



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

—
Dipartimento
di Scienze
della Vita
e dell'Ambiente
DISVA

Ancona, 29 Giugno 2021

Gent. mo
Andrea Bascucci
Newster System srl
Cerasolo di Coriano

Oggetto: *invio relazione fine attività*

Con la presente si invia la relazione complessiva delle attività svolte dal DiSVA nell'ambito della convenzione con Newster System srl dal titolo: SUPPORTO NELL'ANALISI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE DI PROCESSI DI TRATTAMENTO DI RIFIUTI OSPEDALIERI

Parti della relazione sono state già inviate per e-mail al Dr. Gianluca Magrini e alla Dott.ssa Benedetta Copertaro, in data 10 giugno 2021 (confronto scenari di trattamento rifiuti ospedalieri) e in data 23 Giugno 2021 (fase di produzione dello sterilizzatore). Come previsto nella convenzione, la relazione è stata redatta in lingua inglese e italiana.

Cordiali saluti,

Alessia Amato



Indice

(v. allegato tecnico alla convenzione)

- Environmental sustainability assessment of different strategies of infectious hospital solid waste management.....p. 3
- Analisi di sostenibilità ambientale di differenti strategie di gestione di rifiuti ospedalieri.....p. 17
- Environmental sustainability analysis of sterilizer NW50.....p. 26
- Analisi di sostenibilità ambientale dello sterilizzatore NW50.....p. 39

Environmental sustainability assessment of different strategies of infectious hospital solid waste management

1. General aspects

The present analysis was commissioned by Newster System srl, to assess the environmental sustainability of two possible strategies of infectious hospital solid waste management and, consequently, to verify if their innovative solution is environmentally more sustainable than current practice.

The whole study was performed by a life cycle assessment (LCA) approach conforming to the LCA ISO standards 14040 and 14044:2006 [1,2].

1.1 Objective of the present LCA

The Newster System srl has developed a progressive sterilization system for infectious hospital solid waste, able to be placed on-site, at the hospital, to treat the waste making it an urban waste (CER 20 03 01), suitable for the common management at urban facilities (mainly landfilling sites or incinerator).

The high performance of the sterilizer avoids the most common management of the Infectious hospital solid waste which includes a specific daily transport to an incinerator for hazardous waste, within suitable boxes (which are incinerated with the waste).

The present study considered a real case study of accredited Hospital in Rimini Province, which installed the Newster System srl sterilizer, as an alternative to the current management strategy.

1.2 LCA scope, system boundaries and functional unit

The present study is a comparative assessment of two solutions of Infectious hospital solid waste management, compliant with Italian legislation [3–5]. The functional unit selected for the comparison is the

daily waste amount treated by the sterilizer at the accredited Hospital in Rimini Province, corresponding to 240 kg of waste (4 treatments of 60 kg per day).

The present analysis included the results of inventory analysis, classification and characterization (mandatory), normalization and weighting (optional) phases.

The software used for data collection is Thinkstep Gabi Professional, combined with the Database for Life Cycle Engineering. The method selected for the analysis is EF 3.0, including all the environmental categories, recommended models at midpoint, together with their indicators, units and sources [6].

Figure 1 represents the system boundaries chosen for the analysis, where the waste is sent either to the Newster sterilizer on-site (scenario 1) or to the incineration for hazardous material (scenario 2).

Scenario 1 includes the impact due to both the consumable materials and the utilities (primarily electricity and water). More in detail, the electricity is used for the sterilization treatment (mainly to reach the necessary temperature) and for the following washing of the empty containers, used for the waste maintenance (before their re-use). For the quantification of the electricity impact an Italian electricity grid mix (which includes both the renewable and not-renewable energy resources) was selected. On the other hand, water (assumed as tap water) is used for the waste flow cooling (after sterilization) and for the container washing before the re-use. The wastewater resulting from the treatment is discharged in the urban sewage. Overall, the sterilization treatment (scenario 1) allows the decrease of waste weight of about 20% with a relevant decrease of the amount to incinerate. On the other hand, in scenario 2 the amount to incinerate includes both the waste and the containers which are sent to thermal process. The environmental load related to the containers (both production and final incineration) was assessed considering two possible materials: plastic material (which represents the current option) and paper boxes (considering the current “plastic free” policies addressed to the substitution/reduction of plastic consumption).

Some assumptions were performed for the analysis:

- The sterilizer assembly and construction are not included within the system boundaries since it has a life cycle higher than 10 years. On the other hand, both production and disposal of consumables are considered for the analysis (weighted on the replacement time basis).
- The waste treated by Newster System srl sterilizer (scenario 1) can be considered as urban waste (CER 20 03 01), disposed (in common PE bags) in the common garbage can, collected twice a week by the local urban service and sent to the urban incineration facility (in this case Rabiano of Coriano incinerator) by a small truck (up to 14 tons total cap., 9.3 tons payload).
- The not treated Infectious hospital solid waste (included in the scenario 2) is classified as infectious hospital solid waste (CER 18.01.03-wastes whose collection and disposal is subject to special requirements in order to prevent infection [3]) , stocked in polypropylene (PP) containers (scenario 2a) or in polyethylene (PE) bags within paper boxes (scenario 2b), collected and incinerated every day. This waste flow is sent to a suitable incinerator in Bologna, specific for hazardous waste. The full containers must be collected at the end of each working day by a van (up to 7.5 tons total cap., 3.3 tons payload).
- For the paper boxes we selected a graphic paper because the used boxes include inscriptions on all sides and the assumption has been considered acceptable.
- The cleaning solution is assumed as a sodium hydroxide solution with a conc. of 10%, following the related safety data sheet.
- The disinfectant solution is assumed as a hydrogen peroxide solution with a conc. of 25%, following the related safety data sheet.
- A mechanical biological treatment (MBT) was added to scenario 1, before the incineration with the recovery of about 1% of the waste flow [7].
- The enzymatic solution (with anti-odor effect) was excluded from the assessment (and from the system boundaries in Figure 1) since it has been verified that the possible substitution with a

different microbic production process causes an effect lower than 1% on the whole impact of scenario 1, without relevant consequences on the LCA results.

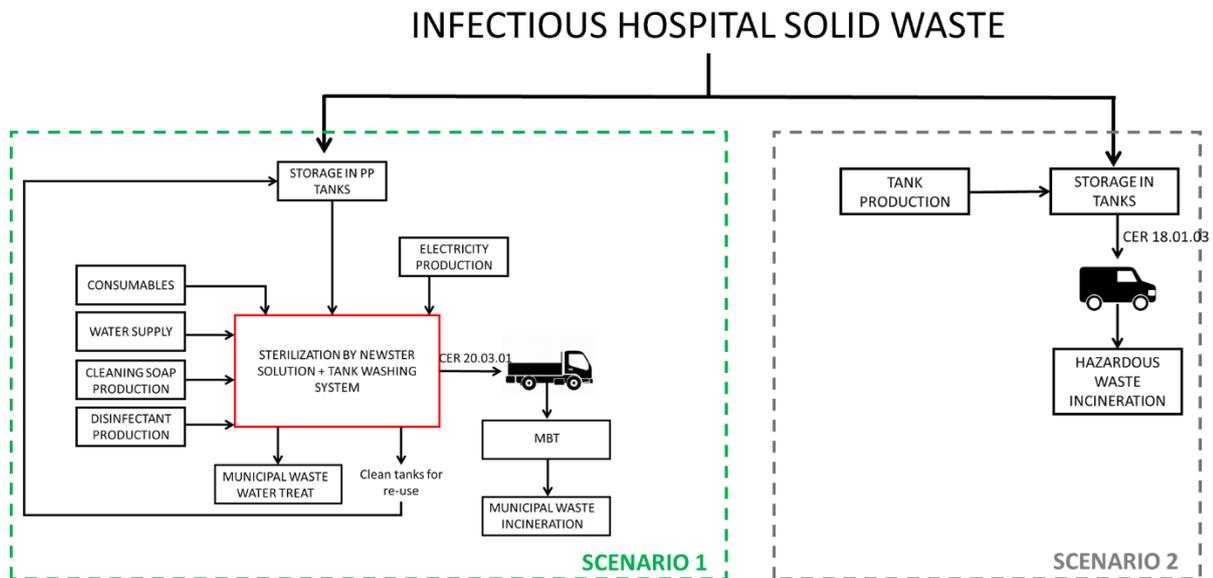


Figure 1. System boundaries considered for the LCA. Scenario 2 was assessed considering PP containers (scenario 2a) and PE bags within paper boxes (scenario 2b).

2. Life cycle inventory

The mass and energy balances were built using primary data supplied by Newster System srl. The enzymatic solution (with anti-odor effect) was reported in Table 1 to be consistent with the mass balance; nevertheless, it was excluded from the assessment (and from the system boundaries in Figure 1) in agreement with that reported in assumption section.

Table 1. Mass and energy balances used for the LCA (functional unit: Infectious hospital solid waste daily treated, 240 kg)

		Input flow	Output flow
Scenario 1			
Consumables	Infectious hospital solid waste	2.4*10 ² kg	Urban waste to incineration
	Cast iron consumables	2.0*10 ⁻¹ kg	Wastewater
	Steel consumables	2.4*10 ⁻¹ kg	Hazardous waste
	Carbon consumables	3.3*10 ⁻³ kg	
	Paper consumables	3.2*10 ⁻⁴ kg	
	Copper consumables	1.7*10 ⁻⁴ kg	
	Rubber consumables	4.4*10 ⁻⁴ kg	
	Enzymatic solution	4.0*10 ⁻¹	
	Cleaning solution	5.6*10 ⁻¹	
	Disinfectant	4.0*10 ⁻²	
Input	Water (cooling and washing)	2.2*10 ²	
	Electricity	1.4*10 ² kWh (+5 kWh for MBT)	
	Distance for the Transport (twice a week)	25 km	
Transport			
Scenario 2			
Input	Infectious hospital solid waste	2.4*10 ² kg	Hazardous waste to incineration (scenario 2a)
			Hazardous waste to incineration (scenario 2b)
Input	PP containers (scenario 2a)	9.6*10 ¹ kg	
	PE bags within paper boxes (scenario 2b)	1*10 ⁻² kg (PE)+23 kg (paper)	
	Daily transport to incineration facility	107 km	
Transport			

The emissions were estimated by Gabi software, including emissions to air, fresh water and soil (agriculture and industrial) as reported in Table 2. It is evident the lowest emissions of scenario 1, except for the emissions to fresh water, mainly due to the electricity consumption of sterilizer.

Table 2. Results of LCI by Gabi software (functional unit: Infectious hospital solid waste daily treated, 240 kg)

Emissions	Scenario 1	Scenario 2a	Scenario 2b
Emissions to air (kg)	4.7*10 ³	6.1*10 ³	5.0*10 ³
Emissions to fresh water (kg)	4.3*10 ⁵	6.2*10 ⁴	5.0*10 ⁴
Emissions to agriculture soil (kg)	9.6*10 ⁻⁴	1.8*10 ⁻⁴	1.6*10 ⁻⁴
Emissions to industrial soil (kg)	4.3*10 ⁻²	6.6*10 ⁻⁴	6.3*10 ⁻⁴

3. Life cycle impact assessment (LCIA)

3.1 Classification and characterization

The results of classification and characterization phases show an evident advantage of scenario 1 which implements the Newster System srl solution on most of categories (Figure 2). The average environmental advantage of scenario 1 is around 80% compared to scenario 2a (with PP containers) and 70%, compared to scenario 2b (with paper boxes). The environmental strengths of scenario 1 are explained by different aspects:

1) The decrease of incineration load on the whole impact.

This result, mainly highlighted in the categories of acidification (a), climate change (b), eutrophication marine and terrestrial (e-f), photochemical ozone formation (e), is explained by the properties of the waste resulting from the sterilization treatment. Indeed, its classification, CER 20 03 01, allows its incineration as urban waste with a lower impact than that resulting from a facility for hazardous waste (considered in scenarios 2). In addition, the incineration impact is further decreased by the reduction of the waste amount (around 20%) achieved by Newster solution. Moreover, scenario 2 has the disadvantage that also boxes have to be incinerated together with the waste.

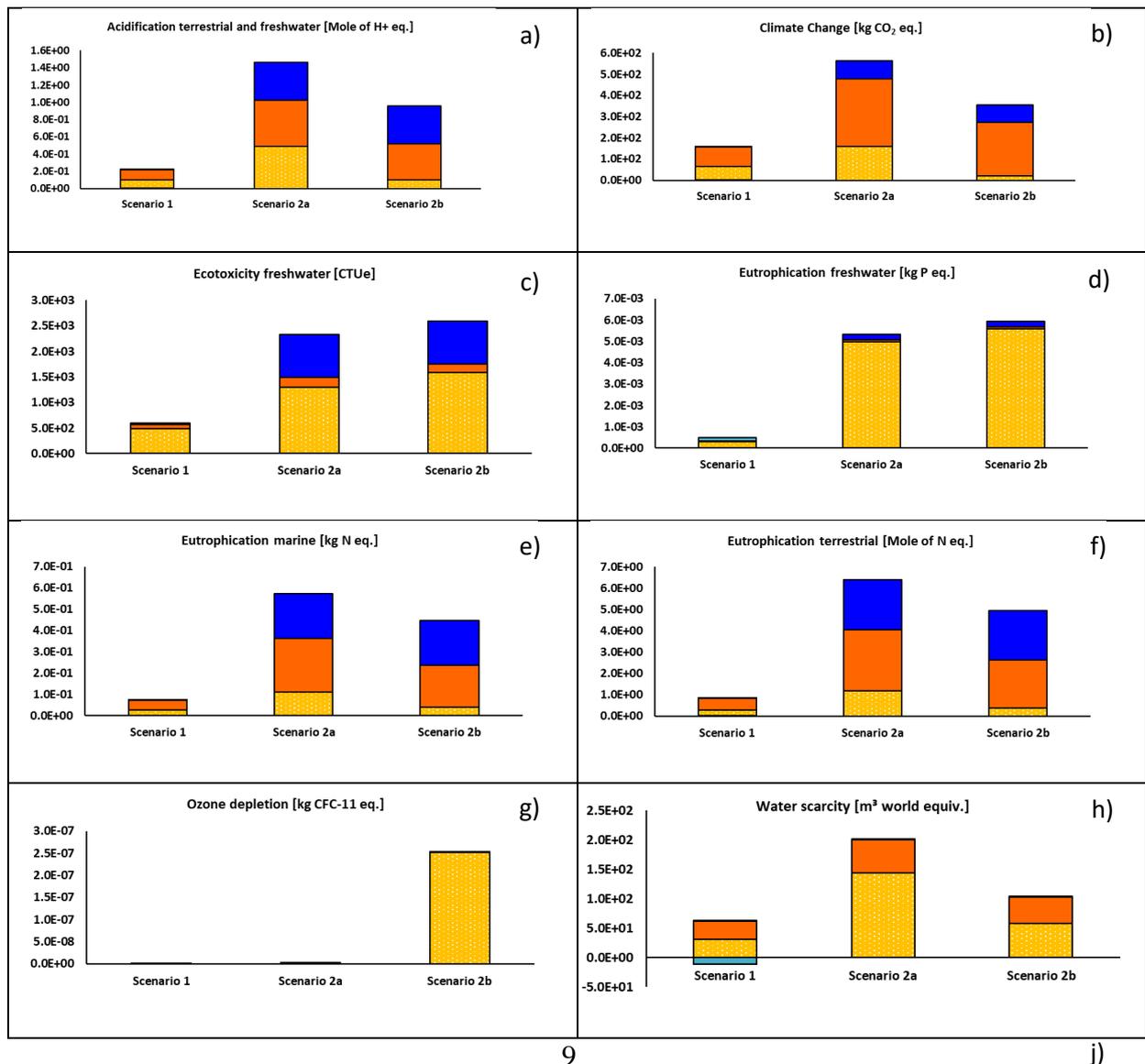
2) The decrease of transport load on the whole impact.

The environmental effect of the transport is evident in most of categories. More in detail, this issue does not affect scenario 1, where the waste is added to the other urban waste of the hospital and collected twice a week. On the other hand, the current management strategy, without an on-site sterilization, needs a daily dedicated transport by a van. The impact of the waste transport is increased by the distance of the specific case study. Indeed, the possibility to make the Infectious hospital solid waste an urban waste by sterilization allows its treatment (incineration in this case) at the closest facility, avoiding its transport toward specific treatment facilities for hazardous waste.

3) The avoided impact for containers/boxes production

The scenario 1 includes a washing system able to clean the PP containers making them ready for the re-use (countless times, until they are broken). For this reason, the impact for their production is not included in the assessment. On the other hand, considering their single use, this aspect was included in the scenario 2a (in the input flows impact). Overall, the possible substitution by paper boxes significantly decreases the environmental load, except for the ozone depletion category, in which the paper use represents an issue.

As concerns the scenario 1, the consumables production does not affect the whole results, except for the categories of resource use, minerals and metals and cancer human health effect, mainly due to the steel production and manufacturing.



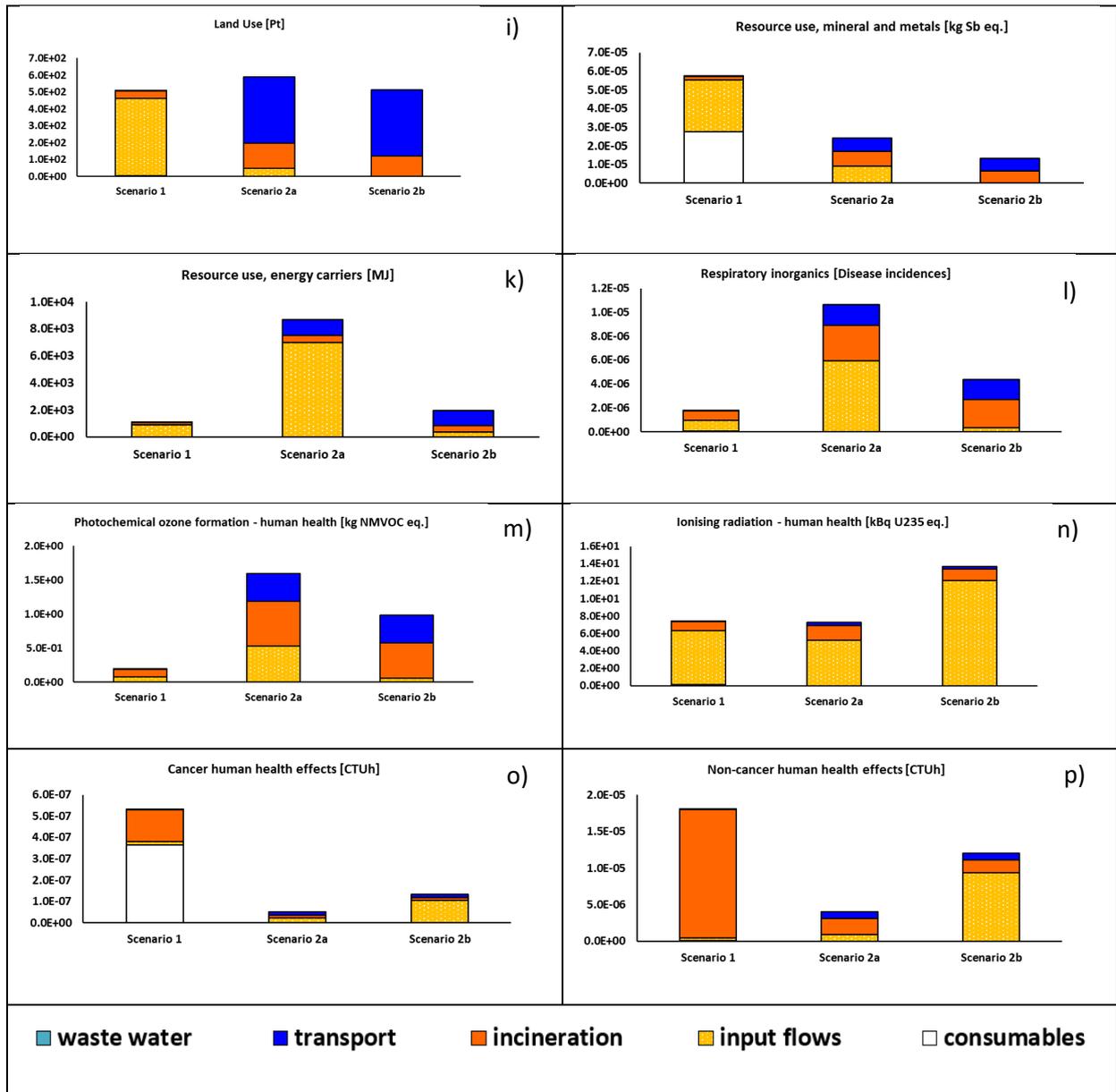


Figure 2. Results of classification and characterization steps (functional unit: Infectious hospital solid waste daily treated, 240 kg)

3.2 Normalization and weighing

Normalization and weighing phases confirm the results of classification and characterization described in the paragraph 3.1. Nevertheless, these LCA steps were necessary to assess the whole magnitude of each option of Infectious hospital solid wastemanagement and to estimate the environmental performance index (EPI), able to include all the impact categories. In agreement with the selected method, this value is expressed as person equivalent (p.e.), i.e., the number of people (average citizens) that generates the same effect in one year [8]. Considering all the impact categories, the scenario 1 shows an advantage around 70%

compared to the scenario 2a and 50% in the case of scenario 2b. The consumables contribution does not affect the environmental load of scenario 1, significantly. On the other hand, the positive effects of the reduced waste (classified as urban), the reduced transport and the avoided single use of containers/boxes is evident. These advantages can be translated into an EPI of $5 \cdot 10^{-3}$ p.e./kg treated infectious hospital solid waste, compared to $1.6 \cdot 10^2$ and $1.2 \cdot 10^{-2}$ of scenarios 2a and 2b, respectively.

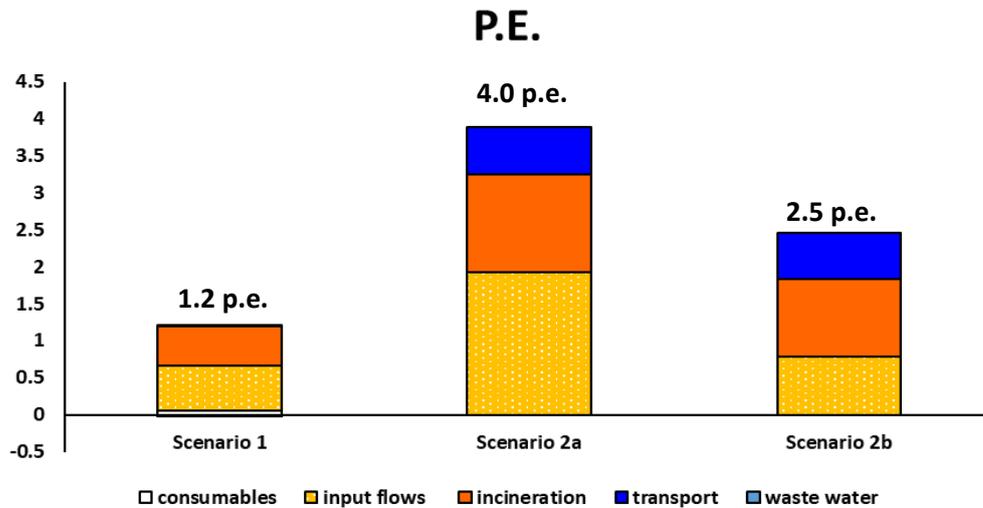


Figure 3. Results of normalization and weighing steps (functional unit: Infectious hospital solid waste daily treated, 240 kg)

The results showed in Figure 4 supply an interesting information related to the most affected categories. Climate change and resource use, energy carriers represent the main issues, mainly highlighted in scenario 2a. More in detail, the incineration of hazardous waste represents the main criticality of the first category (around 57% of the whole climate change impact). The production of single use PP containers explain around 80% of the impact in the category of resource use, energy carriers.

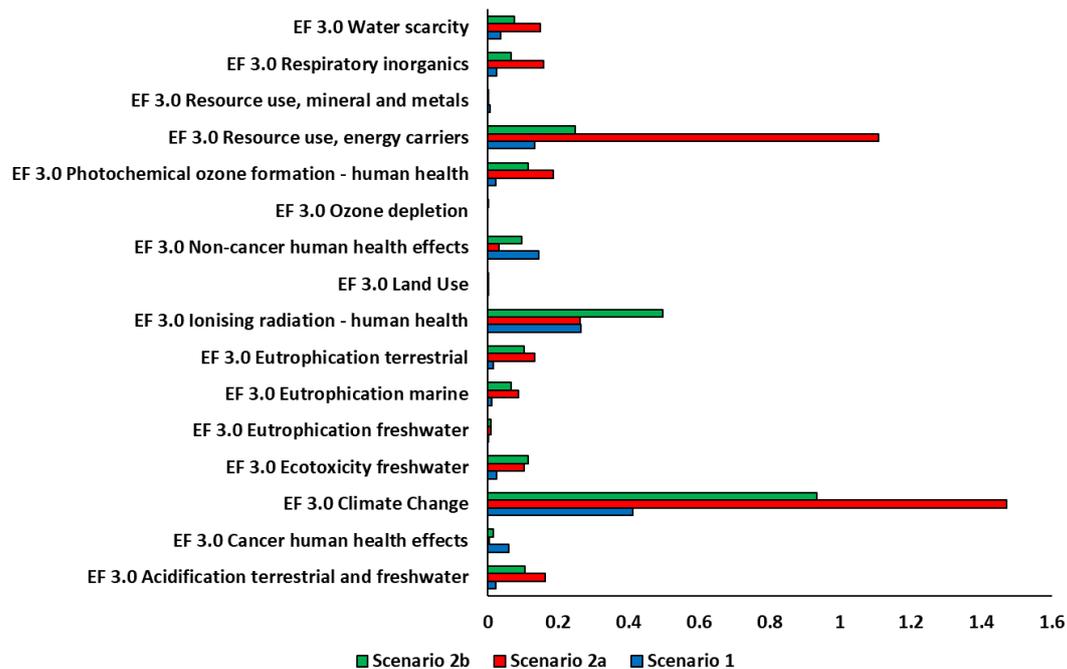


Figure 4. Results of normalization and weighting steps, the environmental contribution of each category (functional unit: hospital solid waste daily treated, 240 kg)

4. Conclusions

The present report quantified a relevant environmental advantage of the Newster System srl, compared to the current strategy of hospital solid waste management.

The main strengths identified for the considered case study were:

- The reduction of solid waste amount.
- The avoided treatment at hazardous waste incineration thanks to the classification as urban waste after the sterilization on-site
- The simplest management of the waste which avoid a daily transport to the incineration.
- The avoided loss of containers/boxes for waste maintenance.

These advantages are highlighted in the cases where the hazardous waste needs to be sent far from the waste production way for the incineration. Indeed, the environmental cost of the transport is added to the load of the treatment.

References

- [1] UNI EN ISO 14040: 2006. Environmental management – life cycle assessment – principles and framework., 2006.
- [2] ISO 14044:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines, (2006).
- [3] European Commission, COMMISSION DECISION of 18 December 2014 amending Decision 2000/532/EC on the list of waste pursuant to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council, 2014.
- [4] Repubblica italiana, Norme in materia di rifiuti sanitari art. 30-bis, (n.d.).
- [5] Repubblica Italiana, Legge 11 settembre 2020, n.120-Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 16 luglio 2020, n.76, recante misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitalr, 2020.
- [6] European Commission, European Platform on Life Cycle Assessment, (n.d.).
<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.xhtml> (accessed May 31, 2021).
- [7] ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani, 2019.
- [8] A.. Schmidt, J. Frydendal, Methods for calculating the environmental benefits of “green” products. In *Buying into the Environment*;; Routledge: Oxfordshire, UK, 2003.

Analisi di sostenibilità ambientale di differenti strategie di gestione di rifiuti ospedalieri

1. Aspetti generali

La presente analisi è stata commissionata da Newster System srl, per valutare la sostenibilità ambientale di due possibili strategie di gestione di rifiuti sanitari e verificare l'effettiva sostenibilità del metodo innovativo proposto dall'azienda, rispetto alle attuali pratiche di gestione.

Lo studio è stato condotto con un approccio LCA, conforme alle norme ISO 14040 e 14044:2006 [1,2].

1.1 Obiettivo dell'analisi

La Newster System srl ha sviluppato un sistema innovativo di sterilizzazione dei rifiuti sanitari ospedalieri, capace di essere utilizzato direttamente presso la struttura ospedaliera. Al termine del trattamento, il rifiuto è classificabile come rifiuto urbano (CER 20.03.01), adatto ad essere smaltito presso discariche o inceneritori per rifiuti urbani. Le elevate prestazioni di questo sistema di sterilizzazione evita il più comune sistema di gestione dei rifiuti sanitari (conservati all'interno di appositi contenitori) che include un trasporto giornaliero presso termovalorizzatori specifici per rifiuti speciali.

Il presente studio ha preso in considerazione il caso specifico di una struttura accreditata in provincia di Rimini, la quale ha installato lo sterilizzatore di Newster System srl come alternativa alla tradizionale gestione del rifiuto.

1.2 Scopo dello studio LCA, confini del sistema e unità funzionale

Il presente studio rappresenta una valutazione comparativa di due soluzioni di gestione dei rifiuti sanitari ospedalieri, in accordo con l'attuale legislazione italiana [3–5]. L'unità funzionale selezionata è rappresentata dalla quantità giornaliera trattata dallo sterilizzatore presso la struttura riminese, pari a 240 kg di rifiuto (4 trattamenti da 60 kg ognuno per giorno).

L'analisi include i risultati dell'analisi dell'inventario, classificazione caratterizzazione (obbligatorie) e normalizzazione e pesatura (consigliate ma non obbligatorie). Il *software* utilizzato per condurre la valutazione è *Thinkstep Gabi Professional*, combinato con il *Database per Life Cycle Engineering*. Il metodo scelto per le analisi è stato EF 3.0, inclusi le categorie di impatto, i modelli raccomandati, i relativi indicatori, unità e risorse [6].

La Figura 1 rappresenta i confini del sistema selezionati per la presente analisi in cui il rifiuto sanitario è trattato tramite il processo di sterilizzazione Newster *on-site* (scenario 1) o inviato ad un termovalorizzatore per rifiuti speciali (scenario 2).

Nel dettaglio, lo scenario 1 include gli impatti dovuti ai materiali consumabili, all'acqua e all'elettricità consumata dallo sterilizzatore. In particolare, la corrente elettrica è utilizzata sia per il trattamento di sterilizzazione (principalmente per il raggiungimento della temperatura richiesta) che per il lavaggio dei contenitori riutilizzabili, usati per la conservazione del rifiuto. Per la quantificazione degli impatti associati al consumo energetico è stato selezionato un mix medio italiano (che combina fonti rinnovabili alle non rinnovabili). Per quello che riguarda il consumo idrico, è stata assunta acqua del rubinetto volta sia al raffreddamento del rifiuto sterilizzato che al lavaggio del contenitore prima del suo riutilizzo. Il refluo derivante dal trattamento è poi scaricato in fogna. Complessivamente, il trattamento di sterilizzazione comporta una perdita in peso del rifiuto in ingresso di circa il 20% con una riduzione del flusso da inviare a termovalorizzazione. Nello scenario 2, invece, la quantità da inviare a smaltimento include sia il rifiuto che gli appositi contenitori in cui questo è conservato. A tal proposito, il carico ambientale dovuto ai contenitori (inteso come produzione e termovalorizzazione finale) è stato incluso nella valutazione tenendo conto di due possibilità: un contenitore in materiale plastico (che rappresenta l'attuale opzione) e un contenitore in cartone (che tiene conto delle politiche "*plastic free*" ad oggi in atto).

Alcune assunzioni sono state considerate per l'esecuzione dell'analisi:

- La fase di produzione dello sterilizzatore è stata esclusa dai confini del sistema, poiché considerata ammortizzata dal tempo di vita minimo dello strumento di almeno 10 anni. Produzione e smaltimento di tutti i materiali consumabili sono invece stati presi in considerazione.
- Il rifiuto trattato nello sterilizzatore di Newster System srl (scenario 1) è classificato come rifiuto urbano (CER 20.03.01), smaltito nei normali bidoni della spazzatura (contenuto in comuni buste in PE e ritirato due volte a settimana dal servizio urbano locale) ed trasportato al termovalorizzatore per rifiuti urbani (nel caso specifico quello di Rabiano di Coriano) su un camion con capacità 14 tonnellate e carico utile 9,3 tonnellate;
- Il rifiuto sanitario non trattato (incluso nello scenario 2) è invece classificato con il CER 18.01.03- rifiuti che devono essere raccolti e smaltiti applicando precauzioni particolari per evitare infezioni [3]), conservato in contenitori di PP (scenario 2a) o in buste di PE all'interno di contenitori in cartone, raccolti ed inviati all'inceneritore per rifiuti speciali giornalmente (nel caso specifico quello di Bologna). I contenitori sono trasportati (trasporto dedicato) su un furgone con capacità 7,5 tonnellate e carico utile 3,3 tonnellate.
- Per quanto riguarda la produzione delle scatole di cartone usate per il contenimento dei rifiuti sanitari ospedalieri, è stato selezionato un processo di produzione di carta grafica. Tale scelta è legata al fatto che le scatole includono delle scritte e delle etichette su tutti i lati.
- La soluzione di lavaggio è stata assunta come una soluzione di NaOH al 10%, secondo quanto riportato nelle relative schede di sicurezza;
- La soluzione disinfettante è stata assunta come una soluzione di acqua ossigenata al 25%, secondo quanto riportato nelle schede di sicurezza;
- Un trattamento meccanico biologico (TMB) è stato aggiunto allo scenario 1, prima della termovalorizzazione, con un possibile recupero dell'1% del rifiuto stesso [7].
- La soluzione enzimatica con effetto anti-odore è stata esclusa dalla valutazione (e dai confini del sistema in Figura 1) poiché è stato verificato che l'eventuale sostituzione con una differente

produzione microbica causa un effetto minore dell'1% senza effetti significativi sui risultati della valutazione.

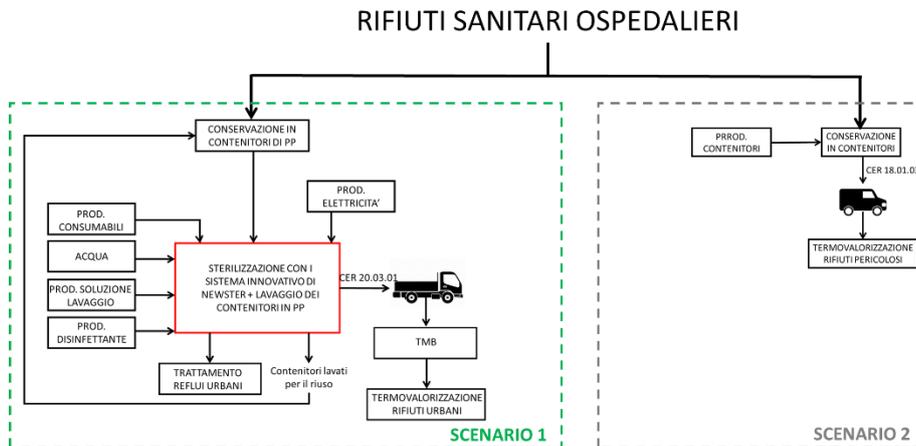


Figura 1. Confini del sistema selezionati per l'analisi LCA. Lo scenario 2 è stato valutato considerando contenitori in PP (scenario 2a) e buste in PE contenute in scatole di cartone (scenario 2b).

2. Analisi dell'inventario

I bilanci di materia e di energia sono stati costruiti utilizzando i dati primari forniti da Newster System srl. La soluzione enzimatica (con effetto anti-odore) è stata inclusa nella Tabella 1 per essere consistenti con i bilanci di materia; tuttavia, è stata esclusa dalla valutazione e dai confini del sistema, in base a quanto riportato nella sezione relativa alle assunzioni.

Tabella 1. Bilanci di materia e di energia utilizzati per la valutazione LCA (unità funzionale considerata: 240 kg di rifiuto sanitario ospedaliero trattato giornalmente)

	Flussi considerati in ingresso		Flussi considerati in uscita	
Scenario 1				
Consumabili	Rifiuto sanitario ospedaliero	2.4*10 ² kg	Rifiuto urbano a termovalorizzazione	1.9*10 ² kg
	Ghisa	2.0*10 ⁻¹ kg	Refluo	2.7*10 ² kg
	Acciaio	2.4*10 ⁻¹ kg	Rifiuto speciale	1.2*10 ⁻² kg
	Carboni attivi	3.3*10 ⁻³ kg		
	Carta	3.2*10 ⁻⁴ kg		
	Rame	1.7*10 ⁻⁴ kg		
	Gomma	4.4*10 ⁻⁴ kg		
Flussi vari	Soluzione enzimatica	4.0*10 ⁻¹		
	Soluzione di lavaggio	5.6*10 ⁻¹		
	Disinfettante	4.0*10 ⁻²		
	Acqua (raffreddamento e lavaggio)	2.2*10 ²		
	Elettricità	1.4*10 ² kWh (+5 kWh for MBT)		
Trasporto	Distanza considerata 2 volte a settimana	25 km		
Scenario 2				
	Rifiuto sanitario ospedaliero	2.4*10 ² kg	Rifiuto speciale al termovalorizzatore (scenario 2a)	3.4*10 ² kg
			Rifiuto speciale al termovalorizzatore (scenario 2b)	2.6*10 ² kg
Flussi vari	Contenitori in PP (scenario 2a)	9.6*10 ¹ kg 1*10 ⁻² kg		
	Buste in PE in scatole di cartone (scenario 2b)	(PE)+23 kg (paper)		
Trasporto	Trasporto giornaliero al termovalorizzatore	107 km		

Le emissioni sono state stimate utilizzando il *software* Gabi, tenendo conto di: emissioni in aria, in acqua e sul suolo (agricolo e industriale), come riportato in Tabella 2. Sono evidenti le più basse emissioni dello scenario 1, eccetto per le emissioni in acqua, principalmente legate al consumo energetico dello sterilizzatore.

Table 2. Risultati dell'analisi dell'inventario eseguita con il *software* Gabi (unità funzionale considerata: 240 kg di rifiuto sanitario ospedaliero trattato giornalmente)

Emissioni	Scenario 1	Scenario 2a	Scenario 2b
Emissioni in aria (kg)	4.7*10 ³	6.1*10 ³	5.0*10 ³
Emissioni in acqua (kg)	4.3*10 ⁵	6.2*10 ⁴	5.0*10 ⁴
Emissioni sul suolo agricolo (kg)	9.6*10 ⁻⁴	1.8*10 ⁻⁴	1.6*10 ⁻⁴
Emissioni sul suolo industriale (kg)	4.3*10 ⁻²	6.6*10 ⁻⁴	6.3*10 ⁻⁴

3. Life cycle impact assessment (LCIA)

3.1 Classificazione e caratterizzazione

I risultati delle fasi di classificazione e caratterizzazione (Figure 2) mostrano un evidente vantaggio dello scenario 1 (soluzione innovativa di Newster System srl) nella maggior parte delle categorie di impatto considerate. Mediamente, il vantaggio dello scenario 1 è dell'80% se confrontato con lo scenario 2a (con contenitori in PP) e del 70% se confrontato con lo scenario 2b (con contenitori in cartone). I benefici dello scenario 1 possono essere spiegati tramite diversi aspetti:

4) La riduzione del contributo della termovalorizzazione sull'impatto totale.

Questo risultato, evidente soprattutto nelle categorie di: acidificazione (*acidification (a)*), cambiamento climatico (*climate change (b)*), eutrofizzazione marina e terrestre (*eutrophication marine and terrestrial (e-f)*), formazione di ozono fotochimico (*photochemical ozone formation (e)*), è giustificato dalle caratteristiche del rifiuto in uscita dalla sterilizzazione. Infatti, la classificazione con il CER 20.03.01 consente la sua termovalorizzazione in un comune impianto per rifiuti urbani, con un ridotto impatto ambientale rispetto al trattamento considerato nello scenario 2 specifico per rifiuti speciali. Tale carico ambientale è ulteriormente ridotto dal decremento del peso del rifiuto di circa il 20% grazie alla sterilizzazione. D'altro canto, nello scenario 2, al peso del rifiuto da termovalorizzare si aggiunge quello dei contenitori monouso.

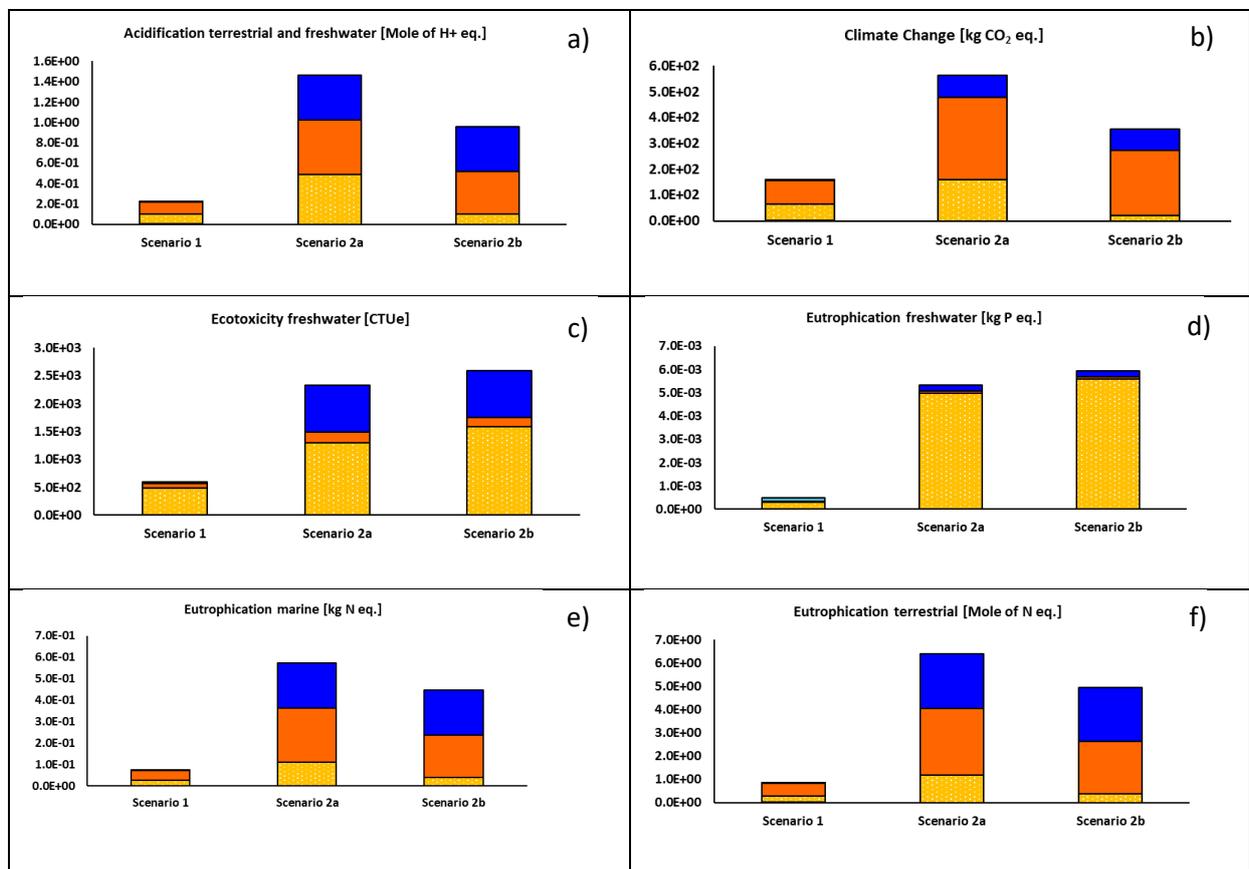
5) La riduzione del contributo del trasporto sull'impatto totale.

L'effetto ambientale del trasporto è evidente nella maggior parte delle categorie. Risulta chiaro che tale problematica non è rilevante per lo scenario 1, in cui il rifiuto sterilizzato è unito al rifiuto urbano prodotto dalla struttura ospedaliera e raccolto 2 volte a settimana. La più comune gestione del rifiuto, descritta invece nello scenario 2, necessita di un trasporto giornaliero dedicato. L'impatto del trasporto nello specifico caso studio della struttura riminese è aumentato dalla distanza dell'impianto di termovalorizzazione per rifiuti speciali.

6) Il vantaggio derivante dall'evitata produzione dei contenitori

Lo scenario 1 prevede una fase di lavaggio che assicura la pulizia dei contenitori di PP, adatti al riutilizzo per infinite volte (eccetto in caso di danneggiamento) e dunque l'esclusione dalla valutazione. Ciò non è invece possibile nello scenario 2, in cui i contenitori sono monouso. È evidente come la possibile sostituzione dei contenitori in PP (scenario 2a) con scatole in cartone (scenario 2b) riduce significativamente il carico ambientale, eccetto per la categoria della riduzione dello strato di ozono (*ozone depletion*).

Infine, il contributo della produzione dei consumabili non risulta particolarmente significativo per l'impatto dello scenario 1, eccetto per le categorie dell'uso delle risorse, dei minerali e dei metalli (*resource use, minerals and metals*) e per gli effetti cancerogeni sull'uomo (*cancer human health effect*), legati soprattutto alla produzione dell'acciaio.



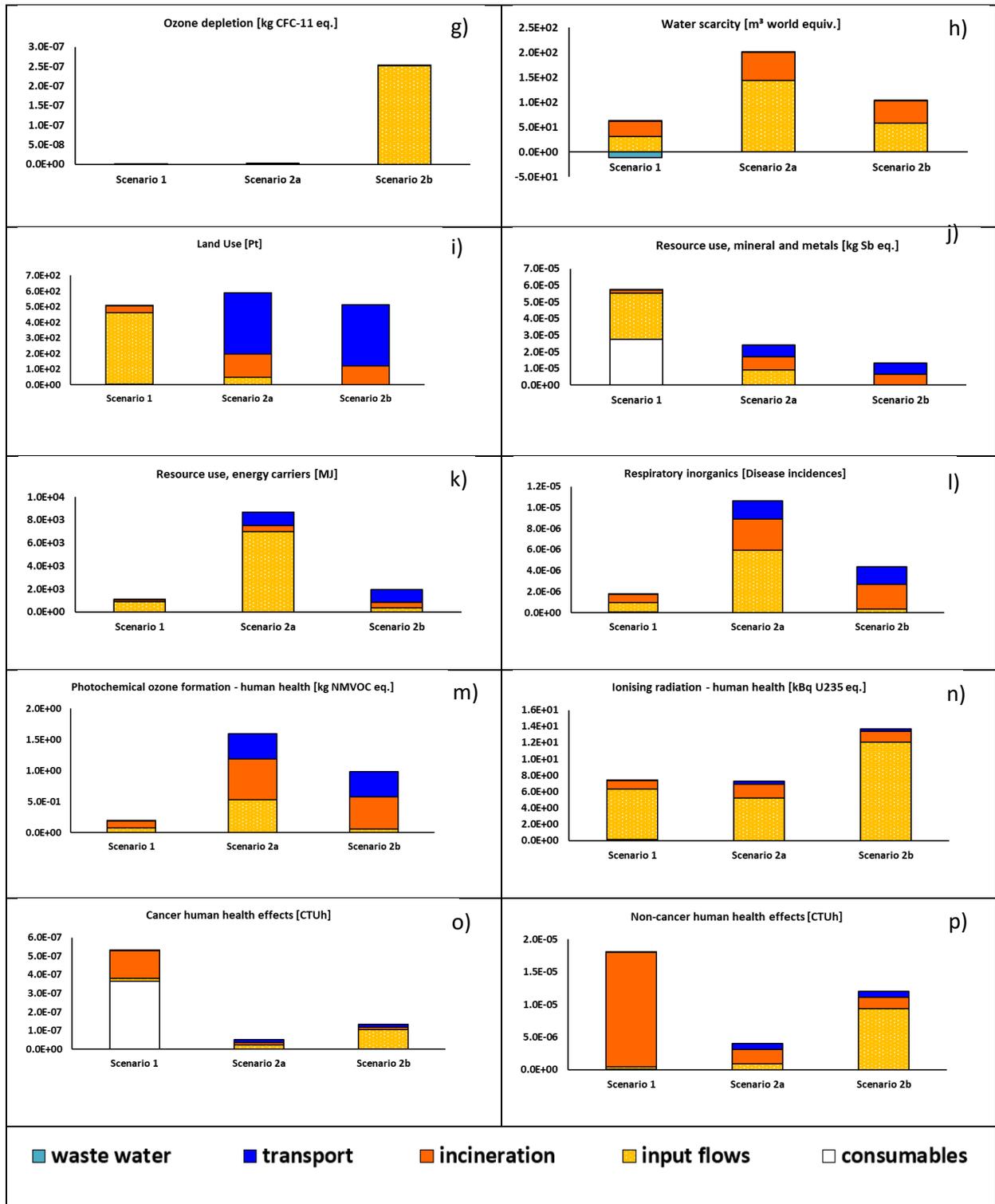


Figura 2. Risultati delle fasi di classificazione e caratterizzazione (unità funzionale considerata: 240 kg di rifiuto sanitario ospedaliero trattato giornalmente)

3.2 Normalizzazione e pesatura

Le fasi di normalizzazione e pesatura confermano i risultati ottenuti da classificazione e caratterizzazione, descritti nel paragrafo 3.1. Tuttavia, queste ulteriori fasi sono consigliate per identificare un impatto complessivo di ogni scenario e stimare un indice di performance ambientale (*environmental performance index*, EPI), capace di tener conto di tutte le categorie. In accordo con il metodo selezionato per l'analisi, tale valore è espresso in persone equivalenti (p.e.), ovvero il numero di individui che generano lo stesso impatto in un anno [8]. Come riportato in Figura 3, lo scenario 1 mostra un vantaggio di circa il 70% rispetto allo scenario 2a e del 50% rispetto al 2b. Si conferma, inoltre, il ridotto contributo legato alla produzione dei materiali consumabili sul carico ambientale dello scenario 1. Risultano evidenti i punti di forza dello scenario 1, ovvero la ridotta quantità del rifiuto urbano a termovalorizzazione, la riduzione del numero e le distanze del trasporto e il possibile riutilizzo dei contenitori in PP. Complessivamente tali vantaggi sono tradotti in un EPI pari a $5 \cdot 10^{-3}$ p.e./kg di rifiuto sanitario ospedaliero, rispetto a $1.6 \cdot 10^2$ e $1.2 \cdot 10^{-2}$, rispettivamente per gli scenari 2a e 2b.

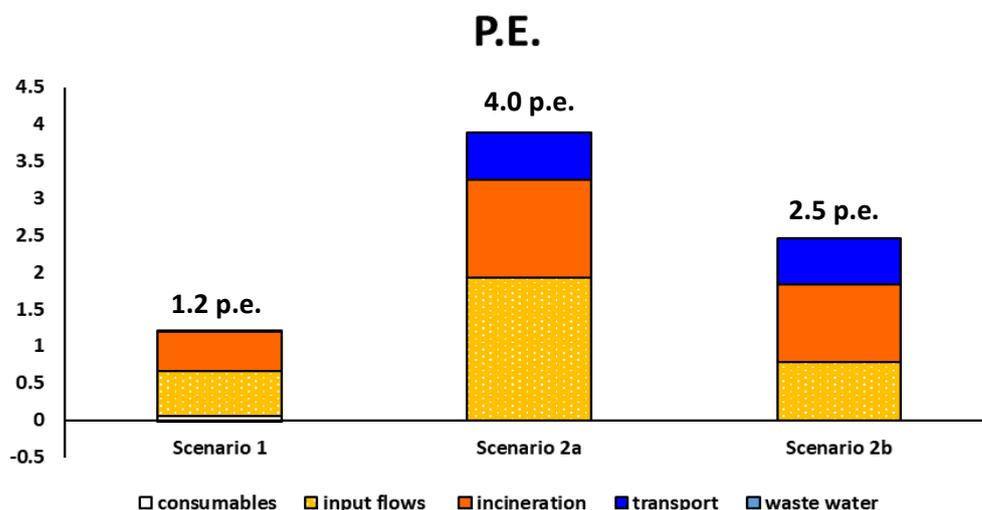


Figura 3. Risultati di normalizzazione e pesatura (unità funzionale considerata: 240 kg di rifiuto sanitario ospedaliero trattato giornalmente)

I risultati mostrati in Figura 4 forniscono un'informazione interessante relativa alle categorie ambientali più interessate dagli scenari analizzati. Si evince che il cambiamento climatico (*climate change*) e l'uso delle

risorse (*resource use, energy carriers*) rappresentano le principali criticità, maggiormente evidenti nello scenario 2a. La termovalorizzazione dei rifiuti speciali rappresenta la problematica principale della prima categoria (circa il 57% del impatto sui cambiamenti climatici). La produzione dei contenitori in PP monouso, invece, è responsabile di circa l'80% dell'impatto sull'uso delle risorse.

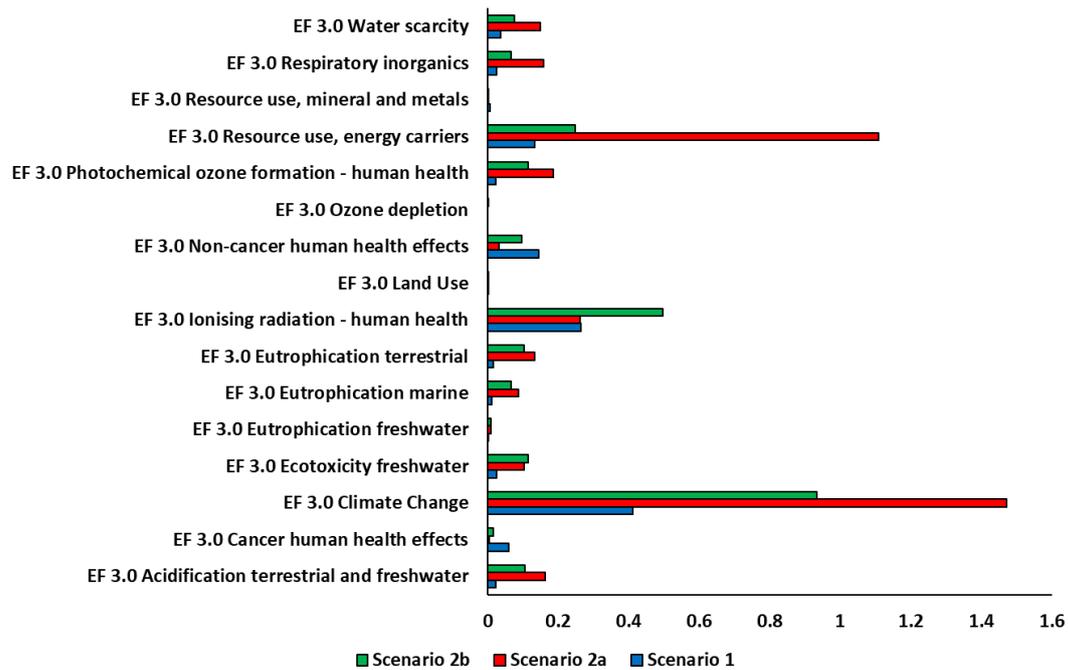


Figura 4. Risultati di normalizzazione e pesatura: contributo di tutte le categorie (unità funzionale considerata: 240 kg di rifiuto sanitario ospedaliero trattato giornalmente)

4. Conclusioni

Il presente report ha evidenziato un notevole vantaggio ambientale della soluzione proposta da Newster System srl, rispetto al più comune sistema di gestione dei rifiuti sanitari ospedalieri.

I principali punti forti individuati in riferimento al caso studio considerato sono stati:

- La riduzione della quantità di rifiuto solido urbano da gestire

- La classificazione del rifiuto in uscita dalla sterilizzazione come rifiuto solido urbano che gli consente il trattamento in comuni termovalorizzatori
- Una più semplice gestione del rifiuto che evita il trasporto giornaliero dedicato
- L'abolizione dei contenitori monouso.

Tali vantaggi sono enfatizzati nei casi in cui il rifiuto sanitario ospedaliero necessita di essere trattato in termovalorizzatori per rifiuti pericolosi distanti dal sito di produzione.

References

- [1] UNI EN ISO 14040: 2006. Environmental management – life cycle assessment – principles and framework., 2006.
- [2] ISO 14044:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines, (2006).
- [3] European Commission, COMMISSION DECISION of 18 December 2014 amending Decision 2000/532/EC on the list of waste pursuant to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council, 2014.
- [4] Repubblica italiana, Norme in materia di rifiuti sanitari art. 30-bis, (n.d.).
- [5] Repubblica Italiana, Legge 11 settembre 2020, n.120-Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 16 luglio 2020, n.76, recante misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitalr, 2020.
- [6] European Commission, European Platform on Life Cycle Assessment, (n.d.). <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.xhtml> (accessed May 31, 2021).
- [7] ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani, 2019.
- [8] A.. Schmidt, J. Frydendal, Methods for calculating the environmental benefits of “green” products. In Buying into the Environment;, Routledge: Oxfordshire, UK, 2003.

Environmental sustainability analysis of sterilizer NW50

1. General aspects

The present analysis was commissioned by Newster System srl, to assess the environmental sustainability of the sterilizer NW50 life.

The whole study was performed by a life cycle assessment (LCA) approach according to the LCA ISO standards 14040 and 14044:2006 [1,2].

1.1 Objective of the present LCA

To completion of the previous chapter about the hospital solid waste management, the present analysis aims at the environmental sustainability assessment of two steps of the Newster sterilizer (NW50): the manufacturing and the end-of-life. The NW50 has been chosen for the analysis since it is the bestselling model. Furthermore, considering its characteristics, it is representative of the smallest models NW15 and NW5.

1.2 LCA scope, system boundaries and functional unit

The functional unit selected for the analysis is a NW50 sterilizer, corresponding to 2315 kg of equipment.

The present assessment included the results of inventory analysis, classification and characterization (mandatory), normalization and weighting (optional) phases.

The software used for data collection is Thinkstep Gabi Professional, combined with the Database for Life Cycle Engineering. The method selected for the analysis is EF 3.0, including all the environmental categories, recommended models at midpoint, together with their indicators, units and sources [3].

Figure 1 represents the system boundaries chosen for the analysis. Some flows were merged (e.g. different kinds of plastic material and steel), the details were reported in the following inventory section.

Some assumptions were performed for the analysis:

- The electric cables considered for the analysis are considered as 3 wire cables;
- For the paper we selected a graphic paper, consistently with the previous part of the report;
- The present analysis is not referred to a specific site, therefore the transport aspects have been excluded;
- Manual operations (without a relevant electricity consumption) have been considered for the sterilizer dismantling, therefore their impact has not been quantified;
- As concerns the recycling impacts of steel, cast iron, aluminium and copper fractions, we considered an environmental load due to the average energy consumption for recycling operations, derived from the scientific literature. More in detail: 5 kWh/kg of recovered steel [4,5], 3 kWh/kg of recovered aluminium [6], 0.5 kWh/kg of recovered copper [7,8]. This impact has been balanced by the environmental credit resulting from the recovery of the target metal (considering 90% of recovery efficiency for steel and 100% for both copper and aluminium). The environmental gain has been further reduced of 10% to take into account further product refining. As concerns brass and cast iron, have been assumed as 0 credit, neglecting the advantage associated to potential recycling.
- The components that cannot be recycled are considered suitable for the incineration at a facility for urban waste.
- The average composition of AEE/RAEE has been supplied by Newster System srl, as reported in chapter 2.
- Wood has been excluded from the analysis since it represents the pallet which is recovered without further treatments.

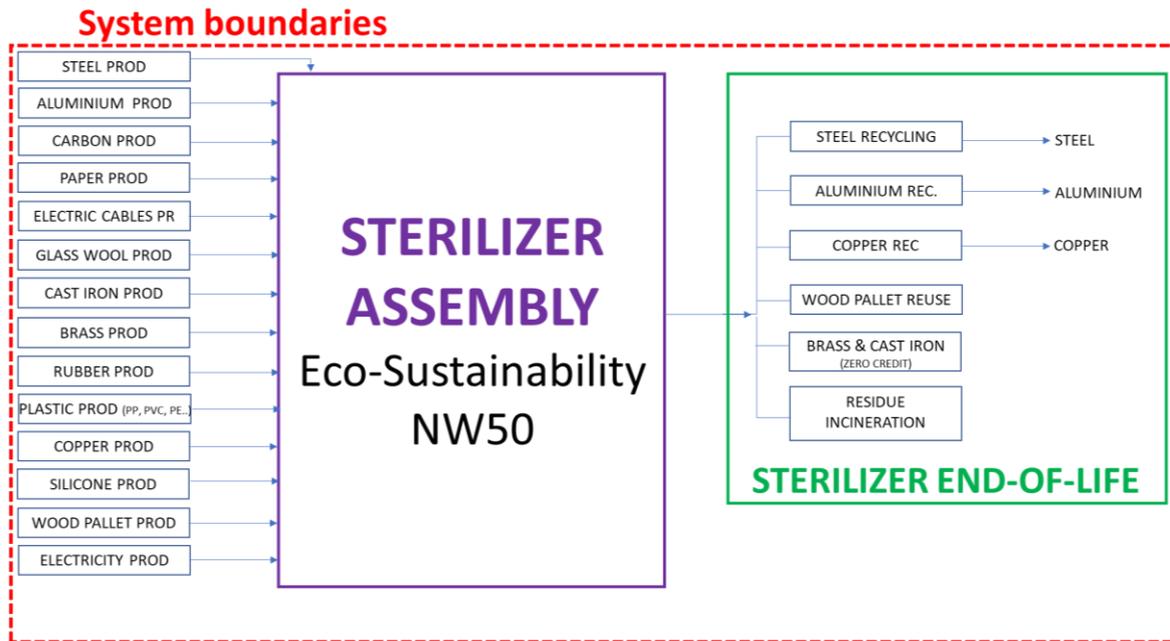


Figure 1. System boundaries considered for the LCA.

2. Life cycle inventory

The mass and energy balances were built using primary data supplied by Newster System srl.

Table 1. Mass and energy balances used for the LCA (functional unit: NW50 sterilizer, corresponding to 2315 kg of equipment)

Sterilizer assembly (kg)		Sterilizer end-of-life	
Steel (Fe)	576	Stainless	1041 kg (10% loss) 6564 kWh considered for recycling
Stainless steel	581	Aluminium	180 kg 487 kWh considered for recycling
Aluminium	180	Copper	176 kg 79 kWh considered for recycling
Bronze	0.1		
Activated carbon	12		
Paper	0.01	Cast iron	344 kg
Electric cables	50		
Glass wool	0.40	Brass	41 kg
		Wood pallet	150 kg
Cast iron	344	Waste to incineration	266 kg
Rubber	8		
Copper	100		
Brass	41		
Lubricating oil	18		
Plastic (PE)	15		
Plastic (PP)	15		
Plastic (PVC)	15		
Polyurethane foam	3		
Silicone	0.4		
HPL stratified	40		
Electronic component	165		
Wood pallet	150		
Electricity (kWh)	286		

The emissions resulting from both sterilizer assembling and end-of-line (recycling + residue incineration) were estimated by Gabi software, including emissions to air, fresh water and soil (agriculture and industrial) as reported in Table 2.

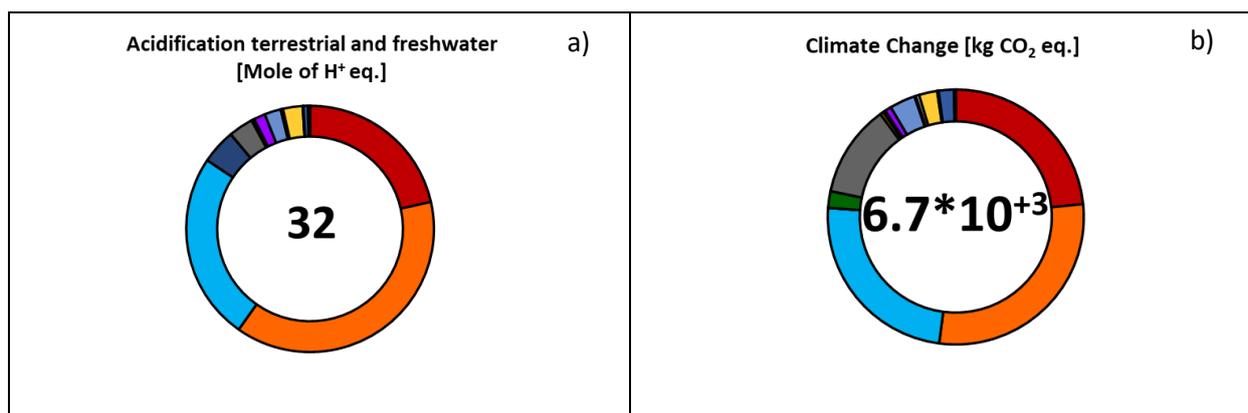
Table 2. Results of LCI by Gabi software, considering assembly and end-of-life (recycling and residue incineration) of sterilizer (functional unit: NW50 sterilizer, corresponding to 2315 kg of equipment)

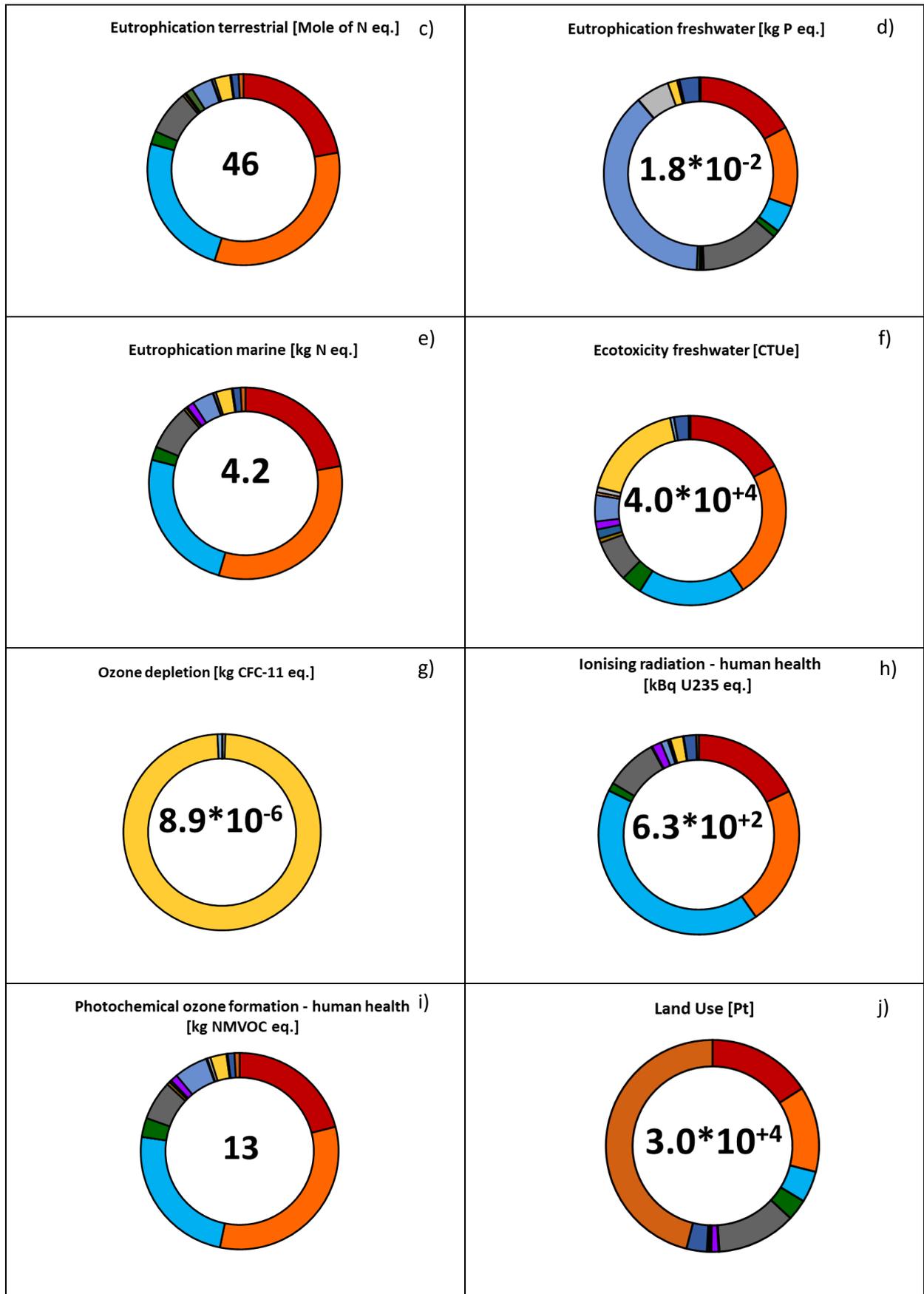
Emissions	Manufacturing	End-of-life
Emissions to air (kg)	$1.3 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^5$
Emissions to fresh water (kg)	$2.9 \cdot 10^7$	$1.7 \cdot 10^7$
Emissions to agriculture soil (kg)	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$6.2 \cdot 10^{-4}$
Emissions to industrial soil (kg)	$3.1 \cdot 10^{-1}$	$1.1 \cdot 10^{-1}$

3. Life cycle impact assessment (LCIA)

3.1 Classification and characterization

The results in Figure 2 show the environmental impact due to the sterilizer manufacturing step, considering both the materials and the electricity used for the manufacturing of the equipment. The steel components (both stainless and Fe) represent the main issue in most of categories, with an average contribution of 50% on the whole impact, which reaches the 99% in the category of cancer human health effects (Figure 2o). This result is explained by a double reason: the impacts for kg of produced steel and the material quantity used for the sterilizer assembly. Indeed, steel represents the 50% of the whole sterilizer weight. A relevant environmental effect is also due to the production of aluminium components in most of categories. The plastic production mainly affects the category of eutrophication freshwater (around 40% of the whole impact, Figure 2d). On the other hand, the effect of copper on the ozone depletion is due to the metal mining and manufacturing [9].





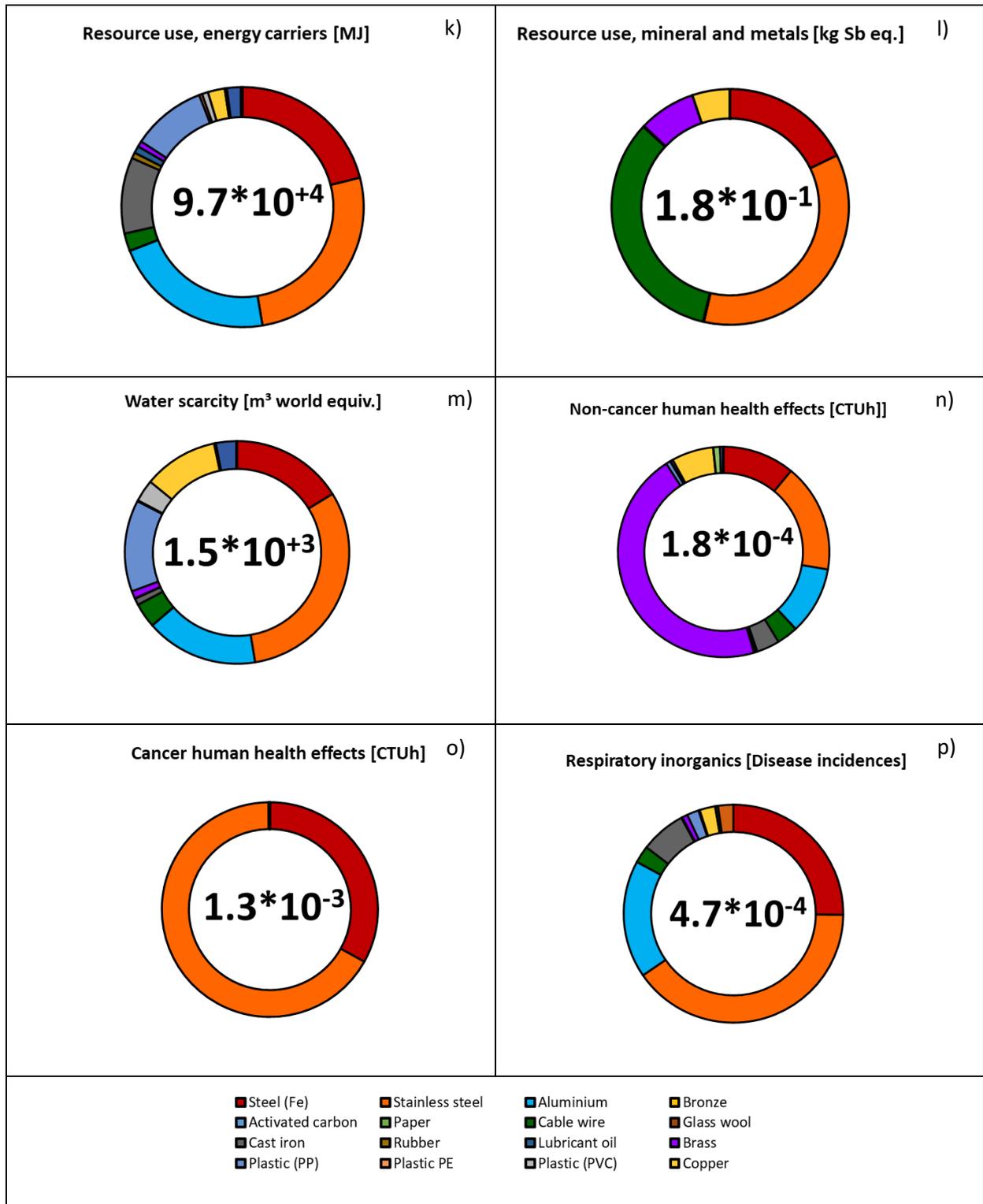
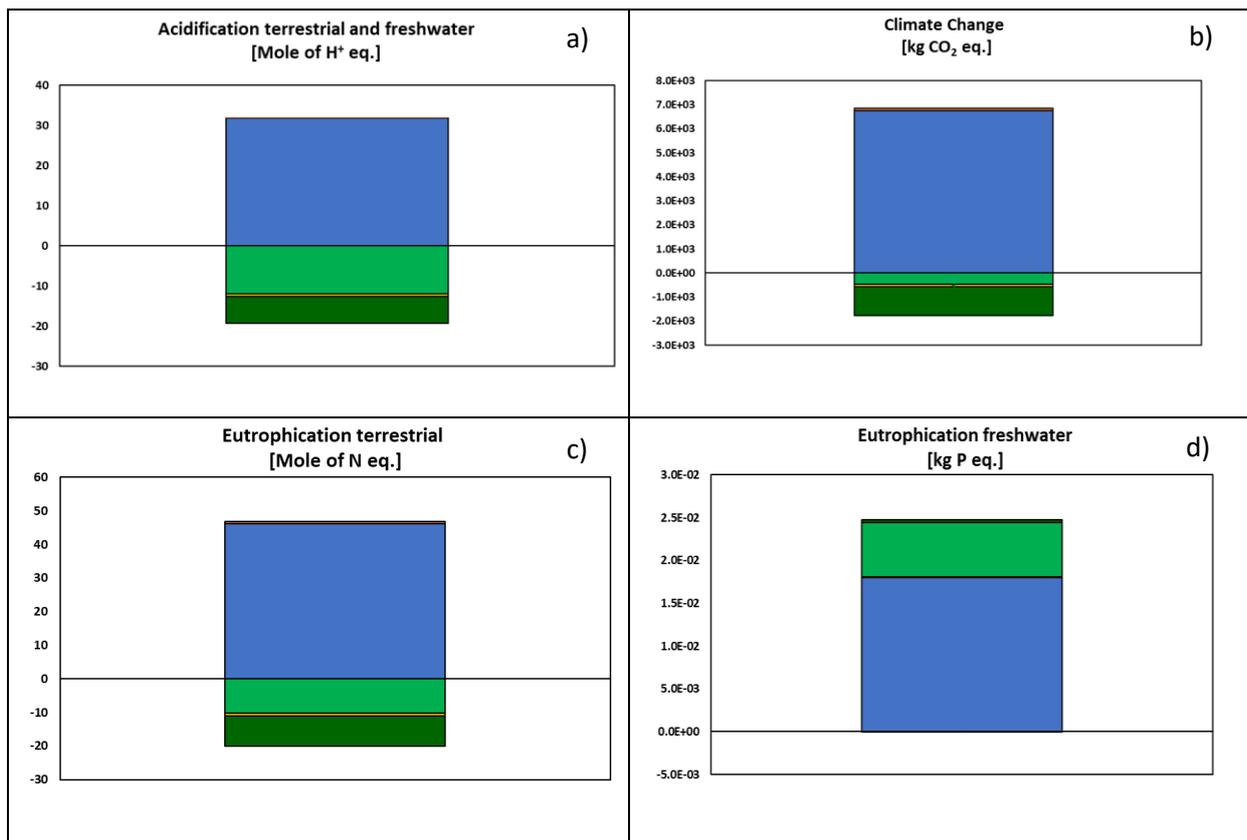
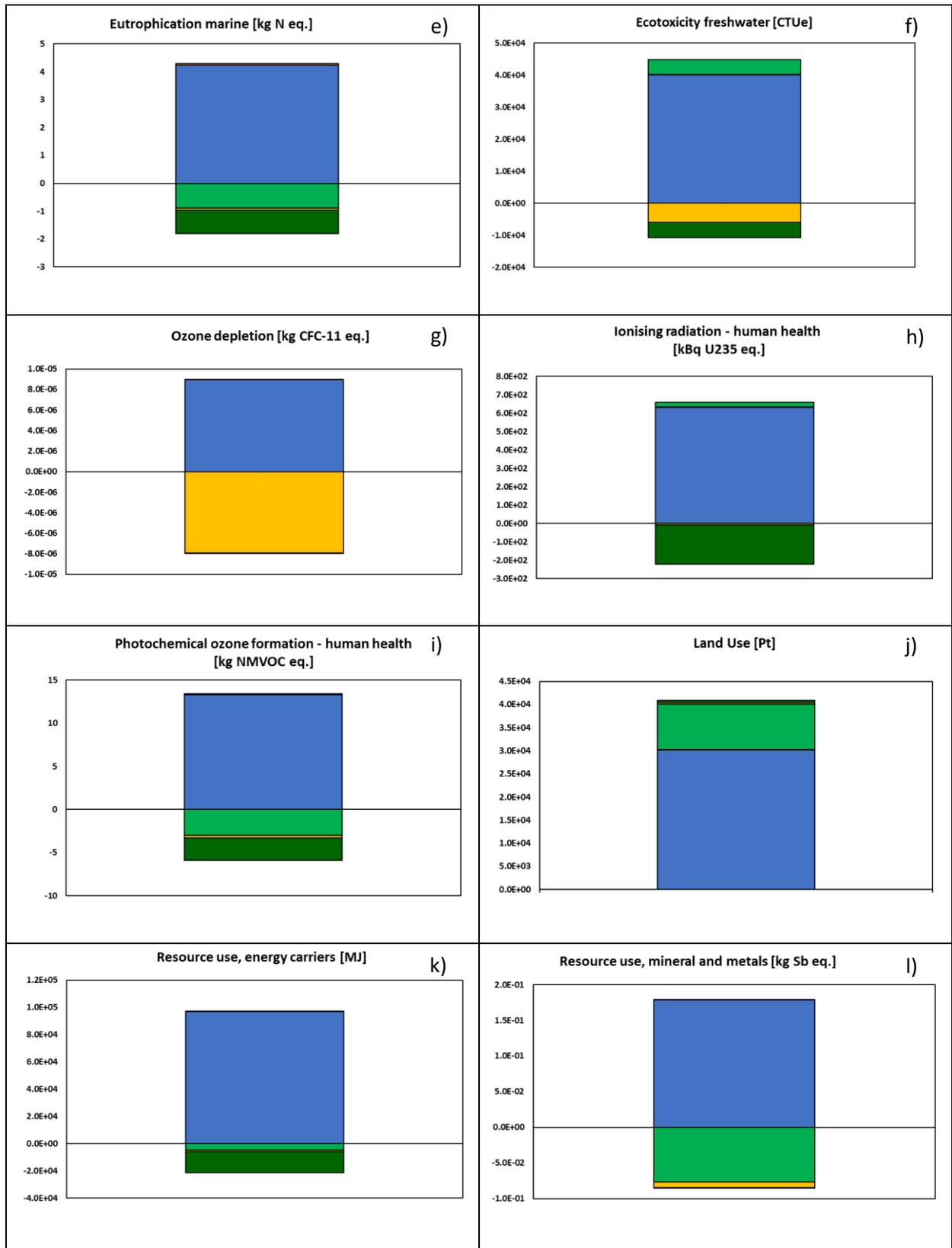


Figure 2. Results of classification and characterization steps related to the sterilizer assembly (functional unit: NW50 sterilizer, corresponding to 2315 kg of equipment)

As explained in the first part of the report, referred to the impact of the equipment operations, the environmental load due to the manufacturing of the sterilizer is considered amortized by the life-time longer than 10 years. Anyway, the environmental load of the end-of-life has been assessed to have a complete overview of the sterilizer life. In this regard, an interesting aspect is that related to the recycling potential of the components. The results in Figure 3 estimate the environmental benefit resulting from the possible recycling of steel, aluminium and copper after the sterilizer dismantling. The positive effect of the waste flows exploitation is particularly highlighted in the categories mainly affected by steel and aluminium production (as showed in figure 2). On average, the credit of exploitation of the recyclable fractions balances the 40% of the environmental load for manufacturing. This value even overcomes the 80% in the categories of cancer human health effects and ozone depletion (Figures 3g and o).





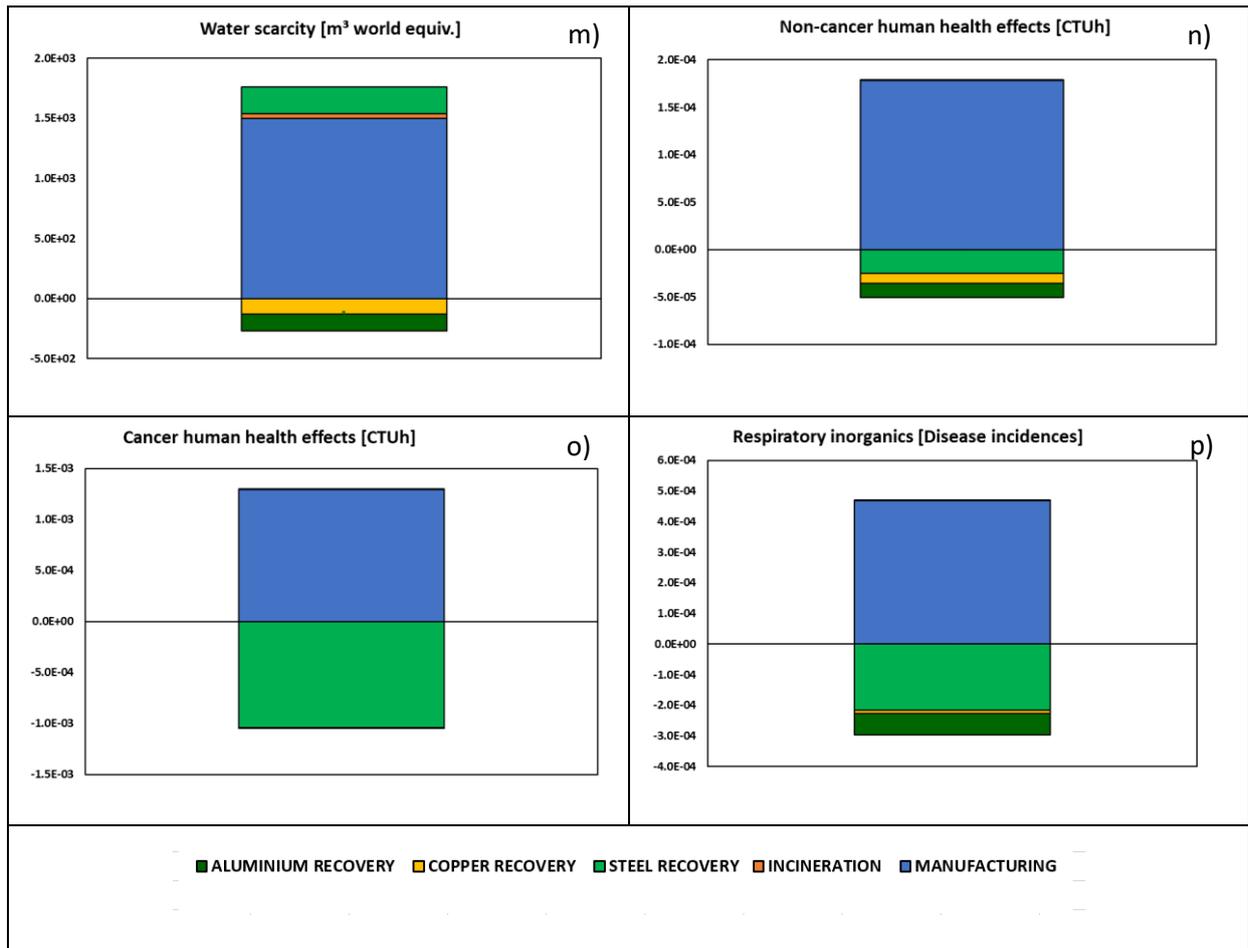


Figure 3. Results of classification and characterization steps related to the sterilizer assembly and end-of life (functional unit: NW50 sterilizer, corresponding to 2315 kg of equipment)

3.2 Normalization and weighing

Normalization and weighing phases confirm the results of classification and characterization described in the paragraph 3.1. Nevertheless, these LCA steps were necessary to assess the whole contribution of each component on the total environmental load and to estimate the environmental performance index (EPI), able to include all the impact categories. The greatest contribution of steel on the sterilizer impact is confirmed in Figure 4, where the 50% of EPI is due to the stainless steel and the 30% to the steel (Fe). In agreement with the selected method, this value is expressed as person equivalent (p.e.), i.e., the number of people (average citizens) that generates the same effect in one year [10].

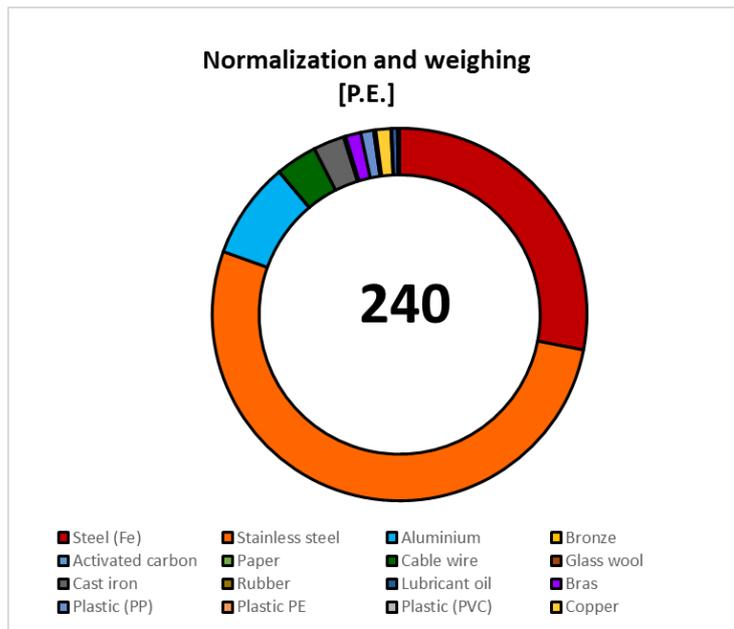


Figure 4. Results of normalization and weighing steps related to the sterilizer manufacturing (functional unit: NW50 sterilizer, corresponding to 2315 kg of equipment)

Furthermore, the results in Figure 5 show that the environmental benefit (normalized and weighted) is able to balance around the 60% of the impact due to manufacturing. Overall, the EPI including:

- the impact of recycling treatment,
- the incineration of the residual fraction from the dismantling
- manufacturing
- the environmental credit for recovered fractions

decreases from 250 p.e. (including only manufacturing Figure 4) to 88 p.e. (Figure 5).

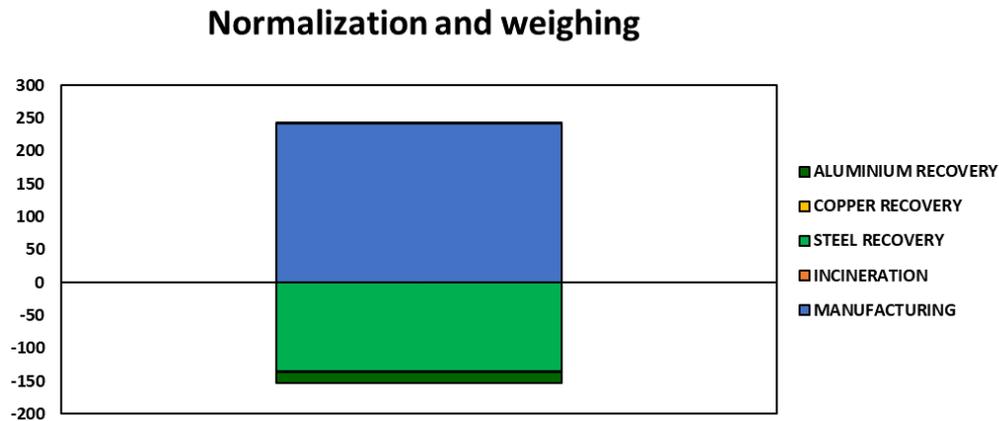


Figure 5. Results of normalization and weighting steps related to the sterilizer manufacturing and end-of life (functional unit: NW50 sterilizer, corresponding to 2315 kg of equipment)

4. Conclusions

The present report estimated the environmental load due to the phases of manufacturing and end-of-life of the sterilizer NW50, produced by Newster System srl. Overall, the LCA proved that the main composing materials, steel and aluminium, represent the weaknesses (for the high impact due to the mining and production) but also the strengths thanks to their recycling potential, able to balance the environmental load of the equipment manufacturing.

References

- [1] UNI EN ISO 14040: 2006. Environmental management – life cycle assessment – principles and framework., 2006.
- [2] ISO 14044:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines, (2006).
- [3] European Commission, European Platform on Life Cycle Assessment, (n.d.). <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.xhtml> (accessed May 31, 2021).
- [4] J. Johnson, B.K. Reck, T. Wang, T.E. Graedel, The energy benefit of stainless steel recycling, *Energy Policy*. 36 (2008) 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.08.028>.
- [5] EuRIC AISBL, Metal Recycling Factsheet, EuRIC AISBL – Recycl. Bridg. Circ. Econ. Clim. Policy. (2015).
- [6] C. Schmitz, Handbook of Aluminium Recycling, Niederzier, 2006.
- [7] J. Hong, Y. Chen, J. Liu, X. Ma, C. Qi, L. Ye, Life cycle assessment of copper production: a case study in China, *Int. J. Life Cycle Assess.* 23 (2018) 1814–1824. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1405-9>.

- [8] Y. Li, J. Guan, Life cycle assessment of recycling copper process from copper-slag, 2009 Int. Conf. Energy Environ. Technol. ICEET 2009. 1 (2009) 198–201. <https://doi.org/10.1109/ICEET.2009.54>.
- [9] International Copper Association, Copper Environmental Profile, (2017).
- [10] A.. Schmidt, J. Frydendal, Methods for calculating the environmental benefits of “green” products. In *Buying into the Environment*;, Routledge: Oxfordshire, UK, 2003.

Analisi di sostenibilità ambientale dello sterilizzatore NW50

1. Aspetti generali

La presente analisi è stata commissionata da Newster System srl, per valutare la sostenibilità ambientale della vita dello sterilizzatore NW50.

Lo studio è stato condotto con un approccio LCA, conforme alle norme ISO 14040 e 14044:2006 [1,2].

1.1 Obiettivo dell'analisi LCA

A completamento degli aspetti affrontati nel capitolo relativo alle differenti strategie di gestione e trattamento di rifiuti sanitari ospedalieri, la presente analisi ha lo scopo di valutare la sostenibilità ambientale di due fasi della vita dello sterilizzatore NW50: la produzione e il fine vita. È stato scelto il modello NW50 in quanto risulta essere il modello più venduto da Newster System. Inoltre, date le sue per caratteristiche, è stato ritenuto rappresentativo per gli altri due modelli più piccoli NW15 e NW5.

1.2 Scopo dello studio LCA, confini del sistema e unità funzionale

L'unità funzionale selezionata per l'analisi è uno sterilizzatore NW50, corrispondente a un'apparecchiatura dal peso di 2315 kg.

L'analisi include i risultati dell'analisi dell'inventario, classificazione caratterizzazione (obbligatorie) e normalizzazione e pesatura (consigliate ma non obbligatorie). Il *software* utilizzato per condurre la valutazione è *Thinkstep Gabi Professional*, combinato con il *Database per Life Cycle Engineering*. Il metodo scelto per le analisi è stato EF 3.0, inclusi le categorie di impatto, i modelli raccomandati, i relativi indicatori, unità e risorse [3].

La Figura 1 rappresenta i confini del sistema scelti per la valutazione. Alcuni materiali sono stati rappresentati insieme (ad esempio le differenti tipologie di gomma e di alluminio). I dettagli dei flussi sono comunque riportati nella sezione relativa all'analisi dell'inventario.

Di seguito sono riportate le assunzioni considerate per l'analisi:

- I cavi elettrici sono stati considerati tripolari;
- Per quanti riguarda i componenti in carta è stata selezionata una carta grafica, coerentemente con le scelte fatte per la valutazione sul confronto tra gli scenari di gestione;
- La presente analisi non è sito-specifica, perciò gli aspetti connessi al trasporto sono stati esclusi dai confini del sistema;
- Le operazioni manuali (senza un consumo elettrico significativo) non sono stati quantificati ai fini dell'analisi;
- Per quanto riguarda il riciclaggio delle frazioni acciaio, alluminio e rame, una volta raggiunto il fine vita dello sterilizzatore, è stato considerato un impatto derivante dalle operazioni di recupero estrapolate dalla letteratura scientifica. In particolare: 5 kWh/kg di acciaio recuperato [4,5], 3 kWh/kg di alluminio recuperato [6], 0.5 kWh/kg di rame recuperato [7,8]. Tale impatto è stato bilanciato dal credito ambientale risultante dal metallo target riciclato (considerando un'efficienza di recupero del 90% per l'acciaio e del 100% per rame e alluminio). Tale guadagno ambientale è stato ridotto di un ulteriore 10% per quantificare gli impatti legati alle lavorazioni per la realizzazione di prodotto finito. Per quanto riguarda, invece, l'ottone e la ghisa, è stato assunto un credito 0, trascurando il possibile vantaggio derivante dal loro recupero;
- Le frazioni rimanenti, non adatte al riciclaggio, sono state destinate ad una termovalorizzazione in un impianto per rifiuti urbani.
- La composizione media degli AEE inclusi (e dei RAEE risultanti) è stata fornita direttamente da Newster System srl, come riportato nel paragrafo 2.
- Gli impatti associati ai pallet in legno non sono stati quantificati poiché tale flusso è recuperato tal quale, senza ulteriori lavorazioni.

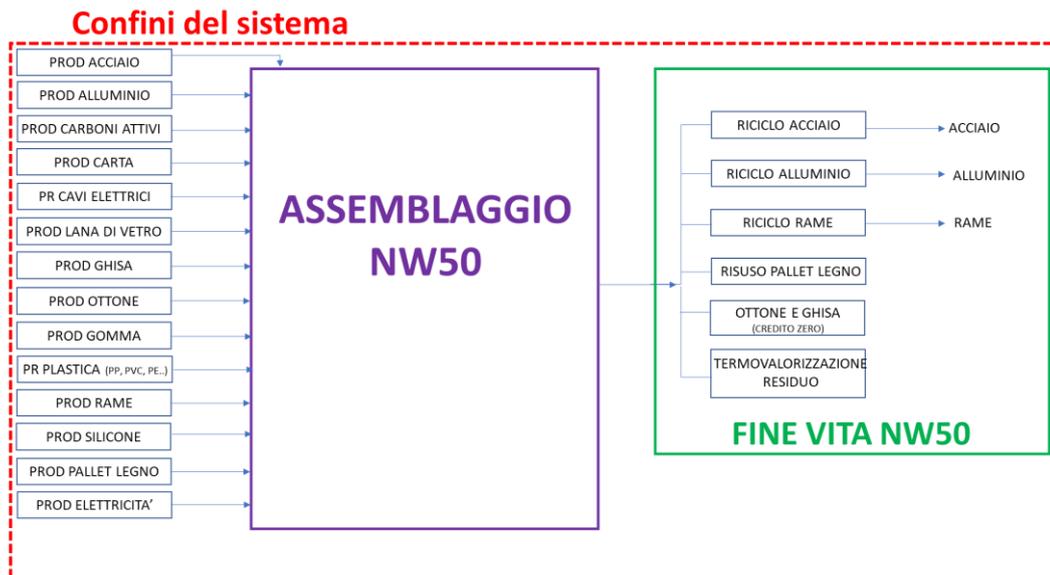


Figura 1. Confine del Sistema considerati pe l'analisi LCA.

2. Analisi dell'inventario

I bilanci di materia e di energia sono stati costruiti utilizzando i dati primari forniti da Newster System srl.

Tabella 1. Bilanci di materia e di energia utilizzati per la valutazione LCA (unità funzionale: sterilizzatore NW50, pari a un'apparecchiatura di 2315 kg)

Produzione (kg)		Fine vita	
Acciaio (Fe)	576	Acciaio	1041 kg (10% loss) 6564 kWh considered for recycling
Acciaio Inox	581	Alluminio	180 kg 487 kWh considered for recycling
Alluminio	180	Rame	176 kg 79 kWh considered for recycling
Bronzo	0.1		
Carboni attivi	12		
Carta	0.01	Ghisa	344 kg
Cavi elettrici	50	Ottone	41 kg
Lana di vetro	0.40	Pallet in legno	150 kg
Ghisa	344	Rifiuto a termovalorizzazione	266 kg
Gomma	8		
Rame	100		
Ottone	41		
Olio lubrificante	18		
Plastica (PE)	15		
Plastica (PP)	15		
Plastica (PVC)	15		
Schiuma di poliuretano	3		
Silicone	0.4		
HPL	40		
Componenti elettronici	165		
Pallet di legno	150		
Elettricità (kWh)	286		

Le emissioni derivanti sia dalla produzione dello sterilizzatore che dal suo fine vita (riciclaggio + incenerimento) sono state stimate con il *software* Gabi, tenendo conto di: emissioni in aria, in acqua e sul suolo (agricolo e industriale), come riportato in Tabella 2.

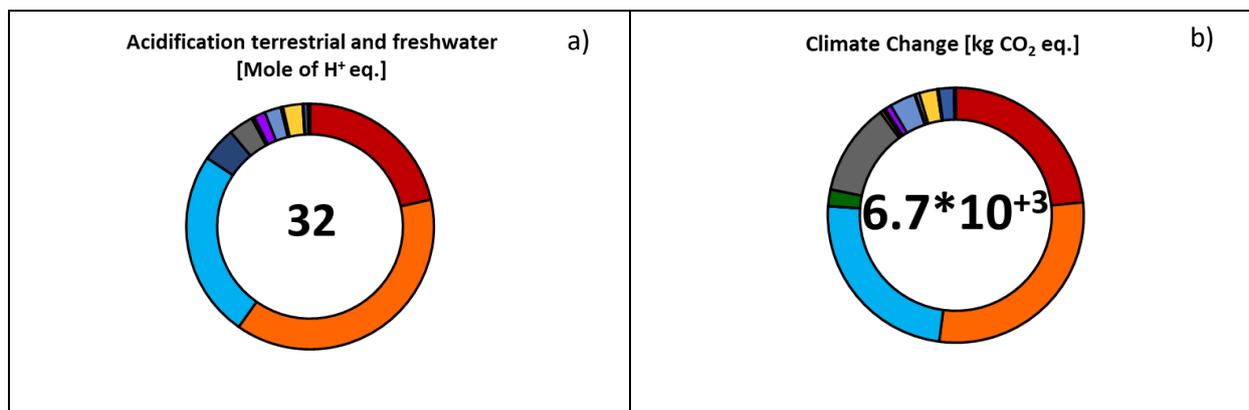
Tabella 2. Risultati dell'analisi dell'inventario eseguita con il *software* Gabi (unità funzionale considerata: sterilizzatore NW50, corrispondente a un'apparecchiatura di 2315 kg)

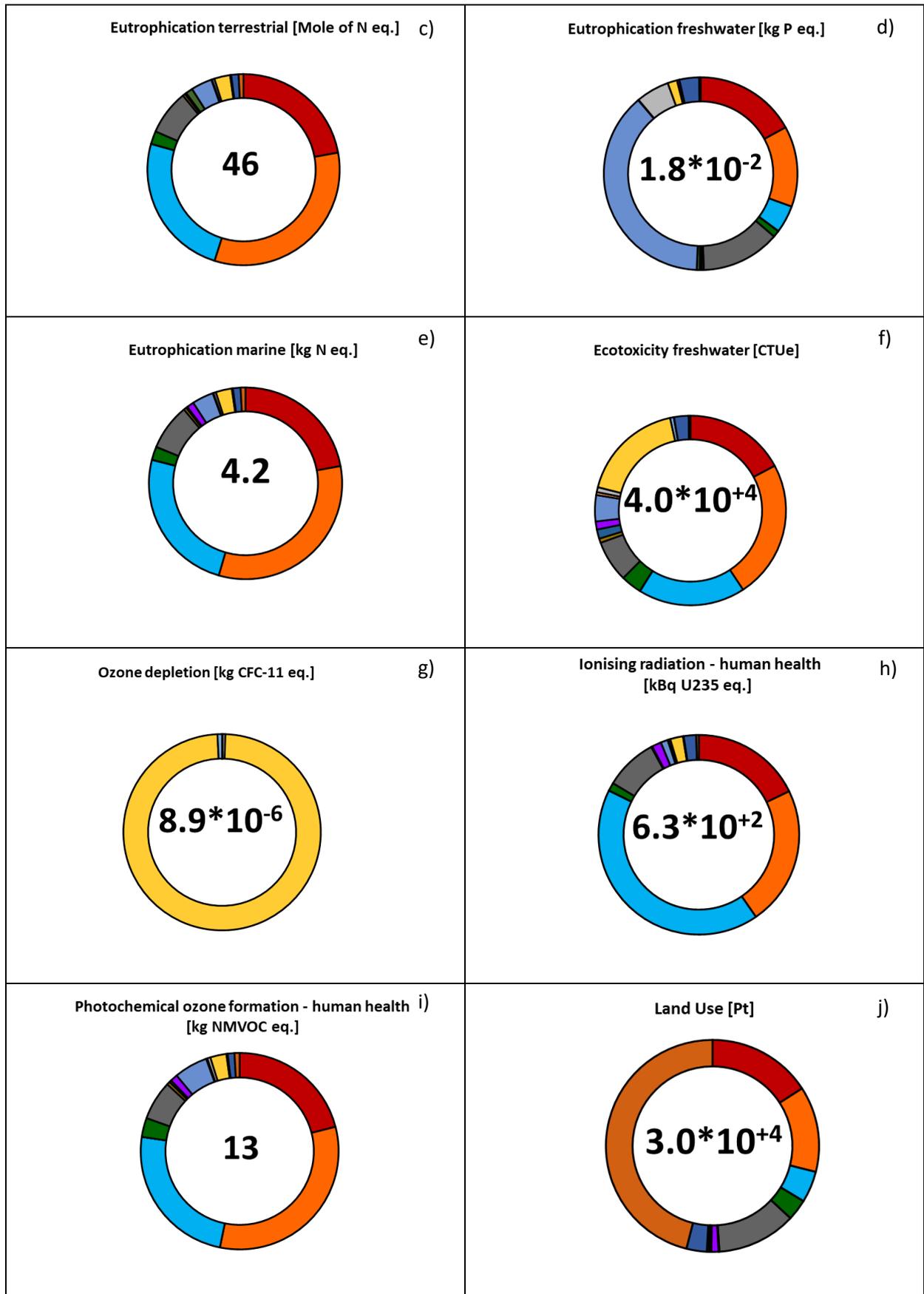
Emissions	Produzione	Fine vita
Emissioni in aria (kg)	$1.3 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^5$
Emissioni in acqua (kg)	$2.9 \cdot 10^7$	$1.7 \cdot 10^7$
Emissioni sul suolo agricolo (kg)	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$6.2 \cdot 10^{-4}$
Emissioni sul suolo industriale (kg)	$3.1 \cdot 10^{-1}$	$1.1 \cdot 10^{-1}$

3. Life cycle impact assessment (LCIA)

3.1 Classificazione e caratterizzazione

I risultati in Figura 2 mostrano l'impatto ambientale associato alla fase di produzione dello sterilizzatore, considerando sia i materiali che i consumi elettrici necessari. I componenti di acciaio (inossidabile e non) rappresentano la principale criticità nella maggiore parte delle categorie considerate, con un contributo medio del 50% sull'impatto totale, che raggiunge il 99% nella categoria degli effetti cancerogeni sulla salute umana (*cancer human health effects* (Figure 2o)). Questo risultato può essere spiegato con una duplice ragione: gli impatti per kg di acciaio prodotto e la quantità di materiale effettivamente utilizzata per la produzione dell'apparecchiatura (circa il 50% del peso complessivo del NW50). Un impatto significativo, nella maggior parte delle categorie analizzate, è inoltre associato alla produzione dei componenti in alluminio. D'altro canto, la produzione del materiale plastico influisce principalmente sulla categoria dell'eutrofizzazione in acqua dolce (circa il 40% dell'impatto associato a questa categoria, *eutrophication freshwater* Figura 2d). La produzione di rame influenza, invece, la riduzione dello strato di ozono (*ozone depletion*, Figura 2g) a causa del processo di estrazione e lavorazione [9].





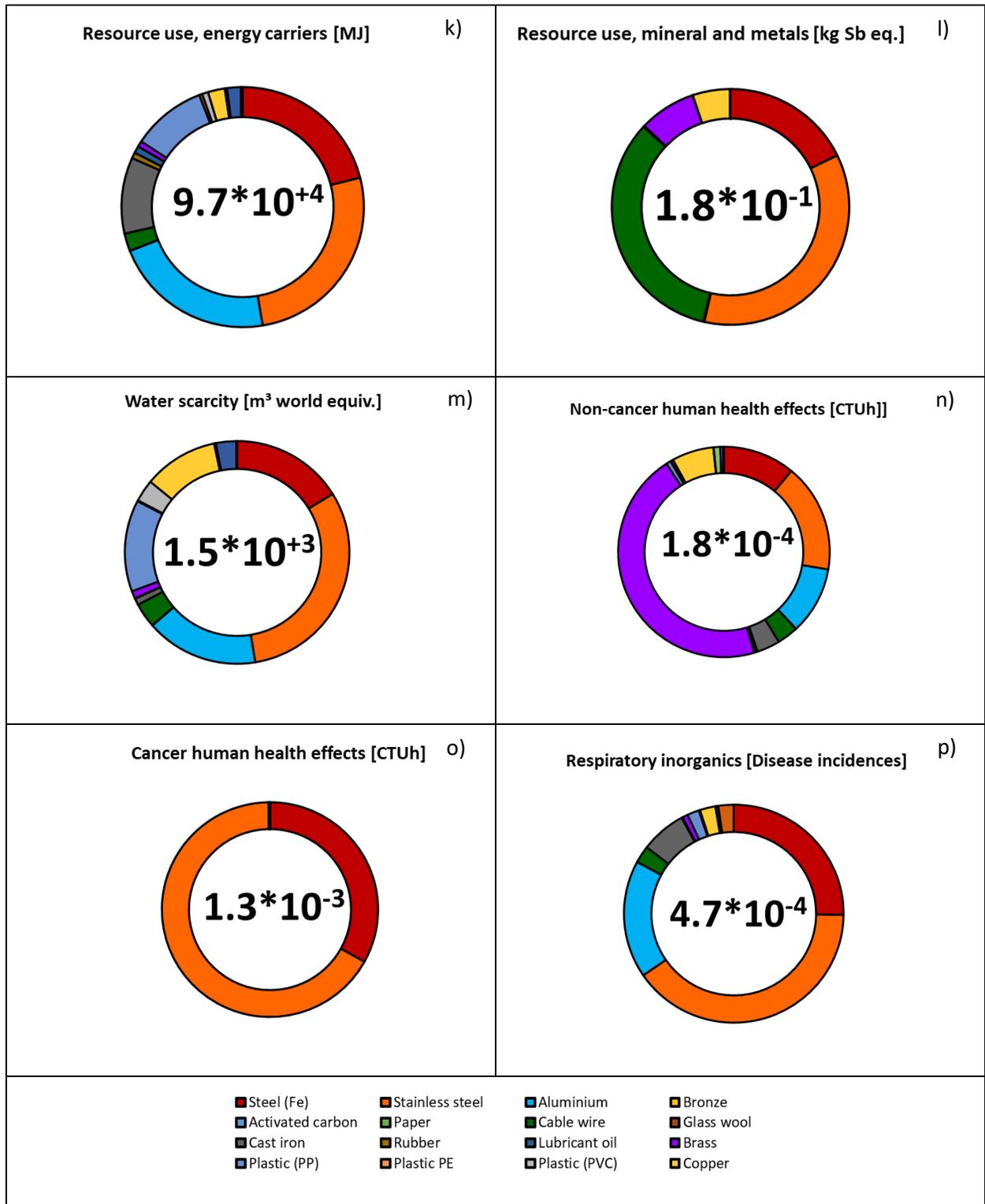
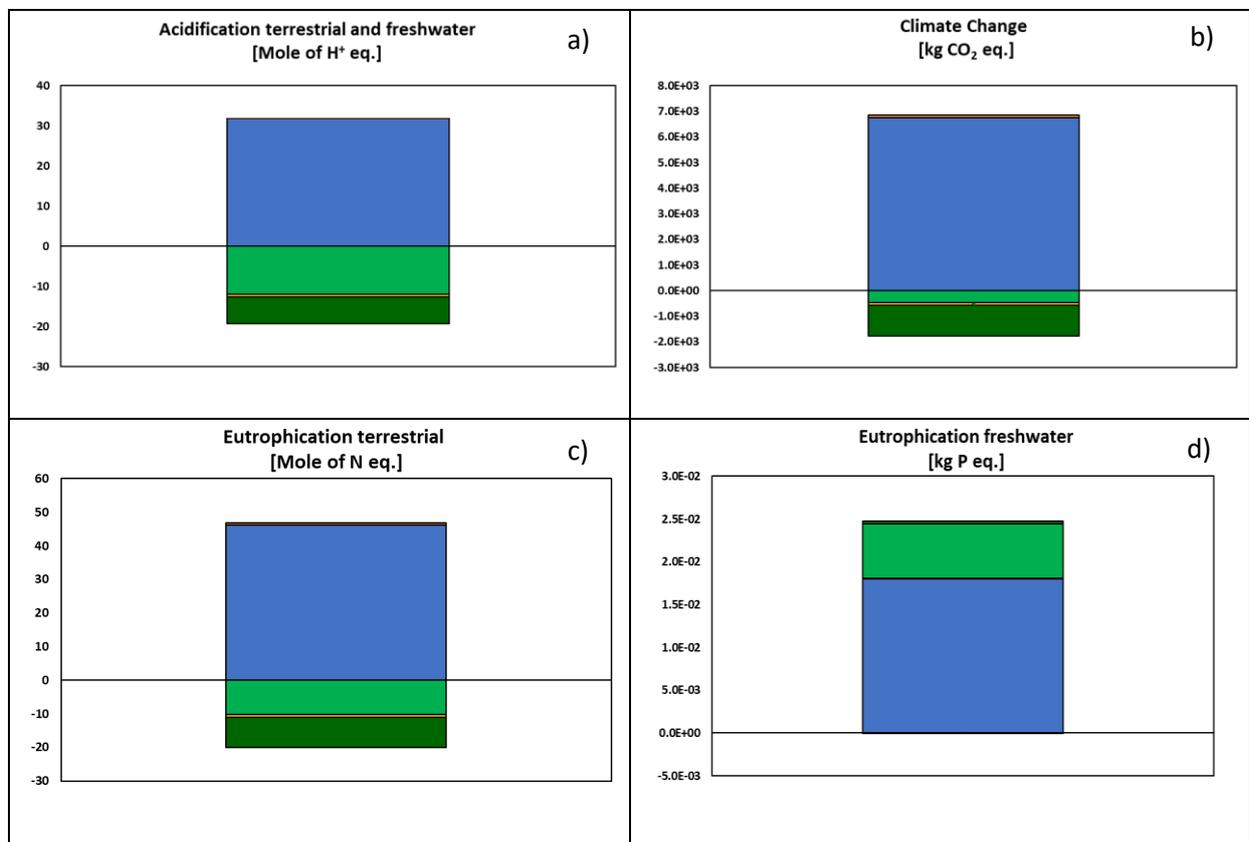
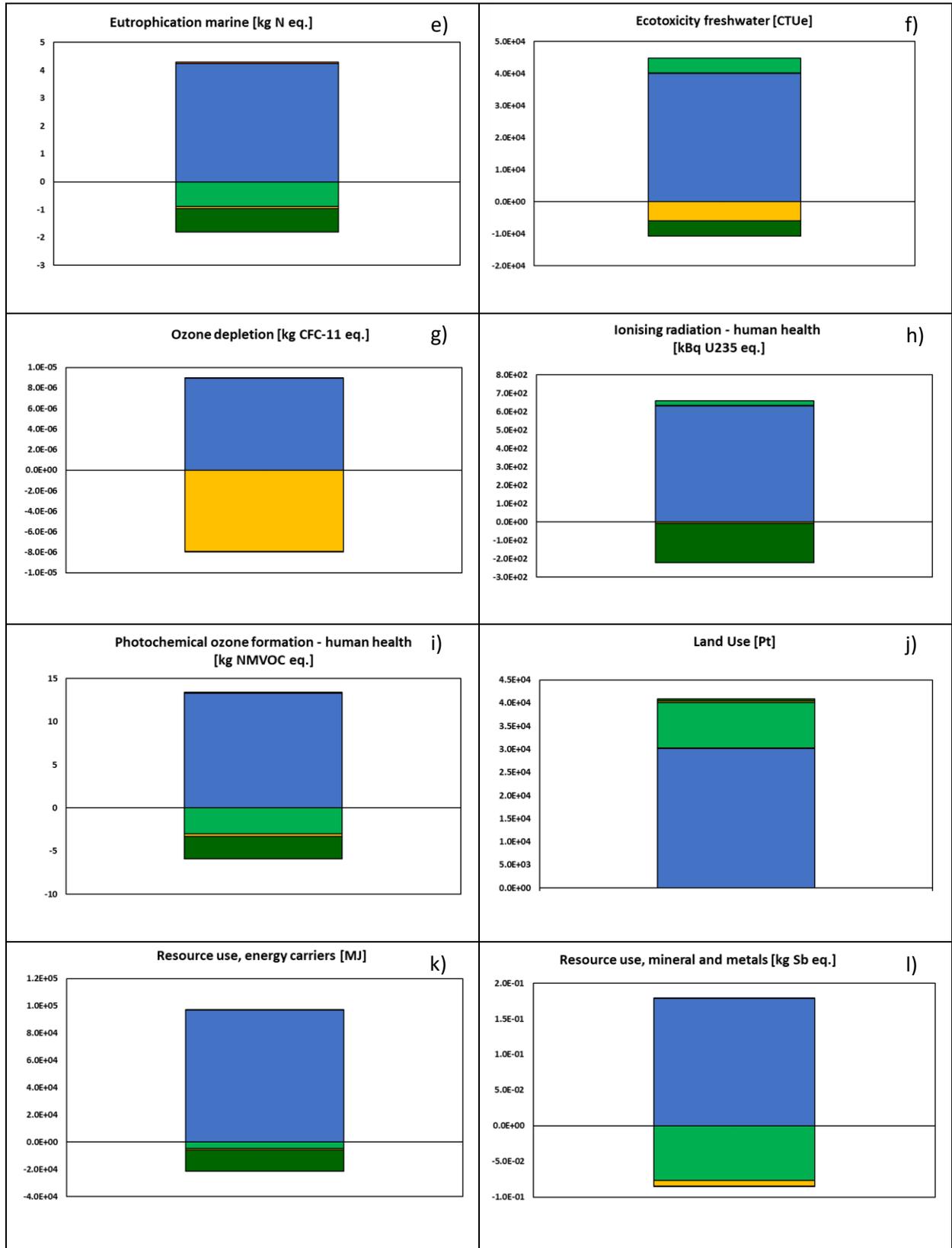


Figure 2. Risultati di classificazione e caratterizzazione relativi alla fase di produzione dello sterilizzatore NW50 (unità funzionale considerata: sterilizzatore NW50, corrispondente a un'apparecchiatura di 2315 kg)

Come anticipato nella parte del report relativa alla gestione del rifiuto sanitario ospedaliero, il carico ambientale associato alla produzione dello sterilizzatore può essere considerato ammortizzato dalla vita media dell'apparecchiatura superiore ai 10 anni. Tuttavia, si è deciso di procedere con la stima del carico ambientale associato al fine vita, per avere una visione d'insieme ancora più completa. A questo proposito, è risultato interessante valutare il beneficio derivante dal possibile riciclaggio di alcune componenti di NW50. I risultati in figura 3, infatti, tengono conto del possibile riciclo di acciaio, alluminio e rame, dopo lo smontaggio dello sterilizzatore. L'effetto positivo del recupero di queste frazioni risulta evidente soprattutto in quelle categorie maggiormente influenzate dalla produzione di acciaio e alluminio (figura 2). Mediamente, il credito ambientale associato alla valorizzazione delle frazioni riciclabili si è rivelato in grado di bilanciare il 40% del carico legato alla fase di produzione. Tale risultato arriva a superare l'80% nelle categorie di effetti cancerogeni sulla salute umana e (*cancer human health effects*, Figura 3g) e riduzione dello strato di ozono (*ozone depletion*, Figura 3 o).





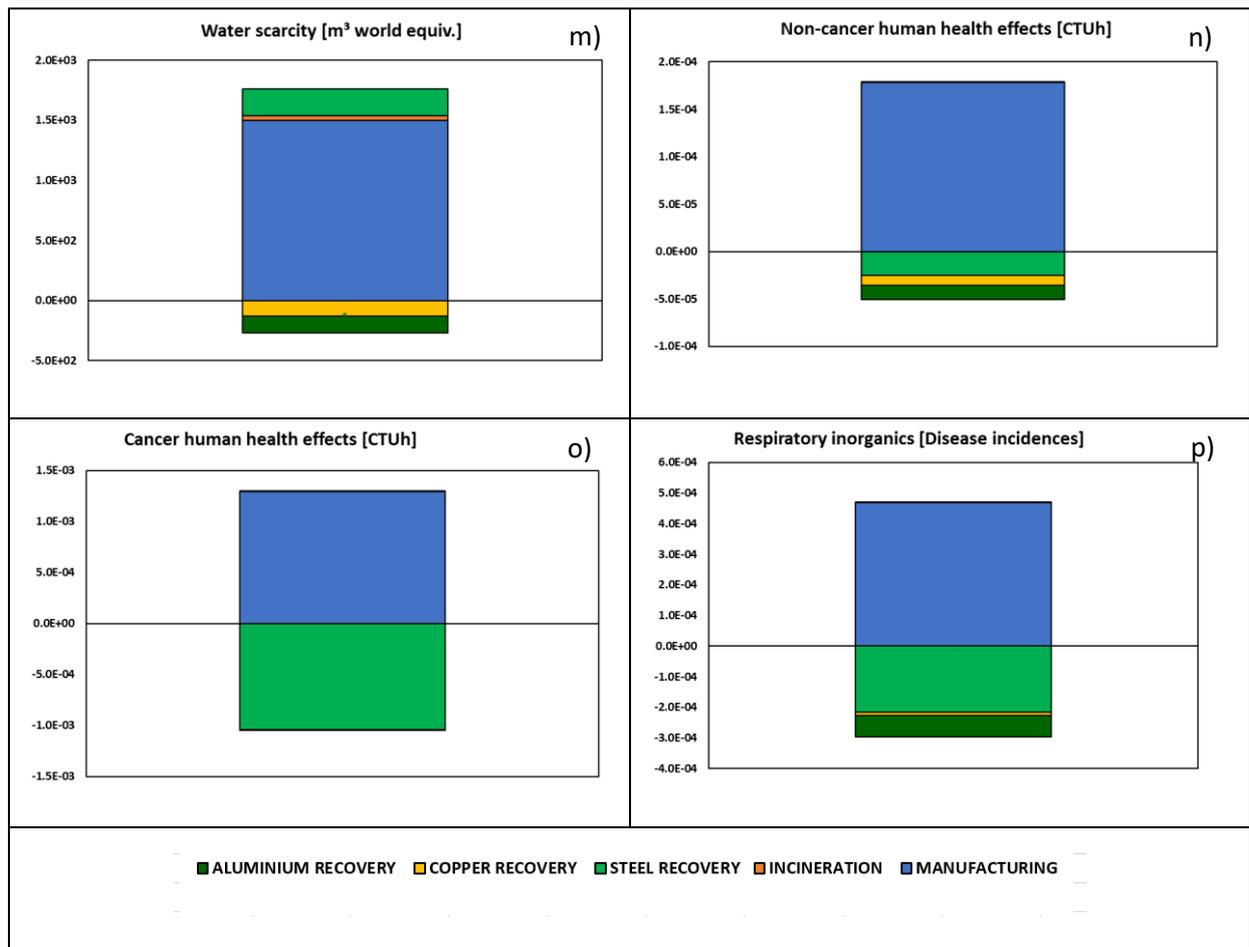


Figure 3. Risultati di classificazione e caratterizzazione relativi alla fase di produzione e fine vita dello sterilizzatore NW50 (unità funzionale considerata: sterilizzatore NW50, corrispondente a un'apparecchiatura di 2315 kg)

3.1 Normalizzazione e pesatura

Le fasi di normalizzazione e pesatura confermano i risultati di classificazione e caratterizzazione descritti nel paragrafo 3.1. Tuttavia, queste fasi dell'analisi LCA sono state utili a valutare il contributo complessivo delle varie componenti sull'impatto ambientale totale e a stimare l'indice di prestazione ambientale, (*environmental performance index*, EPI), capace di includere tutte le categorie di impatto. In accordo con il metodo selezionato per l'analisi, tale valore è espresso in persone equivalenti (p.e.), ovvero il numero di individui che generano lo stesso impatto in un anno [10]. Il maggiore contributo legato all'uso dell'acciaio è confermato in Figura 4, in cui il 50% dell'EPI è legato all'acciaio inox e il 30% all'acciaio (Fe).

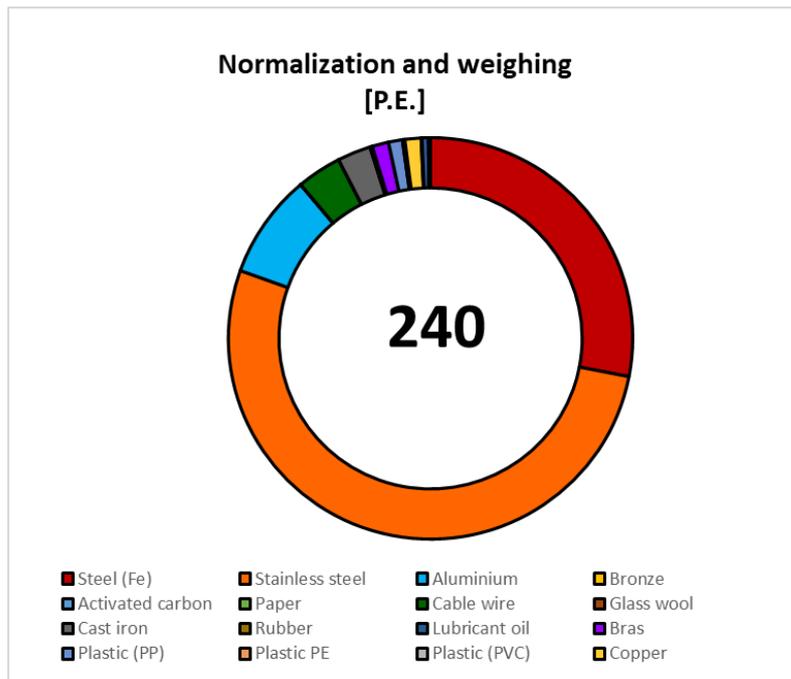


Figura 4. Risultati di normalizzazione e pesatura relative allo sterilizzatore NW50 (unità funzionale considerata: sterilizzatore NW50, corrispondente a un'apparecchiatura di 2315 kg)

Inoltre, i risultati in Figura 5 mostrano che il beneficio ambientale (normalizzato e pesato) è capace di bilanciare circa il 60% dell'impatto associato alla produzione. Complessivamente, l'EPI calcolato tenendo conto di:

- Impatto del trattamento di riciclaggio
- Termovalorizzazione della frazione residua dallo smontaggio
- Produzione
- Credito ambientale delle frazioni recuperate

si riduce da 250 p.e. (derivante dalla sola produzione Figura 4) a 88 p.e. (Figura 5).

Normalization and weighing

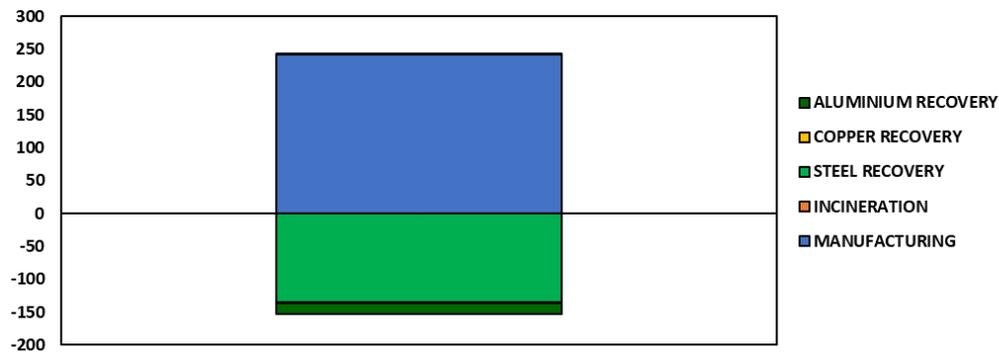


Figure 5. Risultati di normalizzazione e pesatura relative allo sterilizzatore NW50, tenendo conto di produzione e fine vita (unità funzionale considerata: sterilizzatore NW50, corrispondente a un'apparecchiatura di 2315 kg)

4. Conclusioni

La presente valutazione ha stimato il carico ambientale dovuto alle fasi di produzione e fine vita dello sterilizzatore NW50, prodotto da Newster System srl. Complessivamente, l'analisi LCA ha mostrato come i principali materiali (in termini di quantità) presenti nell'apparecchiatura, ovvero acciaio e alluminio, rappresentano da un lato una criticità ambientale (a causa dell'elevato impatto per l'estrazione e la lavorazione) e dall'altro un punto di forza, grazie al loro potenziale di riciclabilità, capace di compensare, una volta raggiunto il fine vita dello sterilizzatore, i carichi per la produzione.

References

- [1] UNI EN ISO 14040: 2006. Environmental management – life cycle assessment – principles and framework., 2006.
- [2] ISO 14044:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines, (2006).
- [3] European Commission, European Platform on Life Cycle Assessment, (n.d.). <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.xhtml> (accessed May 31, 2021).
- [4] J. Johnson, B.K. Reck, T. Wang, T.E. Graedel, The energy benefit of stainless steel recycling, Energy Policy. 36 (2008) 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.08.028>.

- [5] EuRIC AISBL, Metal Recycling Factsheet, EuRIC AISBL – Recycl. Bridg. Circ. Econ. Clim. Policy. (2015).
- [6] C. Schmitz, Handbook of Aluminium Recycling, Niederzier, 2006.
- [7] J. Hong, Y. Chen, J. Liu, X. Ma, C. Qi, L. Ye, Life cycle assessment of copper production: a case study in China, *Int. J. Life Cycle Assess.* 23 (2018) 1814–1824. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1405-9>.
- [8] Y. Li, J. Guan, Life cycle assessment of recycling copper process from copper-slag, 2009 Int. Conf. Energy Environ. Technol. ICEET 2009. 1 (2009) 198–201. <https://doi.org/10.1109/ICEET.2009.54>.
- [9] International Copper Association, Copper Environmental Profile, (2017).
- [10] A.. Schmidt, J. Frydendal, Methods for calculating the environmental benefits of “green” products. In *Buying into the Environment*;; Routledge: Oxfordshire, UK, 2003.