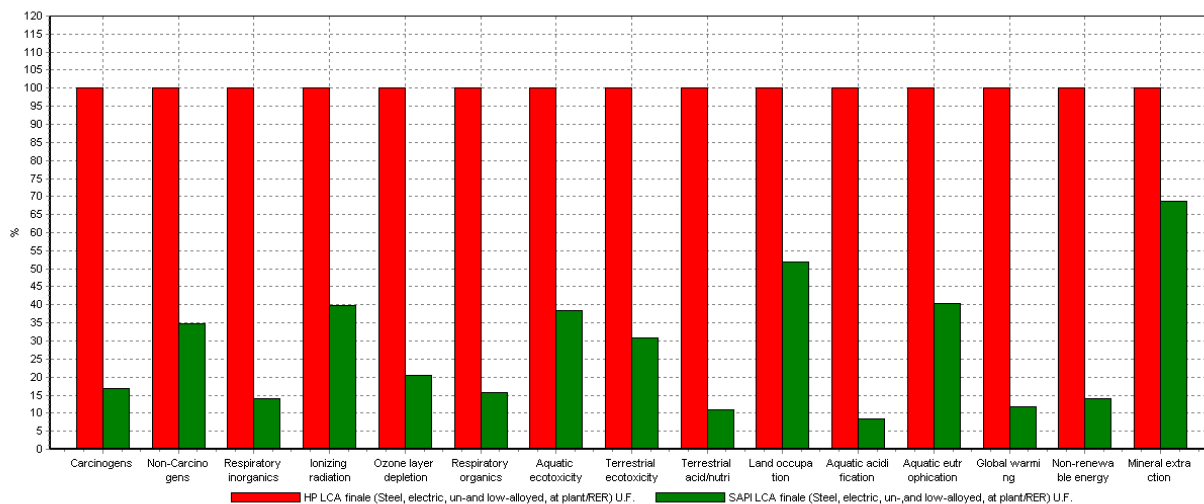
**Fig. 13 -La valutazione per single score del processo HP LCA finale**



Dai risultati riportati in Fig.13 si nota che la causa di maggiore danno ambientale è la produzione della seconda cartuccia.

### 2.3.2 La valutazione secondo IMPACT 2002+ modificato

Fig. 14 -Il diagramma della caratterizzazione del danno mediante IMPACT 2002+ della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi



Comparing 1 p processing 'HP LCA finale (Steel, electric, un-and low-alloyed, at plant/RER) U.F.' with 1 p processing 'SAPI LCA finale (Steel, electric, un-,and low-alloyed, at plant/RER) U.F.'. Method: IMPACT 2002+ 280807 V2.02 / IMPACT 2002+ / charact

Tab. 26 -La caratterizzazione del danno mediante IMPACT 2002+ della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi

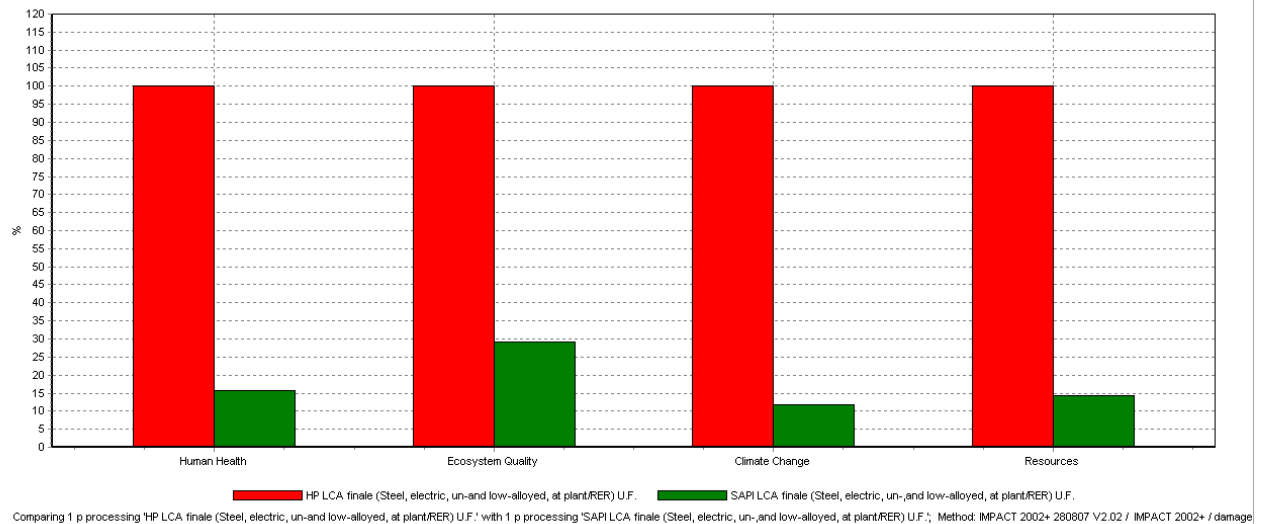
IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN- AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-,AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
Carcinogens	kg C2H3Cl	39,7E-6	6,73E-6	33E-06	- 83,05%
Non-Carcinogens	kg C2H3Cl	16,2E-6	5,65E-6	10,6E-06	- 65,12%
Respiratory inorganics	kg PM2.5	10,6E-7	1,51E-7	9,09E-07	- 85,75%
Ionizing radiation	Bq C-14	0,00692	0,00276	0,00416	- 60,12%
Ozone layer depletion	kg CFC-11	7,63E-11	1,57E-11	6,06E-11	- 79,42%
Respiratory organics	kg ethylene	33,6E-8	5,24E-8	28,4E-08	- 84,40%
Aquatic ecotoxicity	kg TEG water	0,0637	0,0245	0,03920	- 61,54%
Terrestrial ecotoxicity	kg TEG soil	0,00942	0,0029	0,00652	- 69,21%
Terrestrial acid/nutri	kg SO2	23,7E-6	2,61E-6	21,1E-06	- 88,99%
Land	m2org.arable	11,5E-6	5,97E-6	5,53E-06	- 48,09%

occupation					
Aquatic acidification	kg SO2	74E-7	6,28E-7	<b>67,7E-07</b>	<b>- 91,51%</b>
Aquatic eutrophication	kg PO4 P-lim	2,62E-8	1,06E-8	<b>1,56E-08</b>	<b>- 59,54%</b>
Global warming	kg CO <sub>2</sub>	0,00131	0,000154	<b>0,00116</b>	<b>- 88,24%</b>
Non-renewable energy	MJ primary	0,0161	0,00227	<b>0,01380</b>	<b>- 85,90%</b>
Mineral extraction	MJ surplus	3,37E-5	2,32E-5	<b>1,05E-05</b>	<b>- 31,16%</b>

Dall'analisi dei risultati della caratterizzazione si nota che:

- in Global warming il danno di Sapi (0.000154 kgCO<sub>2</sub>) è inferiore dell'88.24% rispetto a quello di HP (0.00131 kgCO<sub>2</sub>) che è dovuto principalmente a Carbon dioxide (in Energy Asia I) e a Carbon dioxide, fossil (per la produzione e il fine vita di PS). Per Sapi le sostanze che maggiormente contribuiscono al danno sono le stesse: soltanto che Carbon dioxide è dovuta principalmente all'energia elettrica italiana e Carbon dioxide, fossil è dovuta principalmente alla produzione dell'alluminio;
- in Non-renewable Energy il danno di Sapi (0.00227 MJ) è inferiore dell'85.9% rispetto a quello di HP (0.0161 MJ) che è dovuto principalmente a Coal, 29.3 MJ per kg, in ground (in particolare nel consumo di energia elettrica per la produzione e per l'assemblaggio dei componenti, nel processo Energy Asia I), a Gas, natural, in ground e a Oil, crude, in ground (in particolare nella produzione dei componenti in Polistirene).

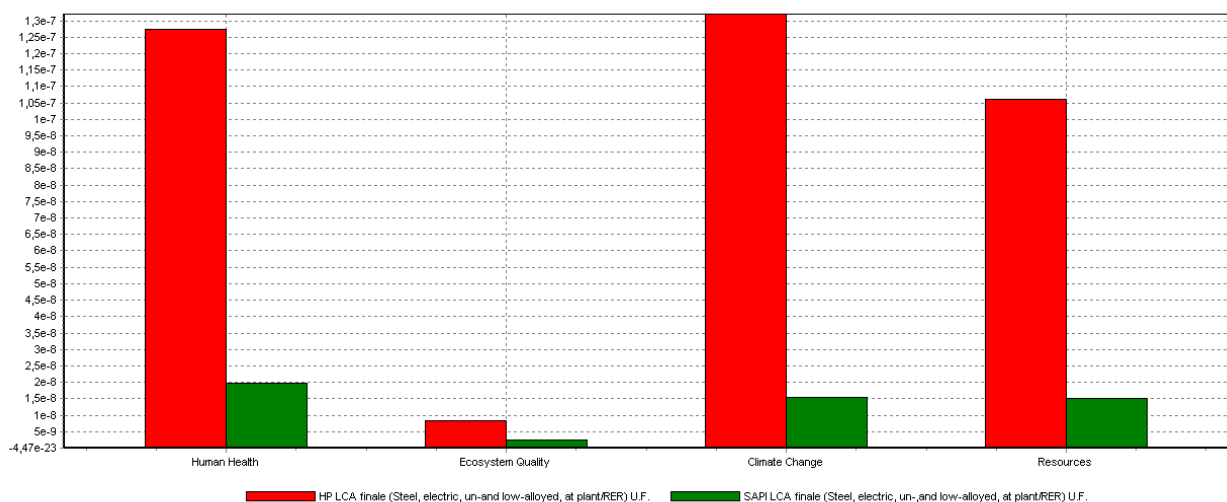
**Fig. 15 -Il diagramma del damage assessment del danno mediante IMPACT 2002+ della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**



**Tab. 2712 -Il damage assessment del danno mediante IMPACT 2002+ della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**

IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN- AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN- AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
Carcinogens	DALY	11,1E-11	1,88E-11	9,22E-11	- 83,06%
Non-Carcinogens	DALY	4,53E-11	1,58E-11	2,95E-11	- 65,12%
Respiratory inorganics	DALY	7,44E-10	1,05E-10	6,39E-10	- 85,89%
Ionizing radiation	DALY	14,5E-13	5,8E-13	8,70E-13	- 60%
Ozone layer depletion	DALY	8,01E-14	1,64E-14	6,37E-14	- 79,53%
Respiratory organics	DALY	7,15E-13	1,12E-13	6,03E-13	- 84,34%
Aquatic ecotoxicity	PDF*m2*yr	3,2E-6	1,23E-6	1,97E-06	- 61,56%
Terrestrial ecotoxicity	PDF*m2*yr	7,45E-5	2,29E-5	5,16E-05	- 69,26%
Terrestrial acid/nutri	PDF*m2*yr	24,7E-6	2,71E-6	22E-06	- 89,03%
Land occupation	PDF*m2*yr	12,5E-6	6,51E-6	5,99E-06	- 47,92%
Global warming	kg CO <sub>2</sub>	0,00131	0,000154	0,00116	- 88,24%
Non-renewable energy	MJ primary	0,0161	0,00227	0,01380	- 85,90%
Mineral extraction	MJ primary	3,37E-5	2,32E-5	1,05E-05	- 31,16%

**Fig. 16 -Il diagramma della normalizzazione per damage category del danno mediante IMPACT 2002+ della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**

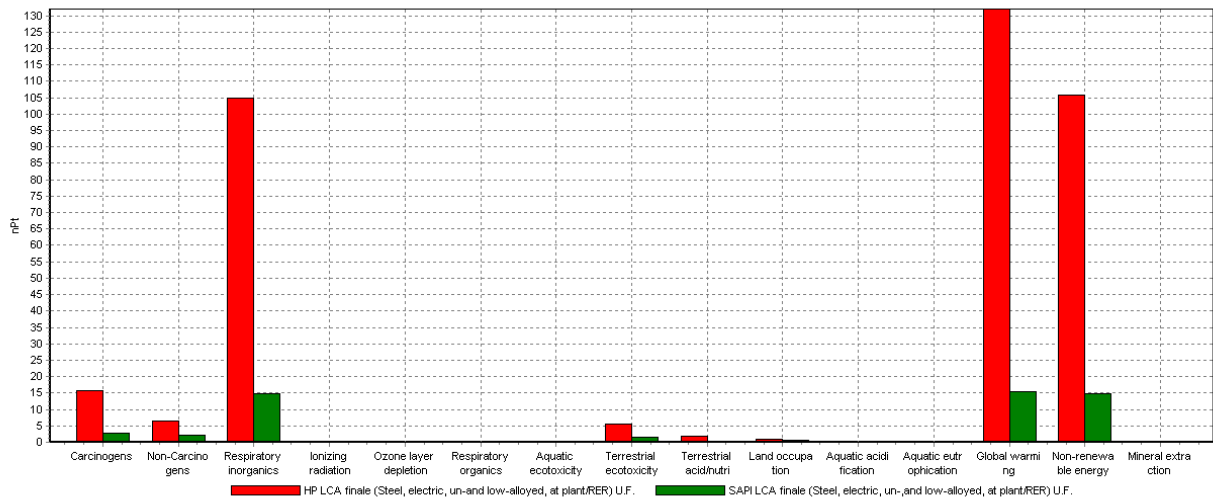


Comparing 1 p processing 'HP LCA finale (Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER) U.F.' with 1 p processing 'SAPI LCA finale (Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER) U.F.'; Method: IMPACT 2002+ 280807 V2.02 / IMPACT 2002+ / normals

Tab. 28 -La normalizzazione per *damage category* del danno mediante IMPACT 2002+ della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi

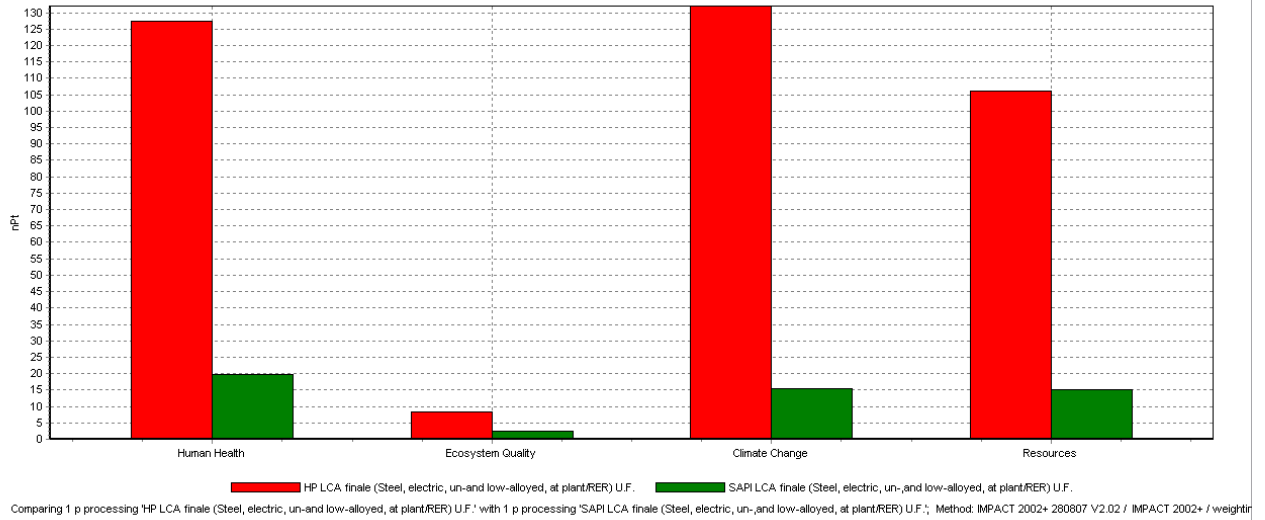
DAMAGE CATEGORY	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-,AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
Human Health	12,7E-8	1,98E-8	10,7E-08	- 84,41%
Ecosystem Quality	8,39E-9	2,44E-9	5,95E-09	- 70,92%
Climate Change	13,2E-8	1,55E-8	11,7E-08	- 88,26%
Resources	10,6E-8	1,51E-8	9,09E-08	- 85,75%

Fig. 17- Il diagramma della valutazione per *impact category* del danno mediante IMPACT 2002+ della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi

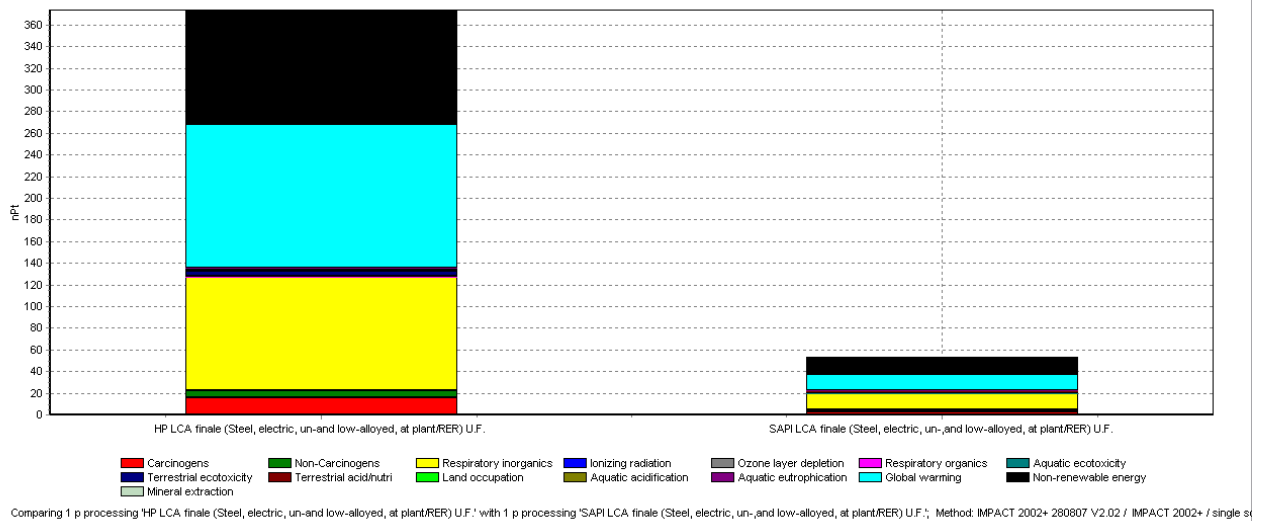


Comparing 1 p processing 'HP LCA finale (Steel, electric, un-and low-alloyed, at plant/RER) U.F.' with 1 p processing 'SAPI LCA finale (Steel, electric, un-,and low-alloyed, at plant/RER) U.F.'; Method: IMPACT 2002+ 280807 V2.02 / IMPACT 2002+ / weight

**Fig. 18 -Il diagramma della valutazione per *damage category* del danno mediante IMPACT 2002+ della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**



**Fig. 19 -Il diagramma della valutazione per *single score* del danno mediante IMPACT 2002+ della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**





**Tab. 29 -La valutazione del danno mediante IMPACT 2002+ della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**

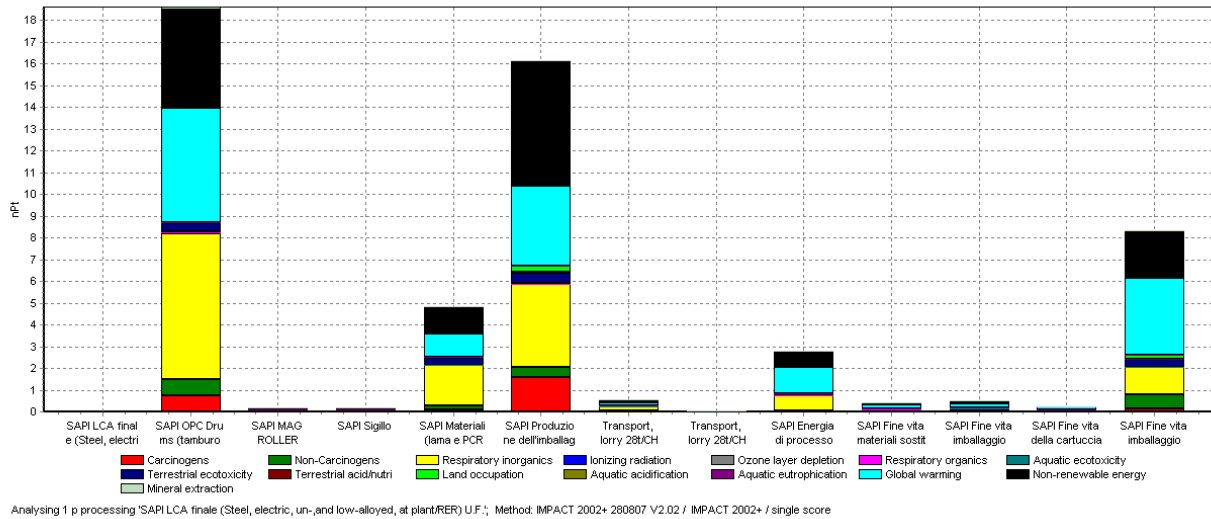
IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-,AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
<b>Total</b>	<b>Pt</b>	<b>37,4E-8</b>	<b>5,29E-8</b>	<b>32,1E-08</b>	<b>- 85,86%</b>
Carcinogens	Pt	15,7E-9	2,66E-9	13E-09	- 83,06%
Non-Carcinogens	Pt	6,39E-9	2,23E-9	4,16E-09	- 65,10%
Respiratory inorganics	Pt	10,5E-8	1,49E-8	9,01E-08	- 85,81%
Ionizing radiation	Pt	20,5E-11	8,18E-11	12,3E-11	- 60,10%
Ozone layer depletion	Pt	11,3E-12	2,32E-12	8,98E-12	- 79,47%
Respiratory organics	Pt	10,1E-11	1,57E-11	8,53E-11	- 84,46%
Aquatic ecotoxicity	Pt	23,3E-11	8,99E-11	14,3E-11	- 61,42%
Terrestrial ecotoxicity	Pt	5,44E-9	1,67E-9	3,77E-09	- 69,30%
Terrestrial acid/nutri	Pt	18E-10	1,98E-10	16E-10	- 89,00%
Land occupation	Pt	9,14E-10	4,75E-10	4,39E-10	- 48,03%
Global warming	Pt	13,2E-8	1,55E-8	11,7E-08	- 88,26%
Non-renewable energy	Pt	10,6E-8	1,5E-8	9,10E-08	- 85,85%
Mineral extraction	Pt	2,22E-10	1,53E-10	0,69E-10	- 31,08%

Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

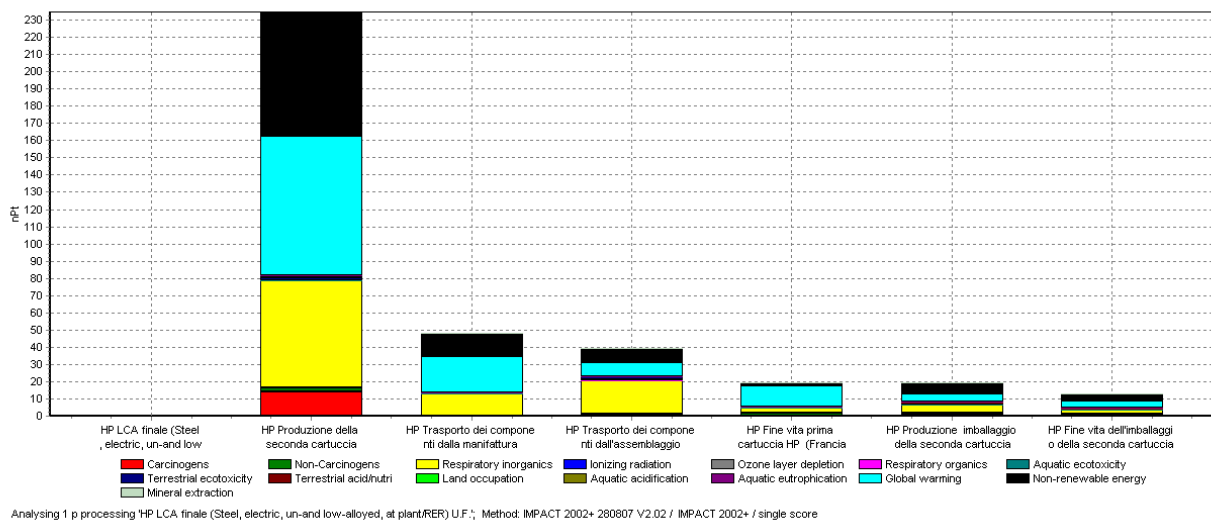
- il danno totale della Sapi (5.29E-8 Pt) è inferiore dell'85.86% a quello di HP (3.74E-7 Pt).
- In Human Health il danno di Sapi (1.98E-8 Pt) è inferiore dell'84.41% a quello di HP (1.27E-7 Pt) che è dovuto principalmente a Sulfur oxides (in particolare nella produzione di energia per la manifattura e per l'assemblaggio dei componenti nel processo Energia Asia I).
- In Ecosystem Quality il danno di Sapi (2.44E-9 Pt) è inferiore del 70.92% a quello di HP (8.39E-9Pt) che è dovuto principalmente a Zinc nel suolo (in particolare nel trasporto su strada dei componenti), a Nitrogen oxides (in particolare in Transport lorry 28 t/CH e in Freighter oceanic nel trasporto dei componenti dall'assemblaggio al consumatore), ad Aluminum nel suolo (in particolare in Freighter oceanic).
- In Climate change il danno di Sapi (1.55E-8 Pt) è inferiore dell'88.26% a quello di HP (1.32E-7 Pt) che è dovuto principalmente a Carbon dioxide (in particolare in Energy Asia I).
- In Resources il danno di Sapi (1.51E-8 Pt) è inferiore dell'85.75% a quello di HP (1.06E-7 Pt) che è dovuto principalmente a Coal, 29.3 MJ per kg, in round, a Gas, natural, in ground e a Oil, crude, in ground.

Di seguito vengono riportati i diagrammi della valutazione dei processi Sapi e HP.

**Fig. 20 -La valutazione per single score del processo Sapi LCA finale**



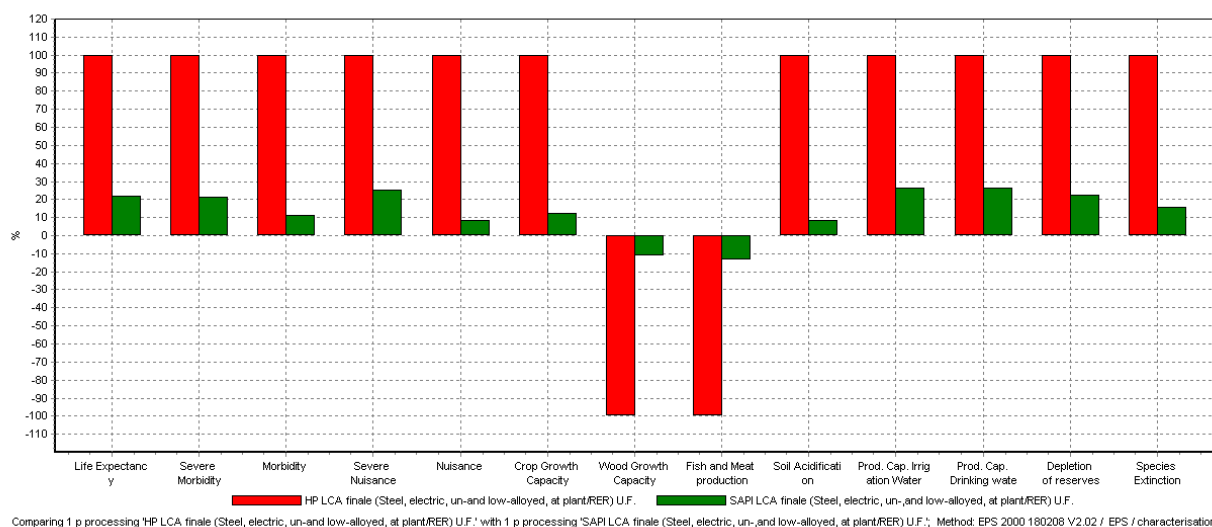
**Fig. 21 -La valutazione per single score del processo HP LCA finale**



Dai risultati riportati in Fig.21 si nota che la causa di maggiore danno ambientale è la produzione della seconda cartuccia.

### 2.3.3 La valutazione secondo EPS 2000 modificato

Fig. 22 -Il diagramma della caratterizzazione del danno mediante EPS 2000 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi

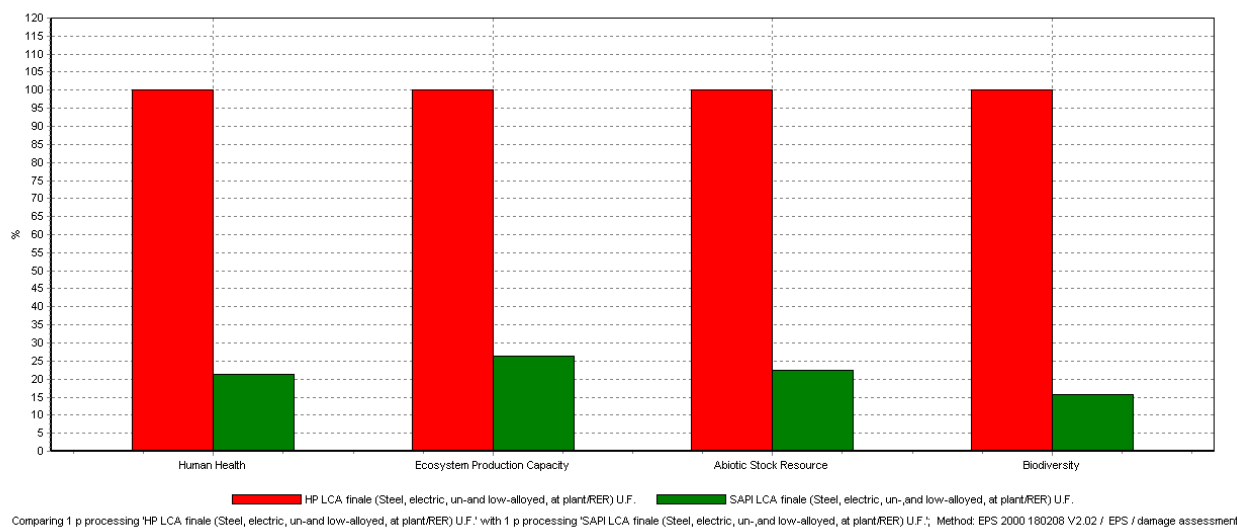


Comparing 1 p processing 'HP LCA finale (Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER) U.F.' with 1 p processing 'SAPI LCA finale (Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER) U.F.'. Method: EPS 2000 180208 V2.02 / EPS / characterisation

Tab. 30 -La caratterizzazione del danno mediante EPS 2000 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi

IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN- AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN- AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
Life Expectancy	PersonYr	18,9E-10	4,14E-10	14,8E-10	- 78,10%
Severe Morbidity	PersonYr	5,11E-10	1,1E-10	4,01E-10	- 78,47%
Morbidity	PersonYr	9,29E-10	1,07E-10	8,22E-10	- 88,48%
Severe Nuisance	PersonYr	7,27E-11	1,85E-11	5,42E-11	- 74,55%
Nuisance	PersonYr	41,6E-9	3,47E-9	38,1E-09	- 91,66%
Crop Growth Capacity	kg	33,8E-7	4,22E-7	29,6E-07	- 87,51%
Wood Growth Capacity	kg	-61E-6	-6,77E-6	-54,2E-06	- 88,90%
Fish and Meat production	kg	-11,7E-8	-1,58E-8	-10,1E-08	- 86,50%
Soil Acidification	H+ eq.	116E-7	9,74E-7	106E-07	- 91,60%
Prod. Cap. Irrigation Water	kg	0,0055	0,00144	0,00406	- 73,82%
Prod. Cap. Drinking water	kg	0,0055	0,00144	0,00406	- 73,82%
Depletion of reserves	ELU	31,1E-5	6,97E-5	24,1E-05	- 77,59%
Species Extinction	NEX	17,5E-18	2,74E-18	14,8E-18	- 84,34%

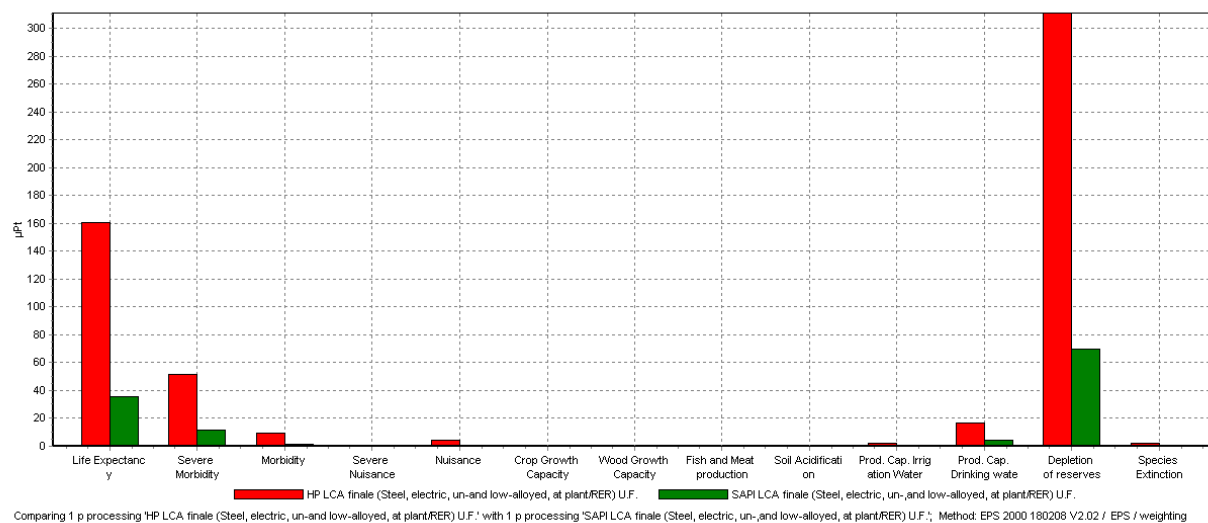
**Fig. 23 -Il diagramma del damage assessment del danno mediante EPS 2000 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**



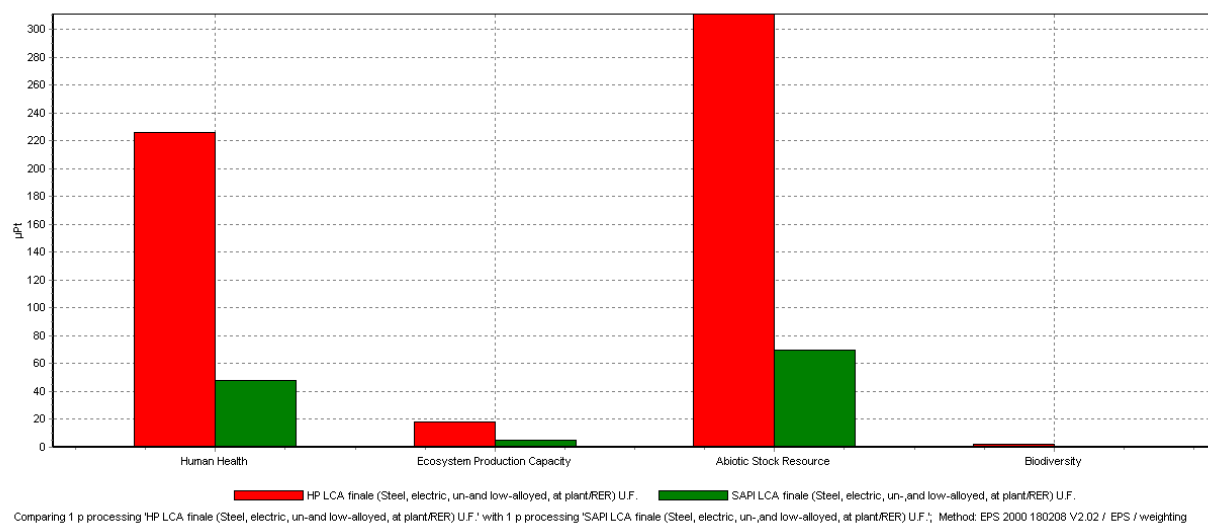
**Tab. 31 -Il damage assessment del danno mediante EPS 2000 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**

DAMAGE CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-,AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
Human Health	ELU	0,000226	0,0000478	<b>0,0001782</b>	<b>- 78,85%</b>
Ecosystem Production Capacity	ELU	0,000179	0,0000473	<b>0,0001317</b>	<b>- 73,58%</b>
Abiotic Stock Resource	ELU	0,000311	0,0000697	<b>0,0002413</b>	<b>- 77,59%</b>
Biodiversity	ELU	19,3E-7	3,01E-7	<b>16,3E-07</b>	<b>- 84,40%</b>

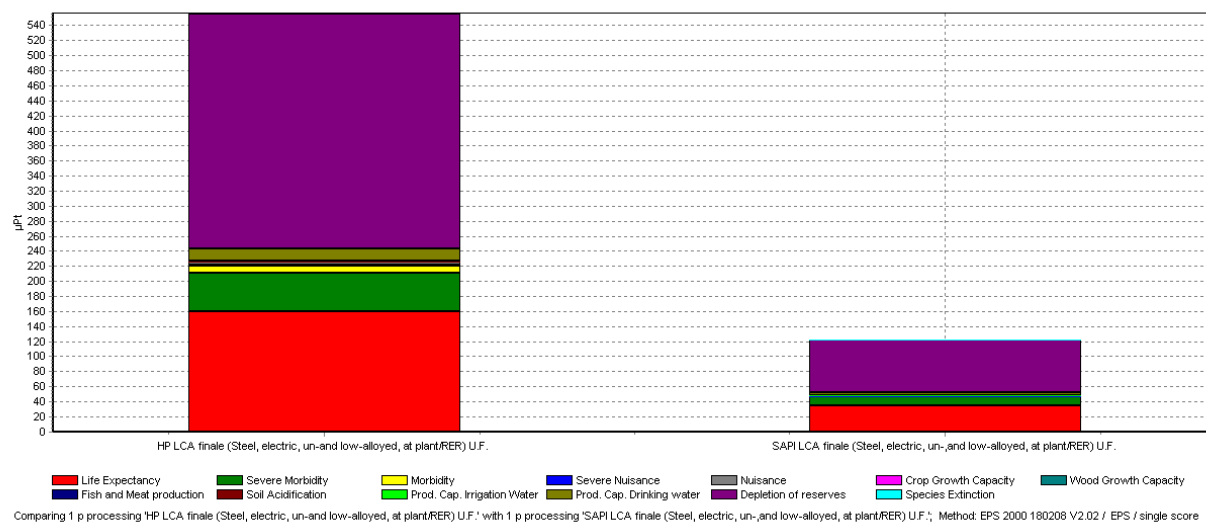
**Fig. 24 -Il diagramma della valutazione per *impact category* del danno mediante EPS 2000 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**



**Fig. 26 -Il diagramma della valutazione per *damage category* del danno mediante EPS 2000 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**



**Fig. 27 -Il diagramma della valutazione per *single score* del danno mediante EPS 2000 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**



**Tab. 32 -La valutazione del danno mediante EPS 2000 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**

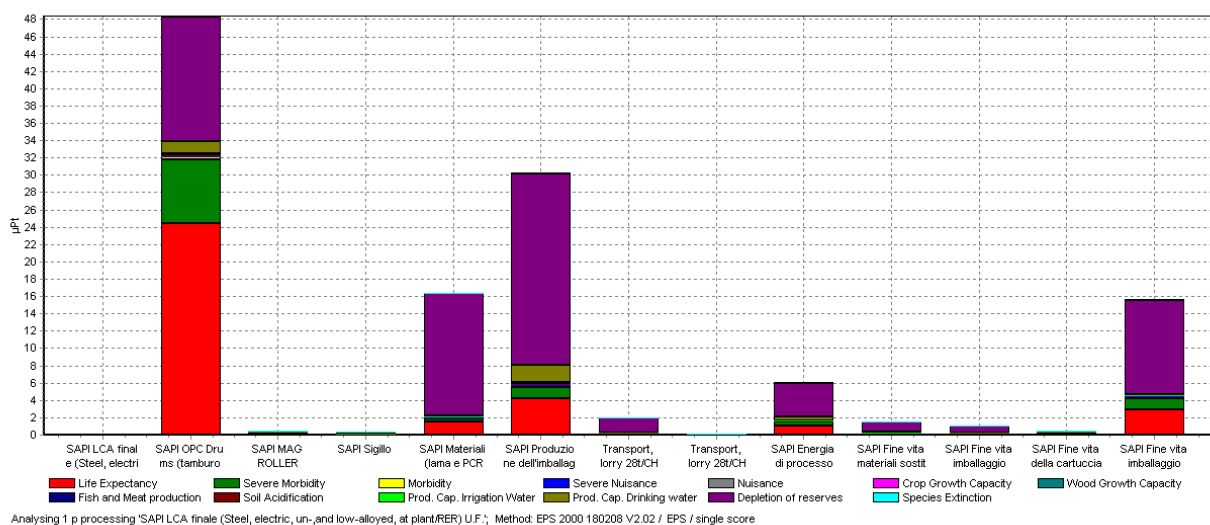
IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW- ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN- ,AND LOW- ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
<b>Total</b>	<b>Pt</b>	<b>0,000556</b>	<b>0,000123</b>	<b>0,000433</b>	<b>- 77,88%</b>
Life Expectancy	Pt	0,00016	0,0000352	0,000125	- 78,00%
Severe Morbidity	Pt	5,11E-5	1,1E-5	4,01E-05	- 78,47%
Morbidity	Pt	9,29E-6	1,07E-6	8,22E-06	- 88,48%
Severe Nuisance	Pt	7,27E-7	1,85E-7	5,42E-07	- 74,55%
Nuisance	Pt	41,6E-7	3,47E-7	38,1E-07	- 91,66%
Crop Growth Capacity	Pt	50,6E-9	6,34E-9	44,3E-09	- 87,47%
Wood Growth Capacity	Pt	-24,4E-8	-2,71E-8	-21,7E-08	- 88,89%
Fish and Meat production	Pt	-1,17E-8	-1,58E-9	-10,1E-09	- 86,50%
Soil Acidification	Pt	116E-10	9,74E-10	106E-10	- 91,60%
Prod. Cap. Irrigation Water	Pt	16,5E-6	4,32E-7	12,2E-07	- 97,38%
Prod. Cap. Drinking water	Pt	16,5E-6	4,32E-6	12,2E-06	- 73,82%
Depletion of reserves	Pt	0,000311	0,0000697	0,000241	- 77,59%
Species Extinction	Pt	19,3E-6	3,01E-7	16,3E-07	- 98,44%

Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

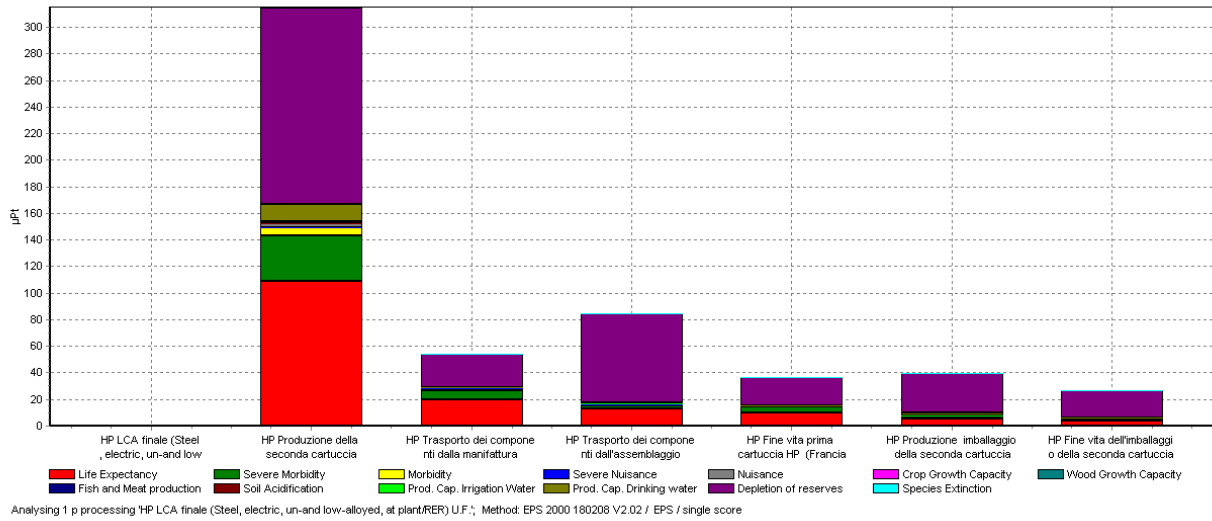
- il danno totale (che in questo metodo di valutazione rappresenta anche il costo esterno) della Sapi (0.0001232 Pt=ELU= €) è inferiore del 77.88% a quello di HP (0.000556 Pt = ELU = €).
- In Human Health il danno di Sapi (4.78E-5 Pt) è inferiore del 78.85% a quello di HP (0.000226 Pt) che è dovuto principalmente a Carbon dioxide (in particolare a Energy Asia I), Carbon dioxide, fossil (in particolare nel trattamento e nella produzione di Polistirene) e a PAH (in particolare alla produzione dell'alluminio).
- In Ecosystem Production Capacity il danno di Sapi (4.73E-6 Pt) è inferiore del 73.57% a quello di HP (1.79E-5 Pt) che è dovuto principalmente a Water, cooling, unspecified natural origin/m3 (in particolare nella produzione del PS) e Water, unspecified natural origin/m3 (in particolare nella produzione del cartone per l'imballaggio).
- In Abiotic Stock Resources il danno di Sapi (6.97E-5 Pt) è inferiore del 77.59% a quello di HP (0.000311 Pt) che è dovuto principalmente a Lead, 5%, in nsulfide, Pb 2.97% and Zn 5.34% in crude ore, in ground (principalmente in Transport, lorry 28t(trasporto dei componenti dall'assemblaggio all'utilizzatore), a Gas, natural, in ground (principalmente dovuto alla produzione del PS), a Gas, natural, 30.3MJ per kg, in ground e a Oil, crude, 41 MJ per kg, in round, (principalmente dovuto alla produzione e all'assemblaggio dei componenti nel processo Energy in Asia I), a Oil, crude, in ground (principalmente dovuto alla produzione del PS).
- In Biodiversity il danno di Sapi (3.01E-7 Pt) è inferiore dell'84.4% a quello di HP (1.93E-6 Pt) che è dovuto principalmente a Carbon dioxide (principalmente dovuto a Energia Asia I).

Di seguito vengono riportati i diagrammi della valutazione dei processi Sapi e HP.

Fig. 28 -La valutazione per single score del processo Sapi LCA finale



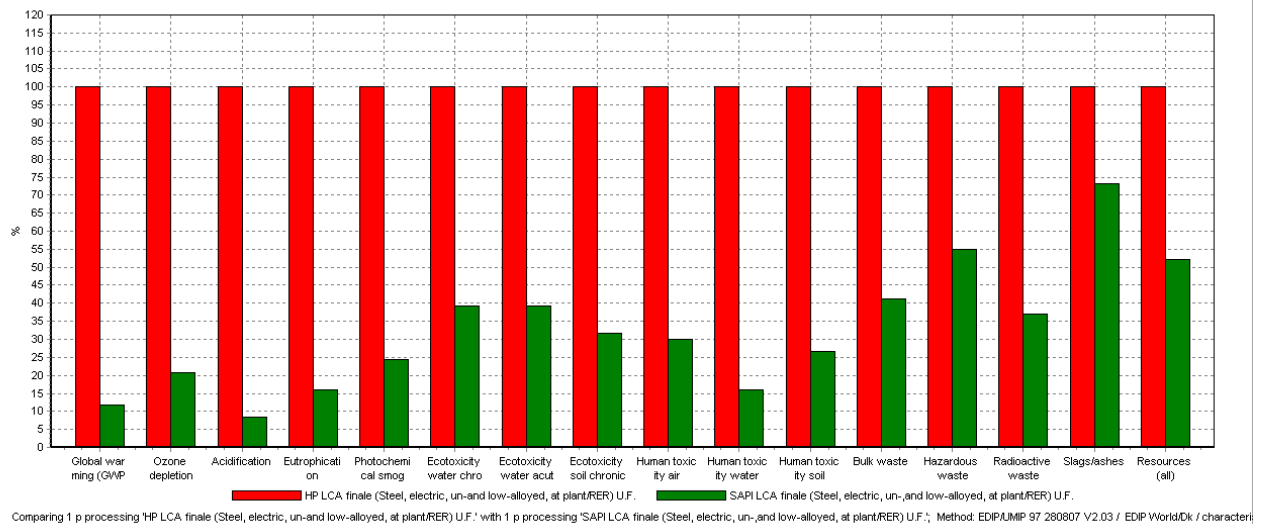
**Figura 29 La valutazione per single score del processo HP LCA finale**



Dai risultati riportati in Fig.28 si nota che la causa di maggiore danno ambientale è la produzione della seconda cartuccia.

### 2.3.4 La valutazione secondo EDIP 97 modificato

**Fig. 30 -Il diagramma della caratterizzazione del danno mediante EDIP 97 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**





**Tab. 33 -La caratterizzazione del danno mediante EDIP della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**

IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-,AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
Global warming (GWP 100)	g CO <sub>2</sub>	1,32	0,154	<b>1,166</b>	<b>- 88,33%</b>
Ozone depletion	g CFC11	7,51E-8	1,55E-8	<b>5,96E-08</b>	<b>- 79,36%</b>
Acidification	g SO <sub>2</sub>	0,0074	0,000628	<b>0,006772</b>	<b>- 91,51%</b>
Eutrophication	g NO <sub>3</sub>	0,00519	0,000827	<b>0,004363</b>	<b>- 84,07%</b>
Photochemical smog	g ethene	0,000222	5,42E-5	<b>0,000168</b>	<b>- 75,59%</b>
Ecotoxicity water chronic	m3	0,481	0,189	<b>0,292</b>	<b>- 60,71%</b>
Ecotoxicity water acute	m3	0,0493	0,0193	<b>0,03</b>	<b>- 60,85%</b>
Ecotoxicity soil chronic	m3	0,00575	0,00183	<b>0,00392</b>	<b>- 68,17%</b>
Human toxicity air	m3	85,4	25,7	<b>59,7</b>	<b>- 69,91%</b>
Human toxicity water	m3	0,0146	0,00234	<b>0,01226</b>	<b>- 83,97%</b>
Human toxicity soil	m3	6,49E-5	1,73E-5	<b>4,76E-05</b>	<b>- 73,34%</b>
Bulk waste	kg	2,95E-5	1,22E-5	<b>1,73E-05</b>	<b>- 58,64%</b>
Hazardous waste	kg	4,13E-7	2,27E-7	<b>1,86E-07</b>	<b>- 45,04%</b>
Radioactive waste	kg	9,24E-9	3,42E-9	<b>5,82E-09</b>	<b>- 62,99%</b>
Slags/ashes	kg	1,03E-6	7,5E-7	<b>2,8E-07</b>	<b>- 27,18%</b>
Resources (all)	Pt	7,49E-6	3,91E-6	<b>3,58E-06</b>	<b>- 47,80%</b>

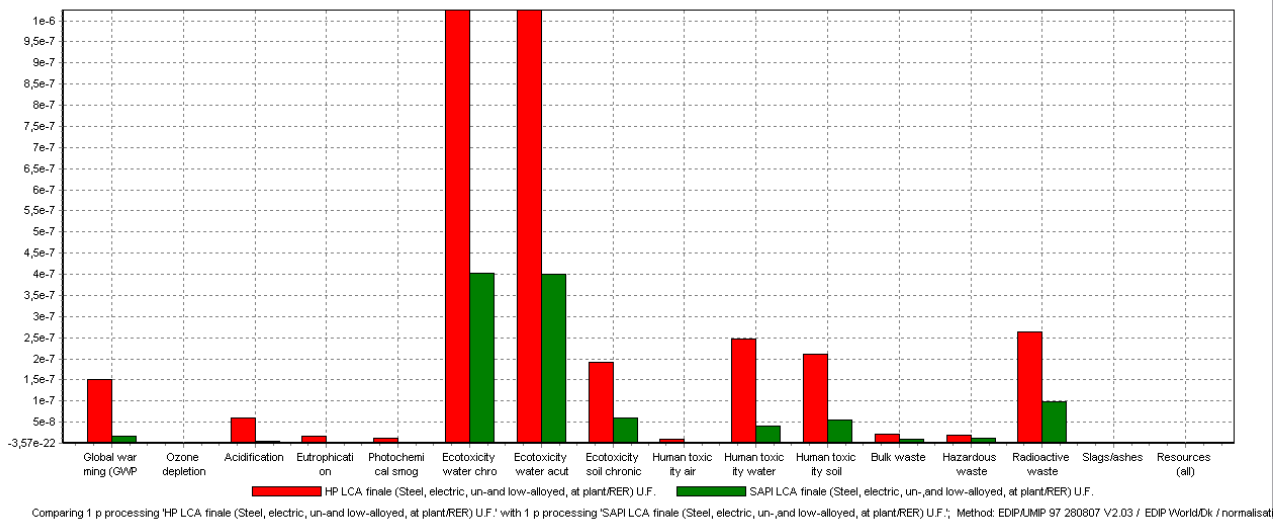
Dall'analisi dei risultati della caratterizzazione si nota che le prime 5 categorie che sono anche quelle considerate dalla Certificazione EPD indicano i seguenti danni:

- In Global warming il danno di Sapi (0.154 g CO<sub>2</sub>) è inferiore dell'88.33% a quello di HP (1.32 g CO<sub>2</sub>). Il danno di HP è dovuto principalmente a Carbon dioxide, in particolare in Energy Asia I.
- In Ozone depletion il danno di Sapi (1.55E-8 g CFC11) è inferiore del 79.36% a quello di HP (7.51E-8 g CFC11). Il danno di HP è dovuto principalmente a Halon 1301, in particolare in Freighter oceanic.
- In Acidification il danno di Sapi (0.000628 g SO<sub>2</sub>) è inferiore del 91.51% a quello di HP (0.0074 g SO<sub>2</sub>). Il danno di HP è dovuto principalmente a Sulfur oxides, in particolare in Energy Asia I.
- In Eutrophication il danno di Sapi (0.000827 g NO<sub>3</sub>) è inferiore del 84.07% a quello di HP (0.00519 g NO<sub>3</sub>). Il danno di HP è dovuto principalmente a Nitrogen oxides, in particolare

in Transport, lorry 28t/CH e in Freighter oceanic (trasporto dall'assemblaggio all'utilizzatore), e a Nitrogen dioxide, in particolare in Energy Asia I.

- In Photochemical smog il danno di Sapi ( $5.42E-5$  g ethene) è inferiore del 75.59% a quello di HP ( $0.000222$  g ethene). Il danno di HP è dovuto principalmente a NMVOC, in particolare in Transport, lorry 28t/CH e in Freighter oceanic.
- Il Bulk waste prodotto da Sapi ( $1.22E-5$  kg) è inferiore del 58.64% a quello di HP ( $2.95E-5$  kg) che è dovuto principalmente a Transformation, to dump site, residual material landfill (in particolare nella produzione dei componenti di acciaio).
- L'Hazardous waste prodotto da Sapi ( $2.27E-7$  kg) è inferiore del 45.04% a quello di HP ( $4.13E-7$  kg) che è dovuto principalmente a Volume occupied, underground deposit (in particolare nel riciclo dell'alluminio).
- Il Radioactive waste prodotto da Sapi ( $3.42E-9$  kg) è inferiore del 62.99% a quello di HP ( $9.24E-9$  kg) che è dovuto principalmente a Volume occupied, final repository for low active radioactive waste (in particolare nella produzione dei componenti di acciaio).
- Il Slag/ashes prodotto da Sapi ( $7.5E-7$  kg) è inferiore del 27.18% a quello di HP ( $1.03E-6$  kg) che è dovuto principalmente a Transformation to dump site, slag compartment (in particolare nel fine vita del PS).

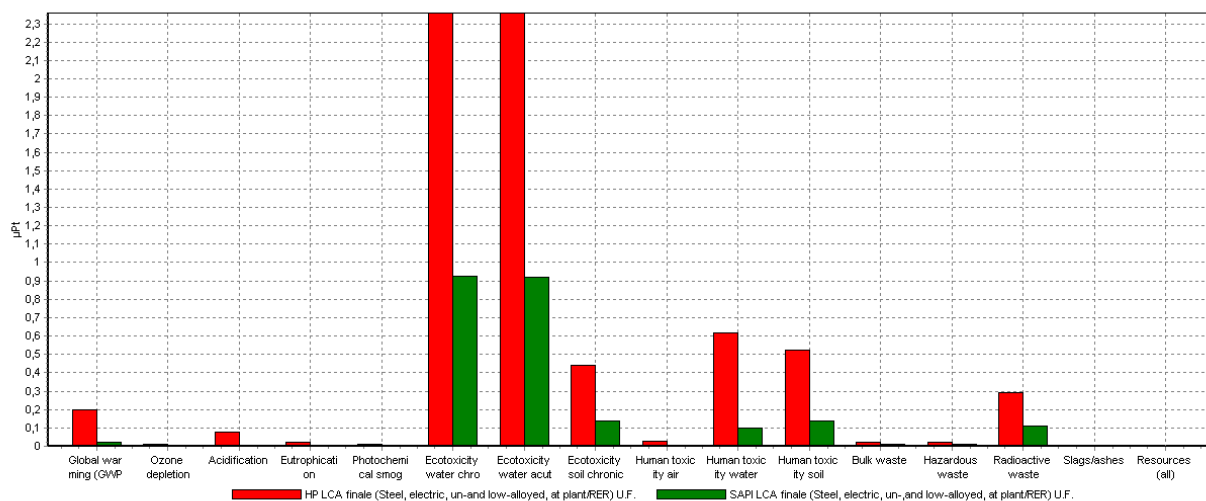
**Fig. 31 -Il diagramma della normalizzazione del danno mediante EDIP 97 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**



**Tab. 34-La normalizzazione del danno mediante EDIP 97 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**

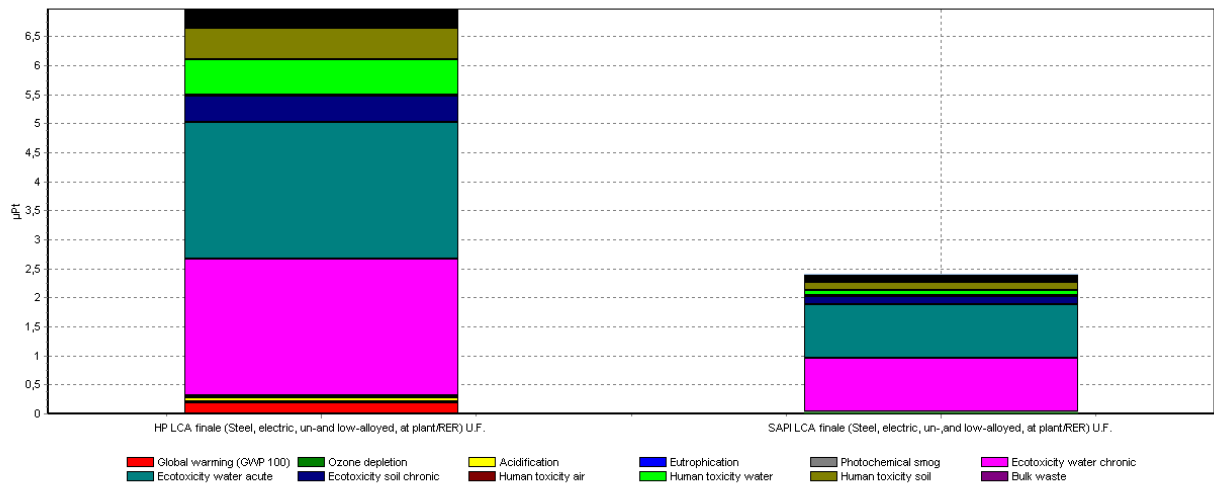
IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN- AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN- AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
Global warming (GWP 100)		15,1E-8	1,77E-8	13,3E-08	- 88,28%
Ozone depletion		37,2E-11	7,67E-11	29,5E-11	- 79,38%
Acidification		59,6E-9	5,06E-9	54,5E-09	- 91,51%
Eutrophication		17,4E-9	2,78E-9	14,6E-09	- 84,02%
Photochemical smog		11,1E-9	2,71E-9	8,39E-09	- 75,59%
Ecotoxicity water chronic		10,3E-7	4,03E-7	6,27E-07	- 60,87%
Ecotoxicity water acute		10,2E-7	4,01E-7	6,19E-07	- 60,69%
Ecotoxicity soil chronic		19,1E-8	6,09E-8	13E-08	- 68,12%
Human toxicity air		9,31E-9	2,8E-9	6,51E-09	- 69,92%
Human toxicity water		24,6E-8	3,96E-8	20,6E-08	- 83,90%
Human toxicity soil		21E-8	5,59E-8	15,4E-08	- 73,38%
Bulk waste		21,9E-9	9,02E-9	12,9E-09	- 58,81%
Hazardous waste		1,99E-8	1,09E-8	0,9E-08	- 45,23%
Radioactive waste		26,4E-8	9,77E-8	16,6E-08	- 62,99%
Slags/ashes		2,93E-9	2,14E-9	0,79E-9	- 26,96%

**Fig.32 - Il diagramma della valutazione per *damage category* del danno mediante EDIP 97 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**



Comparing 1 p processing 'HP LCA finale (Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER) U.F.' with 1 p processing 'SAPI LCA finale (Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER) U.F.'; Method: EDIP/IMP 97 260807 V2.03 / EDIP WorldDk / weighting

**Fig. 33 -Il diagramma della valutazione per *single score* del danno mediante EDIP 97 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**



Comparing 1 p processing 'HP LCA finale (Steel, electric, un-and low-alloyed, at plant/RER) U.F.' with 1 p processing 'SAPI LCA finale (Steel, electric, un-,and low-alloyed, at plant/RER) U.F.'. Method: EDIP/IMP 97 260807 V2.03 / EDIP World/Dk / single sco

**Tab. 35-La valutazione del danno mediante EDIP 97 della cartuccia originale rispetto alla cartuccia rigenerata Sapi**

IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-, AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
<b>Total</b>	<b>Pt</b>	<b>6,98E-6</b>	<b>2,4E-6</b>	<b>4,58E-06</b>	<b>- 65,62%</b>
Global warming (GWP 100)	Pt	19,7E-8	2,31E-8	17,4E-08	- 88,27%
Ozone depletion	Pt	8,54E-9	1,76E-9	6,78E-09	- 79,39%
Acidification	Pt	77,5E-9	6,58E-9	70,9E-09	- 91,51%
Eutrophication	Pt	20,9E-9	3,34E-9	17,6E-09	- 84,02%
Photochemical smog	Pt	13,3E-9	3,25E-9	10,1E-09	- 75,56%
Ecotoxicity water chronic	Pt	23,6E-7	9,26E-7	14,3E-07	- 60,76%
Ecotoxicity water acute	Pt	23,6E-7	9,22E-7	14,4E-07	- 60,93%
Ecotoxicity soil chronic	Pt	4,4E-7	1,4E-7	3,00E-07	- 68,18%
Human toxicity air	Pt	26,1E-9	7,85E-9	18,3E-09	- 69,92%
Human toxicity water	Pt	61,5E-8	9,89E-8	51,6E-08	- 83,92%
Human toxicity soil	Pt	5,24E-7	1,4E-7	3,84E-07	- 73,28%
Bulk waste	Pt	24,1E-9	9,92E-9	14,2E-09	- 58,84%
Hazardous waste	Pt	2,19E-8	1,2E-8	0,990E-08	- 45,21%
Radioactive waste	Pt	2,91E-7	1,07E-7	1,84E-07	- 63,23%
Slags/ashes	Pt	3,23E-9	2,36E-9	0,870E-9	- 26,93%

Dall'analisi dei risultati si nota che:

- il danno totale senza risorse della Sapi (2,4E-6 Pt) è inferiore del 65,62 % a quello della HP (6,98E-6 Pt). Il danno totale comprese le risorse della Sapi (6,31E-6 Pt) è inferiore del 56,39% a quello della HP (14,5E-6 Pt).
- In Global warming il danno di Sapi (2,31E-8 Pt che rappresenta lo 0,96% del danno totale senza risorse) è inferiore dell'88,27% a quello di HP (19,7E-8 Pt) che è dovuto principalmente a Carbon dioxide (in particolare nella produzione e nell'assemblaggio dei componenti nel processo Energy Asia I) e a Carbon dioxide, fossili (in particolare nel fine vita e nella produzione del Polistirene).
- In Ecotoxicity water chronic il danno di Sapi (9,26E-7 Pt che rappresenta il 38,58% del danno totale senza risorse) è inferiore del 60,76% a quello di HP (23,6E-6 Pt) principalmente dovuto a Strontium in acqua (in particolare dovuto ai trasporti).
- In Human toxicity soil il danno di Sapi (1,4E-7 Pt che rappresenta il 5,83% del danno totale senza risorse) è inferiore del 73,28% a quello di HP (5,24E-7 Pt) principalmente dovuto a Benzene in aria (nel trasporto su strada dei componenti) e a Iron nel suolo (in particolare nel processo di produzione dell'acciaio Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER).
- In Resources il danno di Sapi (3,91E-6 Pt che rappresenta 61,96% del danno totale con risorse) è inferiore del 47,8 % a quello di HP (7,49E-6 Pt) che è dovuto principalmente a Aluminium, 24% in bauxite, 11% in crude ore, in ground (nella produzione dell'alluminio), Lead, 5%, in sulfide, Pb 2,97% and Zn 5,34% in crude ore, in ground (in particolare nei trasporti dei componenti dall'assemblaggio al consumatore).

Di seguito vengono riportati i diagrammi della valutazione dei processi Sapi e HP

Fig. 34 -La valutazione per single score del processo Sapi LCA finale

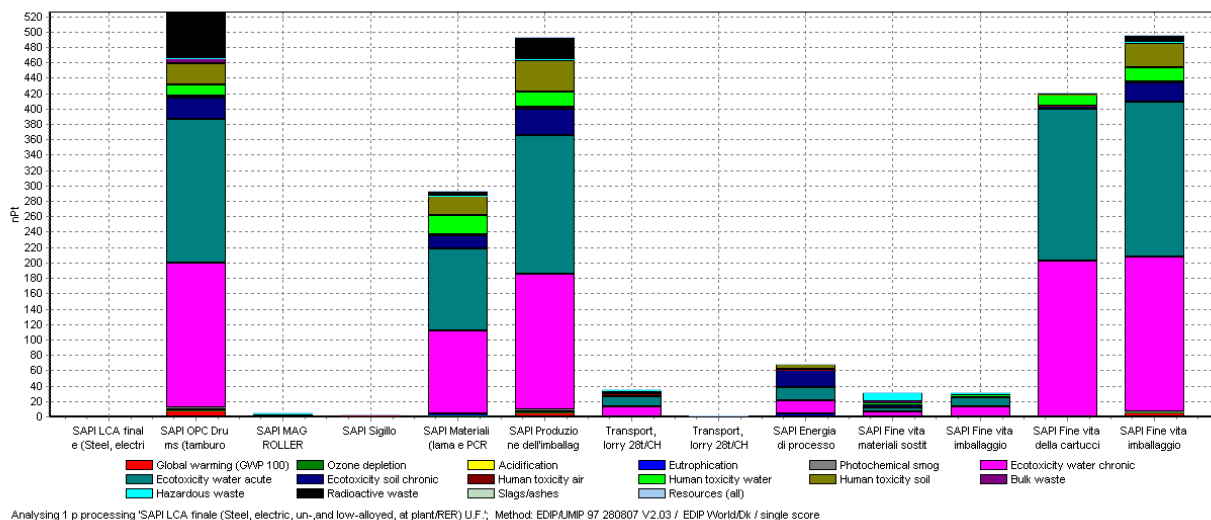
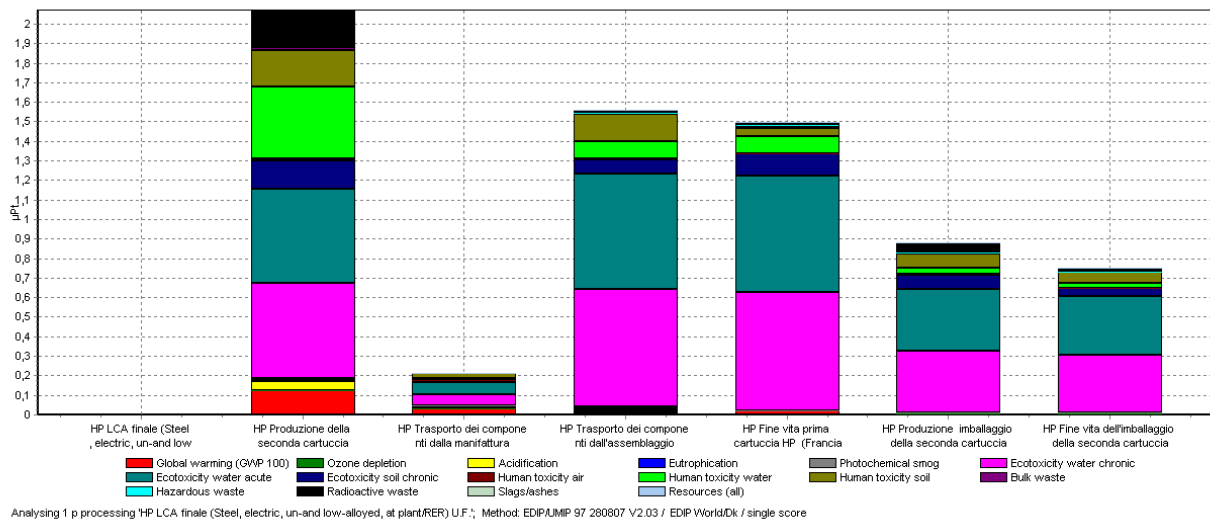


Fig. 35 -La valutazione per single score del processo HP LCA finale



Dai risultati riportati in Fig.34 si nota che la causa di maggiore danno ambientale è la produzione della seconda cartuccia.

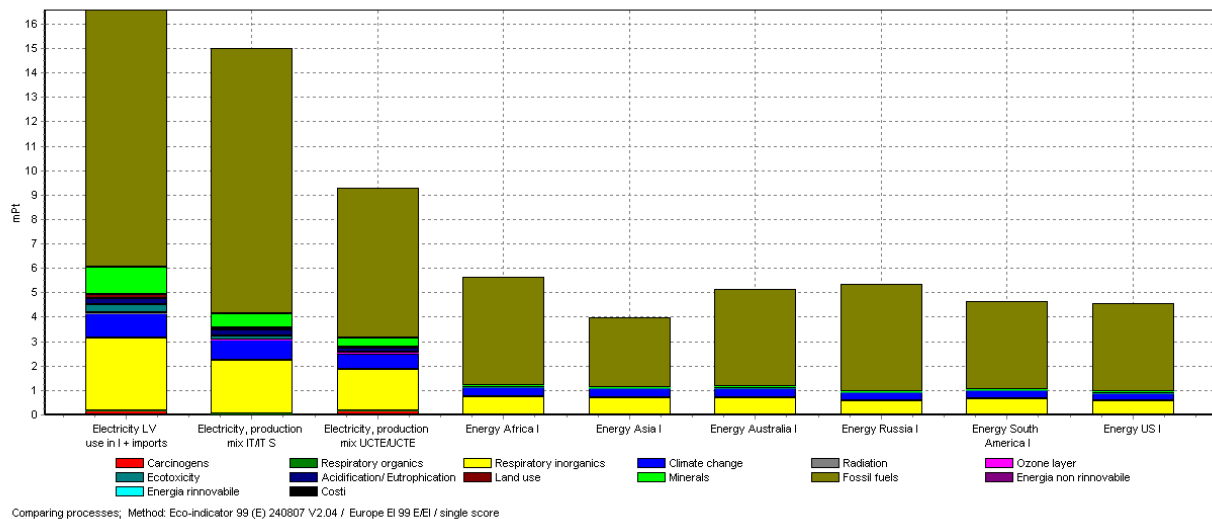
## 2.4 Conclusioni

- I quattro metodi usati per l'analisi dell'LCA indicano che la cartuccia rigenerata da Sapi per la quale il numero totale di pagine stampate è di 16842 produce un danno ambientale sempre molto inferiore a quello dovuto ad una seconda cartuccia originale HP per la quale il numero totale di pagine stampate è di 13942.
- Le maggiori cause del danno di HP sono dovute all'energia elettrica consumata per la produzione e l'assemblaggio dei componenti (nel processo Energy Asia I), al trasporto transoceanico e su strada dei componenti dall'assemblaggio all'utilizzatore, alla quantità di acciaio e polistirene che deve essere prodotta e smaltita.

### 3 Analisi di sensibilità

#### 3.1 Il confronto tra l'energia elettrica asiatica e quella italiana

Fig. 36 -La valutazione del confronto tra le energie elettriche extraeuropee, quella europea e quella italiana

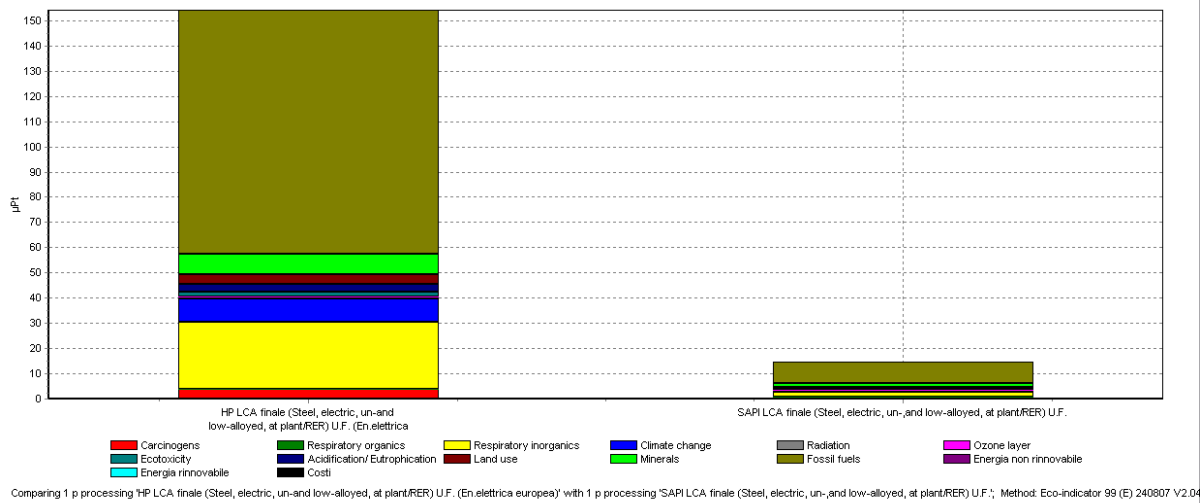


Come si può notare dalla figura, l'energia elettrica asiatica (Energy Asia I) è quella che produce il danno minimo e pari a circa 1/3 di quella italiana. Questo conferma il fatto che il danno dovuto all'uso di tale energia nei processi di HP è dovuto alla quantità e non alla qualità dell'energia stessa. Inoltre è ragionevole il dubbio che tale energia possa essere solo una energia termica.

#### 3.2 Confronto tra LCA HP con Energia elettrica europea e LCA Sapi con Energia elettrica italiana

Si confronta l'LCA di HP nel quale per l'energia di produzione dei materiali si considera l'Energia elettrica europea anziché quella asiatica nel dubbio che tale energia possa essere solo energia termica.

**Fig. 37 -II confronto tra LCA HP con il mix elettrico europeo e LCA Sapi con il mix elettrico italiano**



**Tab. 36 -II confronto tra LCA HP con il mix elettrico europeo e LCA Sapi con il mix elettrico italiano**

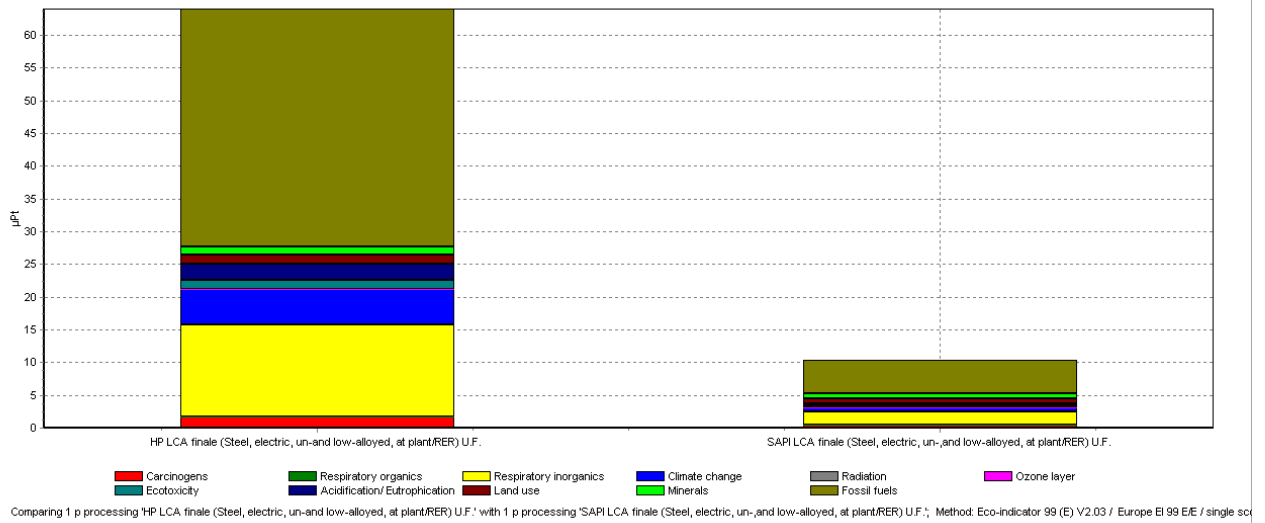
IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F. (EN.ELETTRICA EUROPEA)	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-,AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
<b>Total</b>	<b>Pt</b>	<b>15,4E-5</b>	<b>1,46E-5</b>	<b>13,9E-05</b>	<b>- 90,52%</b>
Carcinogens	Pt	39,1E-7	5,94E-7	33,2E-07	- 84,81%
Respiratory organics	Pt	3E-8	0,248E-8	2,75E-08	- 91,73%
Respiratory inorganics	Pt	26,7E-6	2,28E-6	24,4E-06	- 91,46%
Climate change	Pt	90,3E-7	6,92E-7	83,4E-07	- 92,34%
Radiation	Pt	97,5E-8	1,2E-8	96,3E-08	- 98,77%
Ozone layer	Pt	128E-10	3,51E-10	124E-10	- 97,26%
Ecotoxicity	Pt	18,6E-7	2,54E-7	16,1E-07	- 86,34%
Acidification/ Eutrophication	Pt	28,2E-7	3,36E-7	24,8E-07	- 88,09%
Land use	Pt	41,5E-7	4,98E-7	36,5E-07	- 88,00%
Minerals	Pt	8,02E-6	1,54E-6	6,48E-06	- 80,80%
Fossil fuels	Pt	967E-6	8,43E-6	959E-06	- 99,13%

Dall'analisi del confronto risulta che il danno di HP è maggiore di quello di Sapi del 90.52% come ci si poteva aspettare poiché l'energia asiatica è circa 1/3 di quella europea.



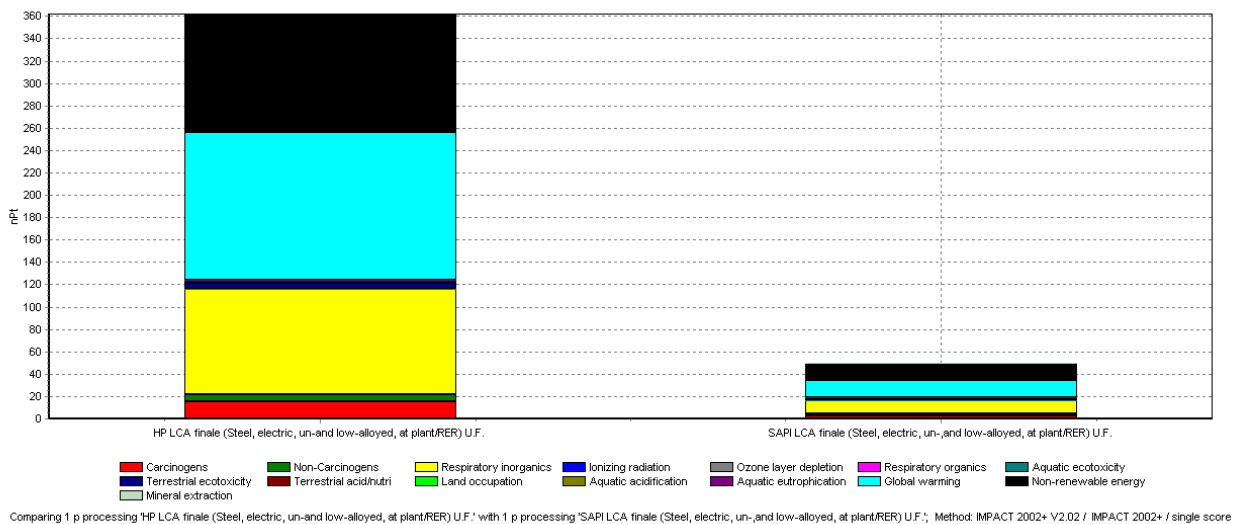
### 3.3 I metodi di valutazione standard

Fig. 38 -Il diagramma della valutazione per *single score* con Eco-indicator 99



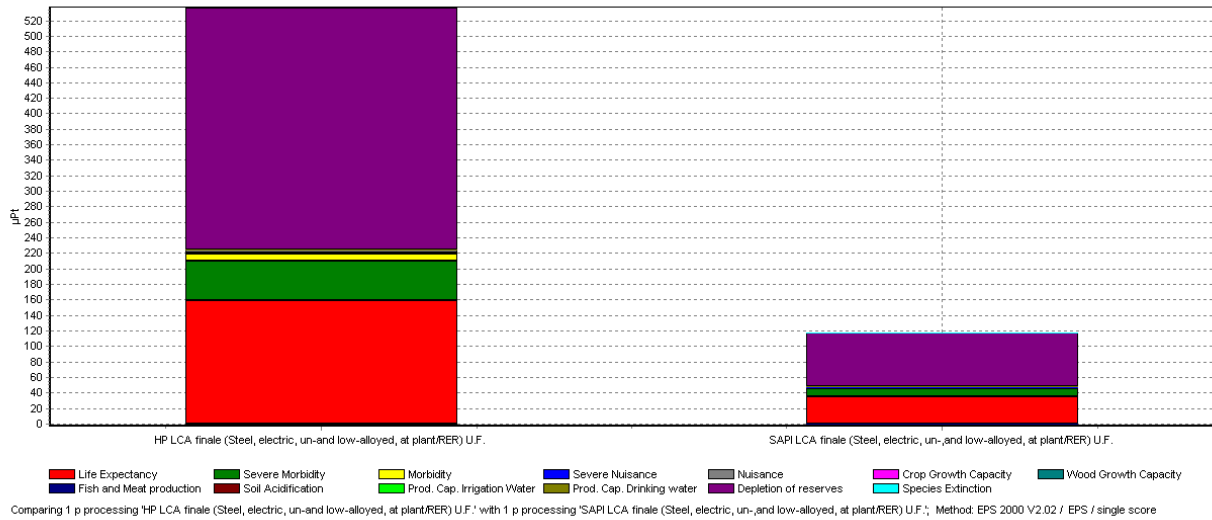
Il danno totale per Sapi vale  $1.03E-5$  Pt, mentre per HP vale  $6.4E-5$  Pt. Il danno per Sapi è inferiore dell' 83.9% a quello di HP.

Fig. 39 -Il diagramma della valutazione per *single score* con IMPACT 2002+



Il danno totale per Sapi vale  $4.97E-8$  Pt, mentre per HP vale  $3.62E-7$  Pt. Il danno per Sapi è inferiore del 86.27% a quello di HP.

Fig. 40 -Il diagramma della valutazione per *single score* con EPS 2000



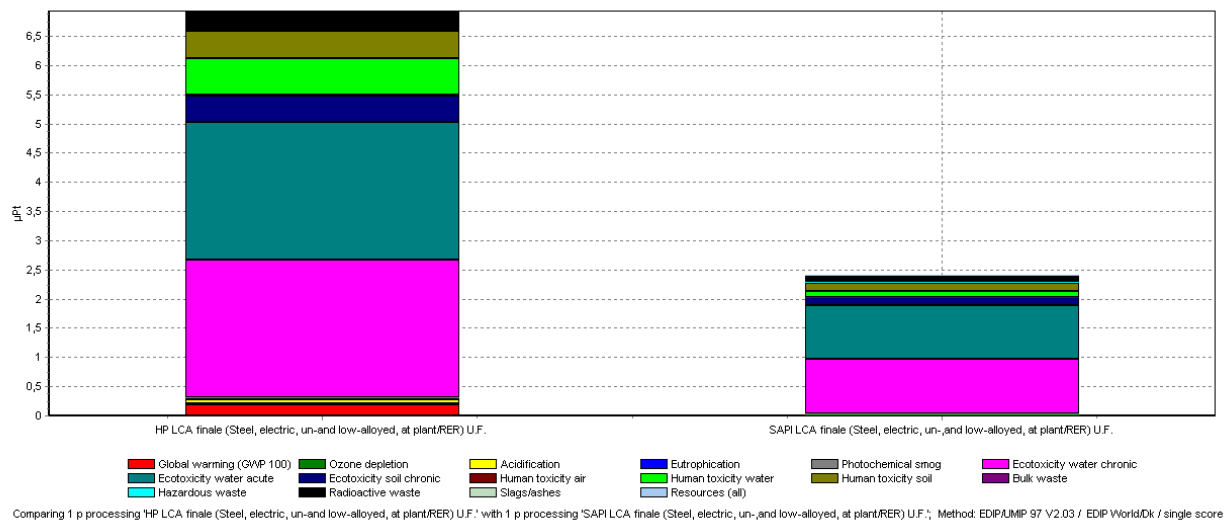
Il danno totale per Sapi vale 0.000118 Pt, mentre per HP vale 0.000535 Pt. Il danno per Sapi è inferiore del 77.94% a quello di HP.

Tab. 37 -La caratterizzazione con EDIP 97

IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-,AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
Global warming (GWP 100)	g CO <sub>2</sub>	1,32	0,154	1,166	- 88,33%
Ozone depletion	g CFC11	7,51E-8	1,55E-8	5,96E-08	- 79,36%
Acidification	g SO <sub>2</sub>	0,0074	0,000628	0,006772	- 91,51%
Eutrophication	g NO <sub>3</sub>	0,00519	0,000827	0,004363	- 84,07%
Photochemical smog	g ethene	22,2E-5	5,42E-5	0,000168	- 75,59%
Ecotoxicity water chronic	m3	0,481	0,189	0,292	- 60,71%
Ecotoxicity water acute	m3	0,0493	0,0193	0,03	- 60,85%
Ecotoxicity soil chronic	m3	0,00575	0,00183	0,00392	- 68,17%
Human toxicity air	m3	81,6	25,7	55,9	- 68,50%
Human toxicity water	m3	0,0146	0,00234	0,01226	- 83,97%
Human toxicity soil	m3	5,97E-5	1,72E-5	4,25E-05	- 71,19%
Bulk waste	kg	2,95E-5	1,22E-5	1,73E-05	- 58,64%
Hazardous waste	kg	4,13E-7	2,27E-7	1,86E-07	- 45,04%
Radioactive	kg	9,24E-9	3,42E-9	5,82E-09	- 62,99%

waste					
Slags/ashes	kg	10,3E-6	7,5E-7	<b>95,5E-07</b>	<b>- 92,72%</b>
Resources (all)	kg	7,92E-8	2,92E-8	<b>5E-08</b>	<b>- 63,13%</b>

Fig. 41 -Il diagramma della valutazione per *single score* con EDIP 97



Tab. 38 -La valutazione per *single score* con EDIP 97

IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN- AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-,AND LOW-ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
<b>Total</b>	<b>Pt</b>	<b>6,93E-6</b>	<b>2,4E-6</b>	<b>4,53E-06</b>	<b>- 65,37%</b>
Global warming (GWP 100)	Pt	1,97E-7	2,31E-8	17,4E-08	- 88,27%
Ozone depletion	Pt	8,54E-9	1,76E-9	6,78E-09	- 79,39%
Acidification	Pt	77,5E-9	6,58E-9	70,9E-09	- 91,51%
Eutrophication	Pt	20,9E-9	3,34E-9	17,6E-09	- 84,02%
Photochemical smog	Pt	13,3E-9	3,25E-9	10,1E-09	- 75,56%
Ecotoxicity water chronic	Pt	23,6E-7	9,26E-7	14,3E-07	- 60,76%
Ecotoxicity water acute	Pt	23,6E-7	9,22E-7	14,4E-07	- 60,93%
Ecotoxicity soil chronic	Pt	4,4E-7	1,4E-7	3,00E-07	- 68,18%
Human toxicity air	Pt	2,49E-8	7,84E-9	17,1E-09	- 68,51%
Human toxicity water	Pt	61,5E-8	9,89E-8	51,6E-08	- 83,92%
Human toxicity soil	Pt	4,82E-7	1,39E-7	3,43E-07	- 71,16%

Bulk waste	Pt	24,1E-9	9,92E-9	<b>14,2E-09</b>	<b>- 58,84%</b>
Hazardous waste	Pt	2,19E-8	1,2E-8	<b>99E-08</b>	<b>- 45,21%</b>
Radioactive waste	Pt	2,91E-7	1,07E-7	<b>1,84E-07</b>	<b>- 63,23%</b>
Slags/ashes	Pt	3,23E-9	2,36E-9	<b>87E-9</b>	<b>- 26,93%</b>

Il danno totale (comprese le risorse) per Sapi vale 2.429E-6 Pt, mentre per HP vale 7.009E-6 Pt. Il danno per Sapi è inferiore del 65.34% a quello di HP. La riduzione del vantaggio è dovuto principalmente al fatto che la versione standard di EDIP fornisce un peso molto ridotto alle risorse (specialmente ai combustibili fossili).

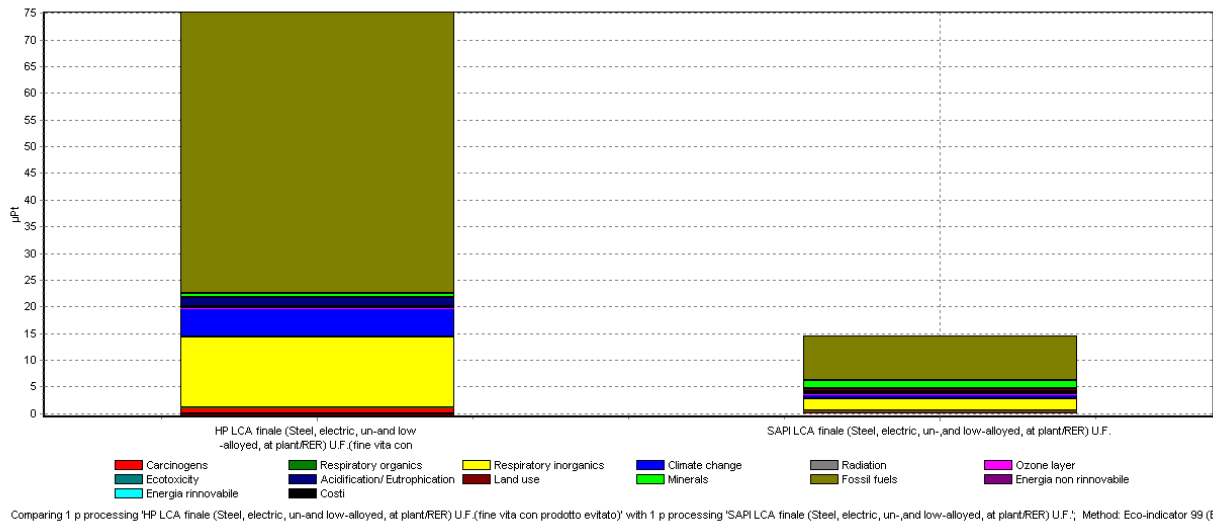
### 3.4 Il fine vita con prodotto evitato solo per HP

Il fine vita di un rifiuto genera prodotti secondari (nel riciclo) o energie (nell'incenerimento). I prodotti secondari e le energie recuperate possono essere considerati come coprodotti dei processi di trattamento dei rifiuti o come prodotti evitati. Nell'analisi sinora effettuata il riciclo e l'incenerimento sono stati considerati solo per la parte di danno da attribuire all'LCA del prodotto considerato (cioè senza prodotti evitati o coprodotti). Nel caso del prodotto evitato si attribuisce all'LCA un vantaggio che è reale solo se materiali secondari ed energie recuperate vengono usati all'interno dei confini dello stesso LCA. D'altra parte nello studio effettuato il prodotto evitato può essere usato perché si considera la produzione di due cartucce, la prima con materiali primari ed energie da fonti primarie sia per Sapi che per HP, la seconda con materiali che potrebbero essere secondari ed energie che possono essere ottenute da rifiuti per la cartuccia HP, anche se in [1] quando si indicano i materiali usate non si parla di secondari, quando si indicano le energie usate non si parla di energie recuperate da rifiuti. Inoltre, come si è detto in 1.2.2.4.1.1 la produzione dei materiali avviene in Giappone e il trattamento della cartuccia avviene in Francia. D'altra parte l'esistenza di Aziende come Sapi che rigenerano le cartucce dimostra che la maggior parte delle cartucce non vengono recuperate dalla Ditta che le produce.

Sapi rigenera la prima cartuccia sostituendo solo alcuni materiali non necessariamente secondari.

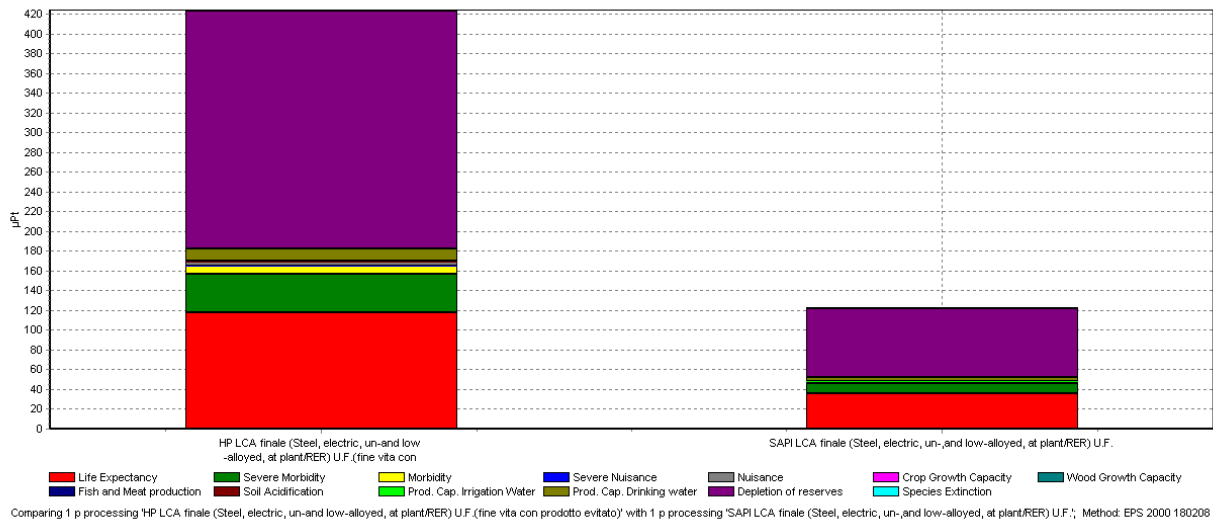
Poiché nello studio relativo alla cartuccia HP [1] viene indicato che i rifiuti dei materiali vengono raccolti e inviati al riciclo (i metalli) e all'incenerimento (le plastiche) e che i secondari e le energie vengono usati per la produzione di nuove cartucce, nell'analisi di sensibilità abbiamo considerato per HP il fine vita con prodotto evitato. L'energia elettrica e termica usata deve essere uguale a quella evitata: quindi si deve usare per l'energia elettrica Energy Asia e non l'energia elettrica Francese, l'acciaio e l'alluminio usato e non quello indicato come prodotto evitato.

**Fig. 42-Confronto con il Metodo Eco-indicator99 modificato**



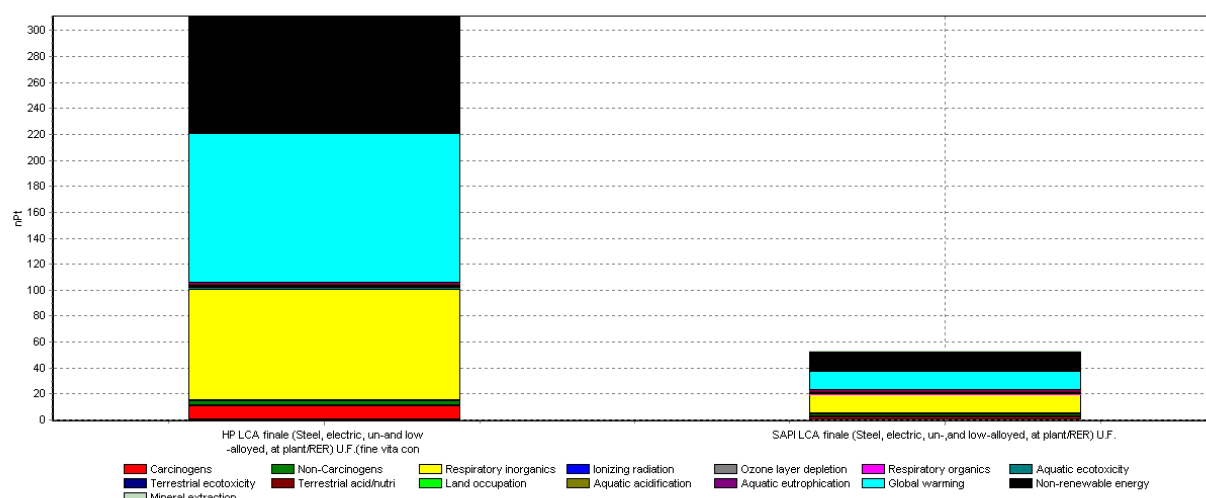
Il danno totale per Sapi vale  $1.46E-5$  Pt, mentre per HP vale  $7.46E-5$  Pt. Il danno per Sapi è inferiore del 80.43%

**Fig. 43-Confronto con il Metodo EPS modificato**



Il danno totale per Sapi vale 0.000123 Pt, mentre per HP vale 0.000424 Pt. Il danno per Sapi è inferiore del 70.99%

**Fig. 44 -Confronto con il Metodo IMPACT 2002+ modificato**



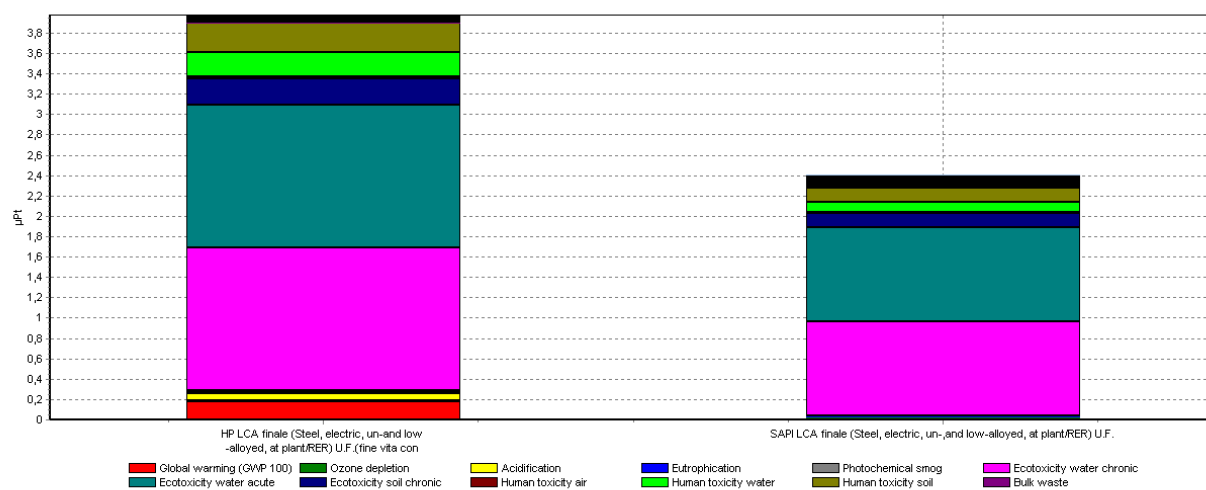
Comparing 1 p processing 'HP LCA finale (Steel, electric, un-and low-alloyed, at plant/RER) U.F. (fine vita con prodotto evitato)' with 1 p processing 'SAPI LCA finale (Steel, electric, un-,and low-alloyed, at plant/RER) U.F.'; Method: IMPACT 2002+ 260807 V2

Il danno totale per Sapi vale  $5.29E-8$  Pt, mentre per HP vale  $3.1E-7$  Pt. Il danno per Sapi è inferiore del 82.93%

**Tab. 39 -La caratterizzazione del confronto con EDIP modificato**

IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW- ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.(FINE VITA CON PRODOTTO EVITATO)	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN- ,AND LOW- ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
Global warming (GWP 100)	g CO <sub>2</sub>	1,2	0,154	<b>1,046</b>	<b>- 87,17%</b>
Ozone depletion	g CFC11	6,69E-8	1,55E-8	<b>5,14E-08</b>	<b>-76,83%</b>
Acidification	g SO <sub>2</sub>	0,00669	0,000628	<b>0,006062</b>	<b>- 90,61%</b>
Eutrophication	g NO <sub>3</sub>	0,00432	0,000827	<b>0,003493</b>	<b>- 80,86%</b>
Photochemical smog	g ethene	0,000168	5,42E-5	<b>0,000114</b>	<b>- 67,74%</b>
Ecotoxicity water chronic	m <sup>3</sup>	0,287	0,189	<b>0,098</b>	<b>- 34,15%</b>
Ecotoxicity water acute	m <sup>3</sup>	0,0294	0,0193	<b>0,0101</b>	<b>- 34,35%</b>
Ecotoxicity soil chronic	m <sup>3</sup>	0,00335	0,00183	<b>0,00152</b>	<b>- 45,37%</b>
Human toxicity air	m <sup>3</sup>	47,8	25,7	<b>22,1</b>	<b>- 46,23%</b>
Human toxicity water	m <sup>3</sup>	0,00568	0,00234	<b>0,00334</b>	<b>- 58,80%</b>
Human toxicity soil	m <sup>3</sup>	3,53E-5	1,73E-5	<b>0,000018</b>	<b>- 50,99%</b>
Bulk waste	kg	1,15E-5	1,22E-5	-7E-07	+ 5,74%
Hazardous waste	kg	1,12E-7	2,27E-7	-1,2E-07	+ 50,66%
Radioactive waste	kg	2,13E-9	3,42E-9	-1,3E-09	+ 37,72%
Slags/ashes	kg	6,87E-7	7,5E-7	- 6,3E-08	+ 8,40%
Resources (all)	Pt	2,43E-6	3,91E-6	-1,5E-06	+ 37,85%

Fig. 452 -Il diagramma della valutazione del confronto con EDIP modificato



Comparing 1 p processing 'HP LCA finale (Steel, electric, un-and low-alloyed, at plant/RER) U.F.(fine vita con prodotto evitato)' with 1 p processing 'SAPI LCA finale (Steel, electric, un-,and low-alloyed, at plant/RER) U.F.'; Method: EDIP/IMP 97 280807 V2.0

Tab. 40 -Il diagramma della valutazione del confronto con EDIP modificato

IMPACT CATEGORY	UNIT	HP LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-AND LOW- ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.(FINE VITA CON PRODOTTO EVITATO)	SAPI LCA FINALE (STEEL, ELECTRIC, UN-,AND LOW- ALLOYED, AT PLANT/RER) U.F.	DIFFERENZA DI IMPATTO TRA HP E SAPI: RIDUZIONE DI IMPATTO A VANTAGGIO DI SAPI	Δ DI IMPATTO AMBIENTALE: % DI RIDUZIONE DEL DANNO DI HP
<b>Total</b>	<b>Pt</b>	<b>3,98E-6</b>	<b>2,4E-6</b>	<b>1,58E-06</b>	<b>- 39,70%</b>
Global warming (GWP 100)	Pt	17,9E-8	2,31E-8	1,56E-07	- 87,09%
Ozone depletion	Pt	7,61E-9	1,76E-9	5,85E-09	- 76,87%
Acidification	Pt	70,1E-9	6,58E-9	6,35E-08	- 90,61%
Eutrophication	Pt	17,4E-9	3,34E-9	1,41E-08	- 80,80%
Photochemical smog	Pt	10,1E-9	3,25E-9	6,85E-09	- 67,82%
Ecotoxicity water chronic	Pt	14,1E-7	9,26E-7	4,84E-07	- 34,33%
Ecotoxicity water acute	Pt	14,1E-7	9,22E-7	4,88E-07	- 34,61%
Ecotoxicity soil chronic	Pt	2,57E-7	1,4E-7	1,17E-07	- 45,53%
Human toxicity air	Pt	14,6E-9	7,85E-9	6,75E-09	- 46,23%
Human toxicity water	Pt	24,E-8	9,89E-8	1,41E-07	- 58,79%
Human toxicity soil	Pt	2,85E-7	1,4E-7	1,45E-07	- 50,88%
Bulk waste	Pt	9,39E-9	9,92E-9	-5,30E-10	+ 5,34%
Hazardous waste	Pt	59,4E-8	1,2E-8	5,82E-07	- 97,98%
Radioactive	Pt	67E-7	1,07E-7	6,59E-06	- 98,40%

waste					
Slags/ashes	Pt	2,16E-9	2,36E-9	<b>-2,00E-10</b>	+ 8,47%

Se non si considerano le risorse il danno totale di Sapi ( $2.4E-6$  Pt) è inferiore a quello di HP ( $3.98E-6$  Pt) del 39.7%. Se si considerano le risorse, il danno totale di HP ( $3.98E-6+2.43E-6=6.41E-6$  Pt) è inferiore rispetto a quello di Sapi ( $2.4E-6+3.91E-6=6.31E-6$  Pt) dell'1.56%.

### 3.5 Conclusioni

Dall'analisi di sensibilità si può concludere che:

- il maggior danno di HP a causa dell'energia elettrica non è dovuto all'energia asiatica che, secondo la banca dati, produce un danno minore del mix europeo o italiano, ma è dovuto alla maggiore quantità di energia usata da HP per la produzione e l'assemblaggio della seconda cartuccia.
- I metodi di valutazione standard (cioè senza correzioni) confermano i risultati ottenuti con i metodi modificati.
- Se si considera solo per HP il fine vita con prodotto evitato dei componenti, con Eco-indicator99, EPS 2000 e IMPACT 2002+ modificati il vantaggio di Sapi rispetto ad HP è considerevolmente superiore (70-80%). Solo con EDIP modificato il danno totale di Sapi diventa prossimo a quello di HP anche se rimane ad esso inferiore.



## **Bibliografia**

- [1] Norma UNI EN ISO 14040:2006, “Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita – Principi e quadro di riferimento”.
- [2] Norma UNI EN ISO 14044:2006, “Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita – Requisiti e Linee guida”.
- [3] Pré, “The Eco-Indicator 99 A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment”, Methodology Report 2001.
- [4] CPM, 1999, A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS). Version 2000, CPM report, Chalmers University of Technology.
- [5] Jolliet O, Margni M, Charles R, Humbert S, Payet J, Rebitzer G and Rosenbaum R (2003). “IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology.” Int J LCA 8 (6) 324-330.
- [6] Pré, “SimaPro 7.0 – Reference Manual”, 2007
- [7] Thompson M., Ellis R., Widavsky, Westview, Cultural Theory, Print Boulder, 1990.
- [8] Jonas Berglind & Henric Eriksson. Life Cycle Assessment of Toner Cartridge HP C4127X Environmental impact from a toner cartridge according to different recycling alternatives. Department of technology, University of Kalmar, SE – 391 82 Kalmar, Sweden; Environmental Engineering, Final Exam Work 10 p, January 2002.