



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

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 with 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 smaller 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 by 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.

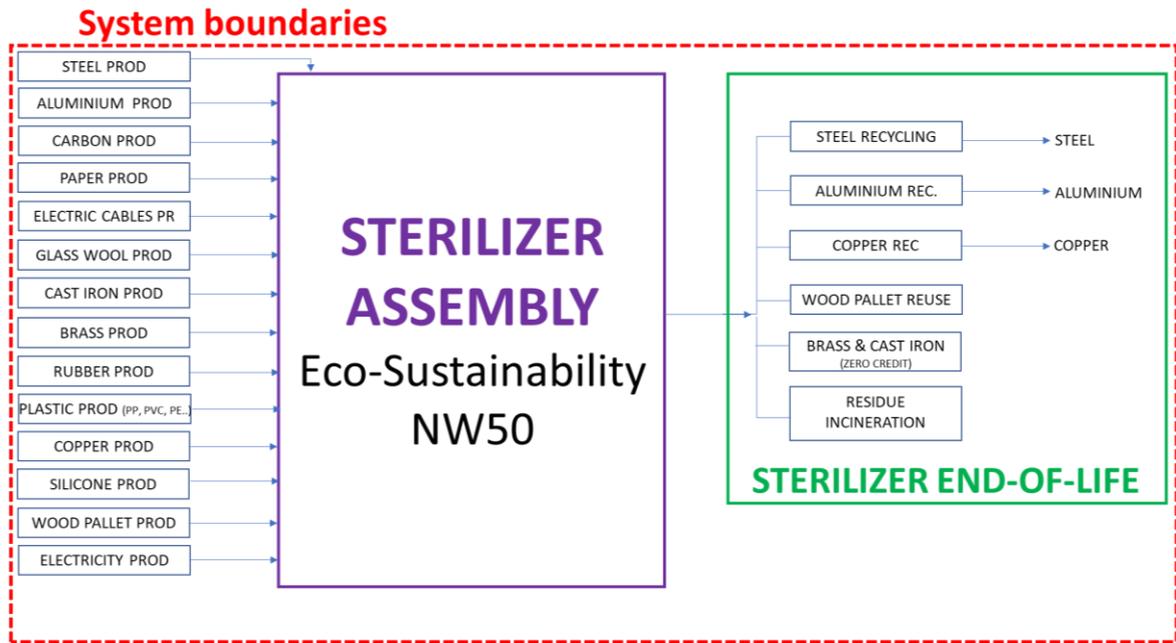


Figure 1. System boundaries considered for the LCA.

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-life (recycling + residue incineration) were estimated by Gabi software, including emissions to air, fresh water and soil (agriculture and industrial) as reported in Table 2.

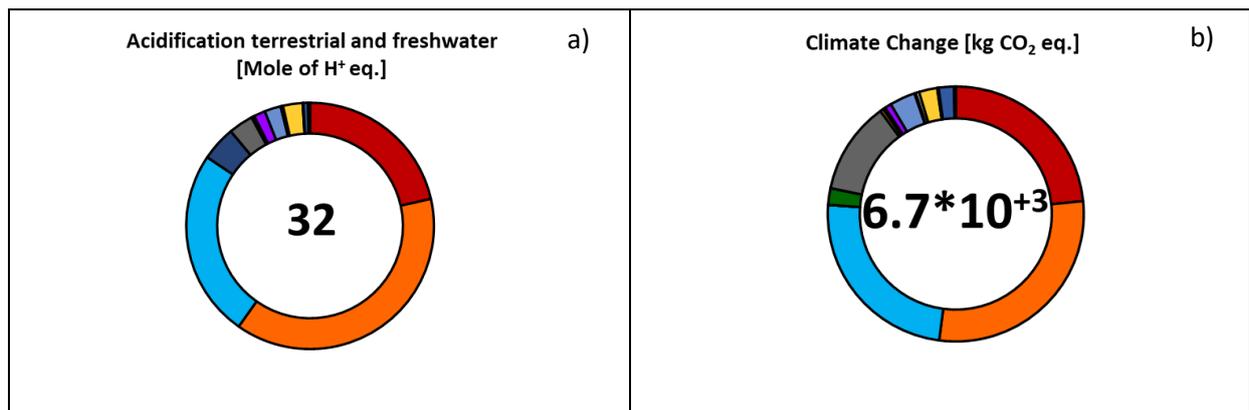
Table 2. Results of LCI by Gabi software, considering assembly and end-of-life (recycling and residue incineration) of sterilizer (functional unit: NW50 sterilizer, corresponding to 2315 kg of equipment)

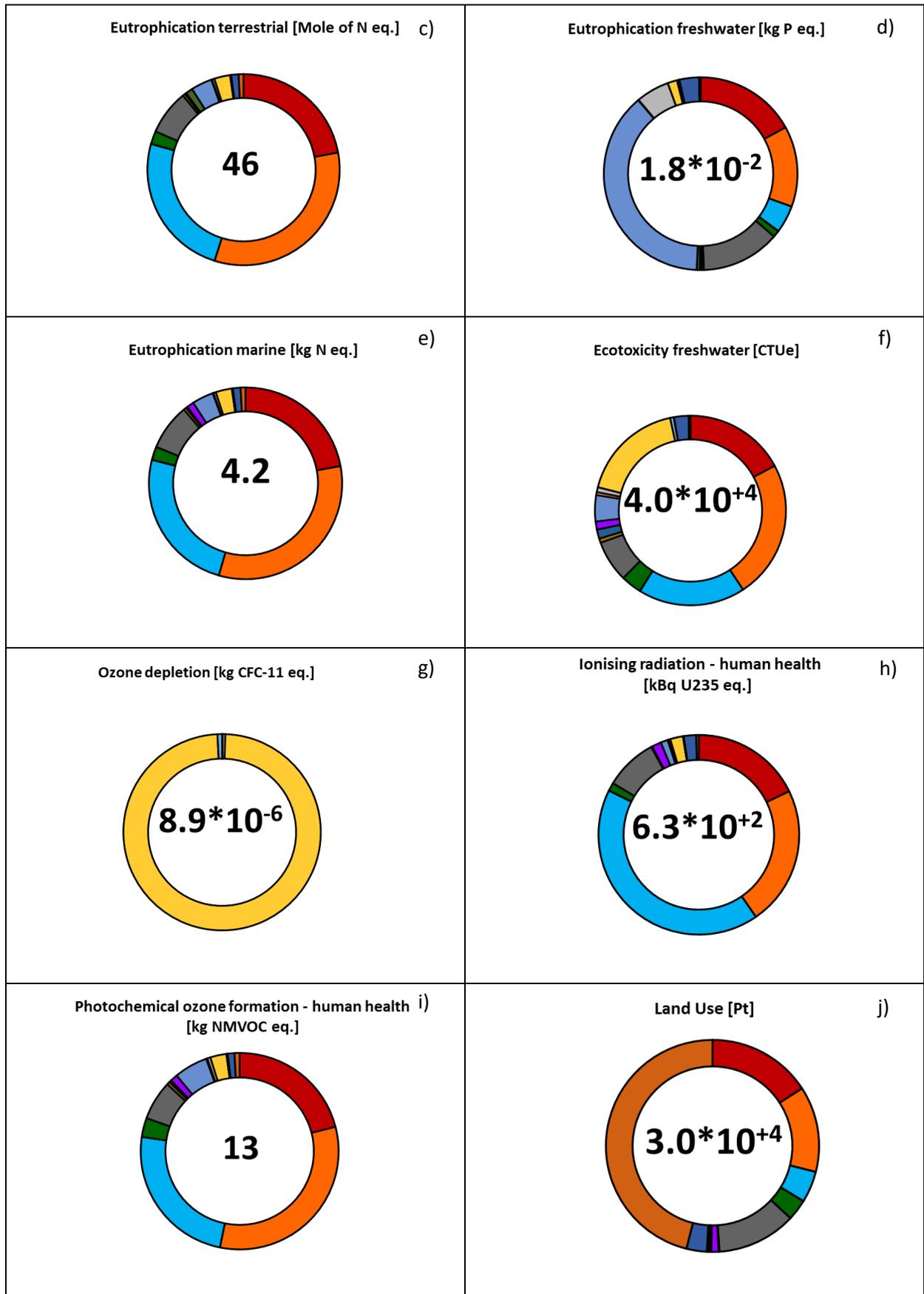
Emissions	Manufacturing	End-of-life
Emissions into air (kg)	$1.3 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^5$
Emissions into fresh water (kg)	$2.9 \cdot 10^7$	$1.7 \cdot 10^7$
Emissions into agriculture soil (kg)	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$6.2 \cdot 10^{-4}$
Emissions into industrial soil (kg)	$3.1 \cdot 10^{-1}$	$1.1 \cdot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

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 categories, with an average contribution of 50% on the whole impact, which reaches 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 50% of the whole sterilizer weight. A relevant environmental effect is also due to the production of aluminium components in most of the categories. The plastic production mainly affects the category of freshwater eutrophication (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].





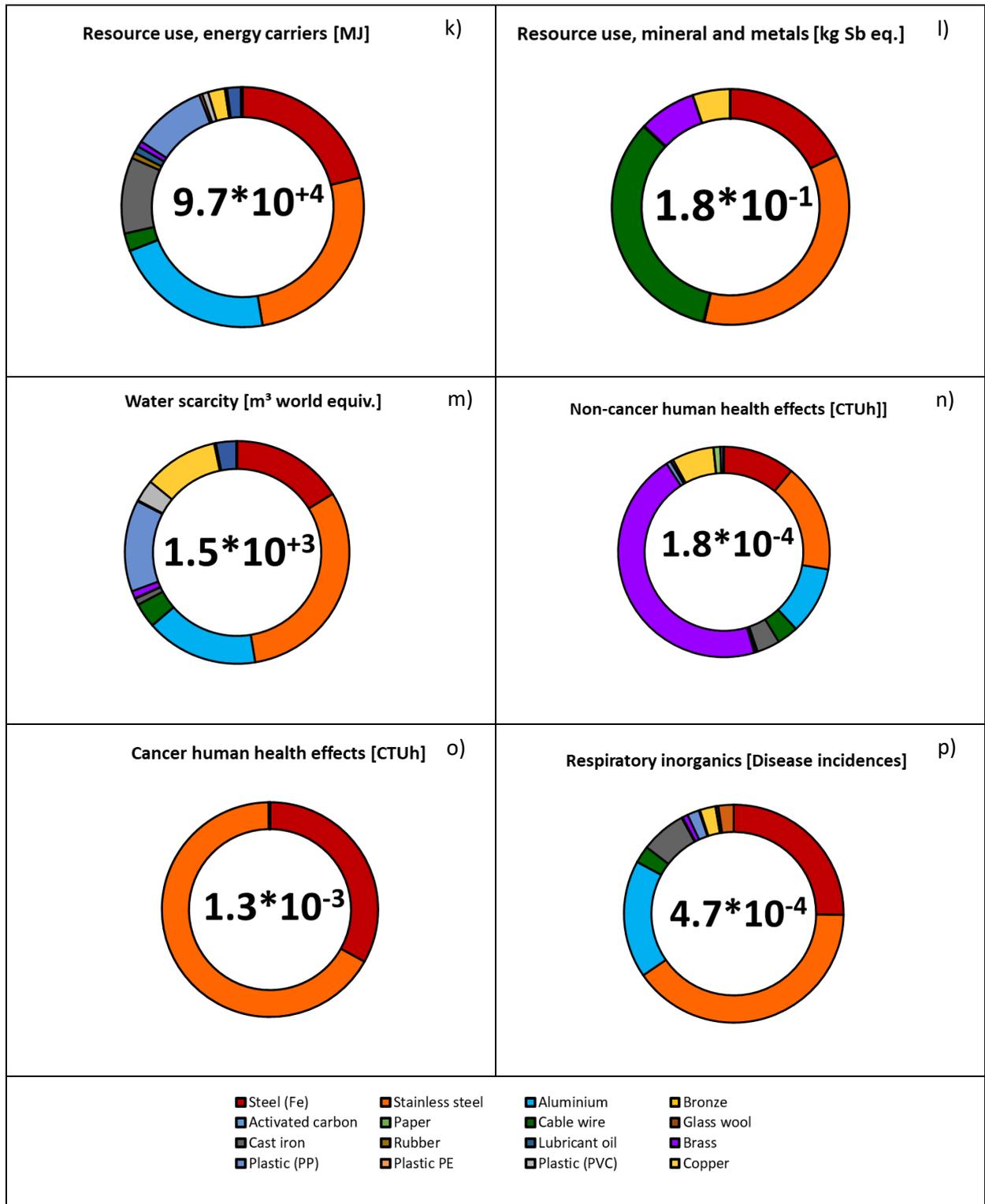
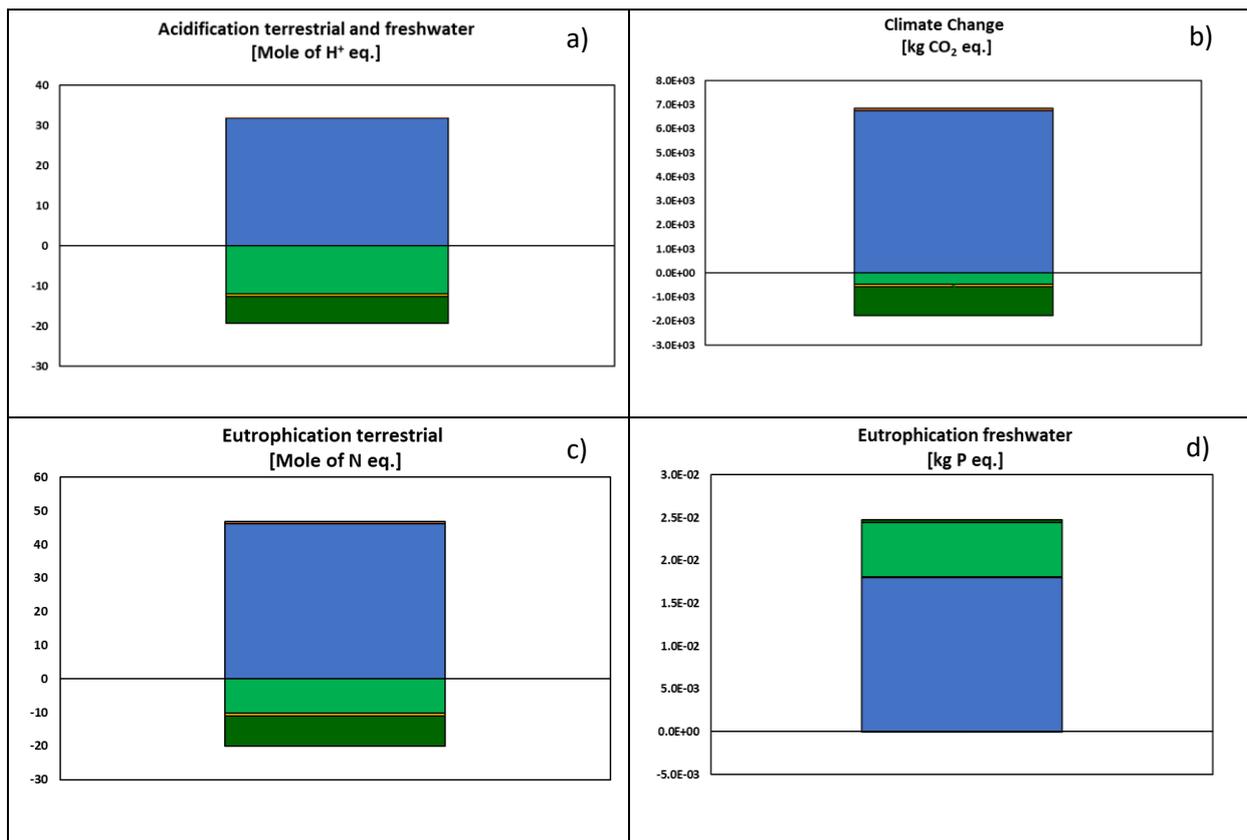
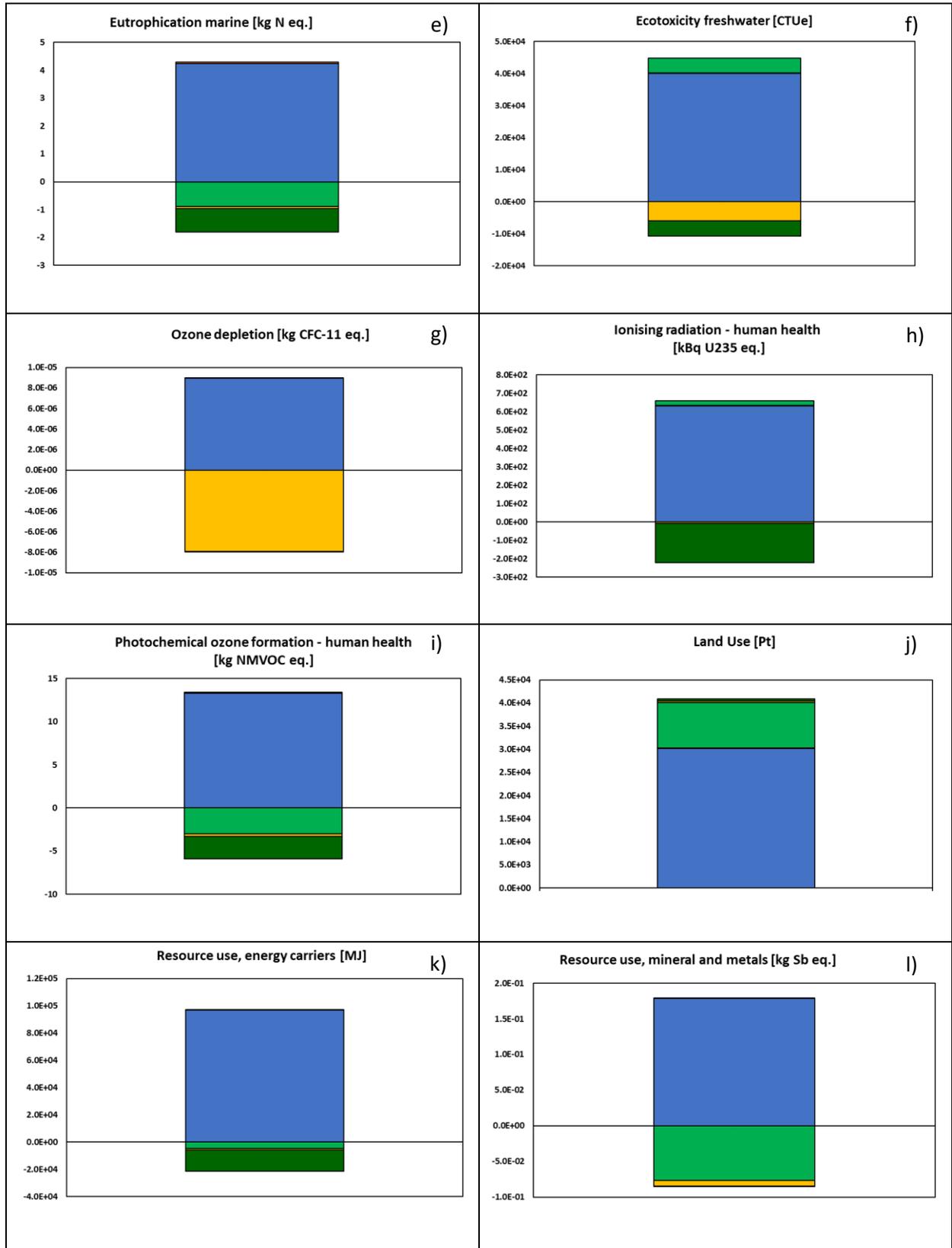


Figure 2. Results of classification and characterization steps related to the sterilizer assembly (functional unit: NW50 sterilizer, corresponding to 2315 kg of equipment)

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 which is longer than 10 years. Anyway, the environmental load of the end-of-life has been assessed to have a complete overview of the sterilizer's 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 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).





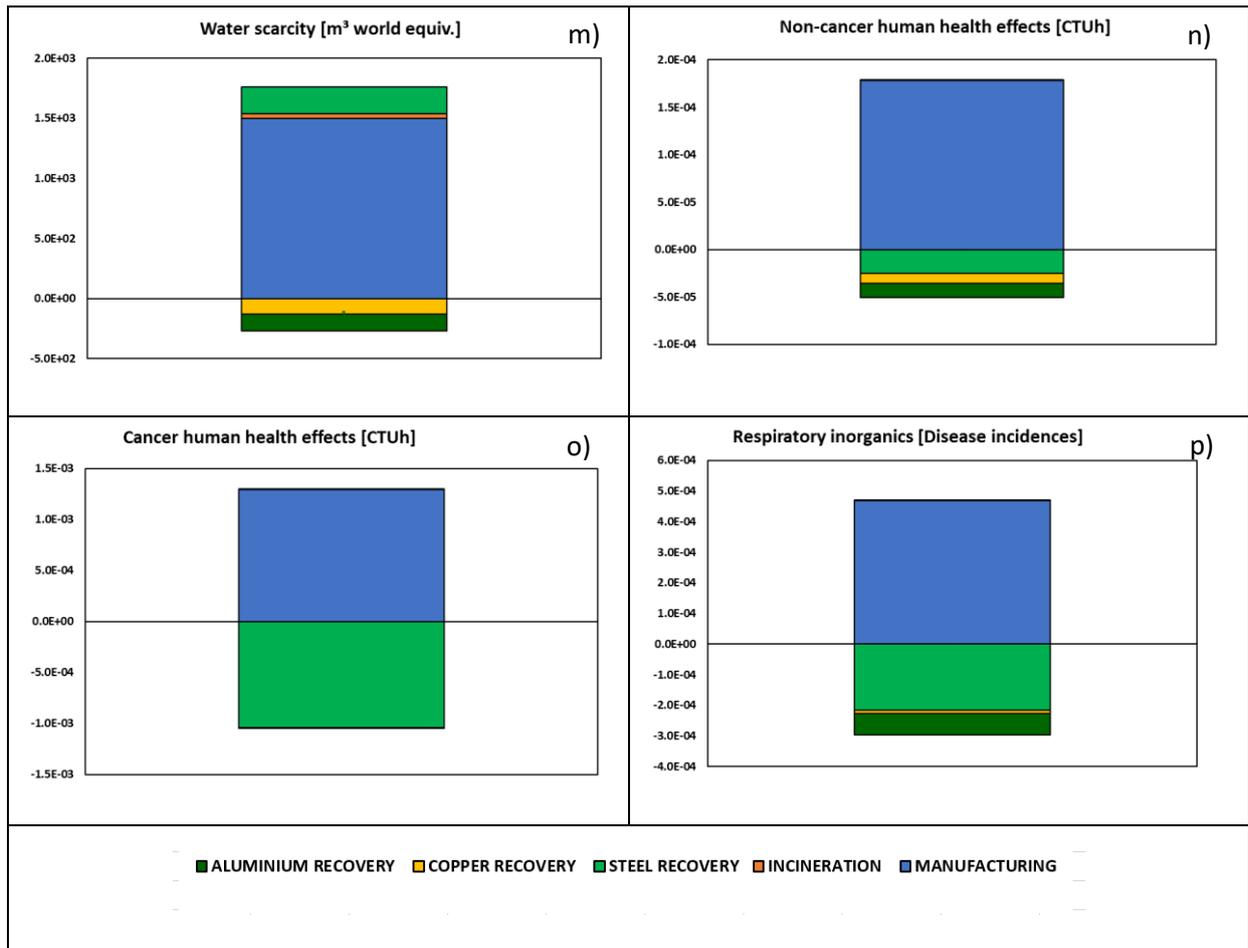


Figure 3. Results of classification and characterization steps related to the sterilizer assembly and end-of life (functional unit: NW50 sterilizer, corresponding to 2315 kg of equipment)

3.2 Normalization and weighing

Normalization and weighing phases confirm the results of classification and characterization described in 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 50% of EPI is due to stainless steel and 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].

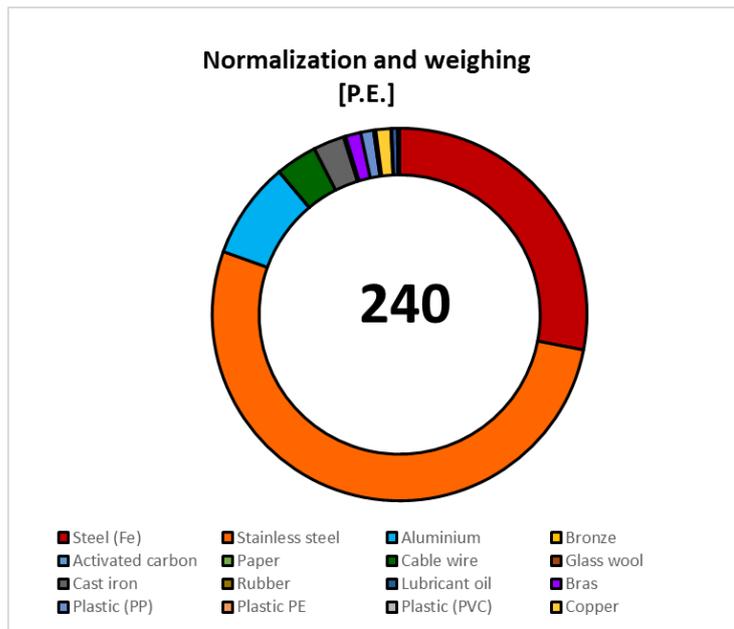


Figure 4. Results of normalization and weighing steps related to the sterilizer manufacturing (functional unit: NW50 sterilizer, corresponding to 2315 kg of equipment)

Furthermore, the results in Figure 5 show that the environmental benefit (normalized and weighted) is able to balance around 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).

Normalization and weighing

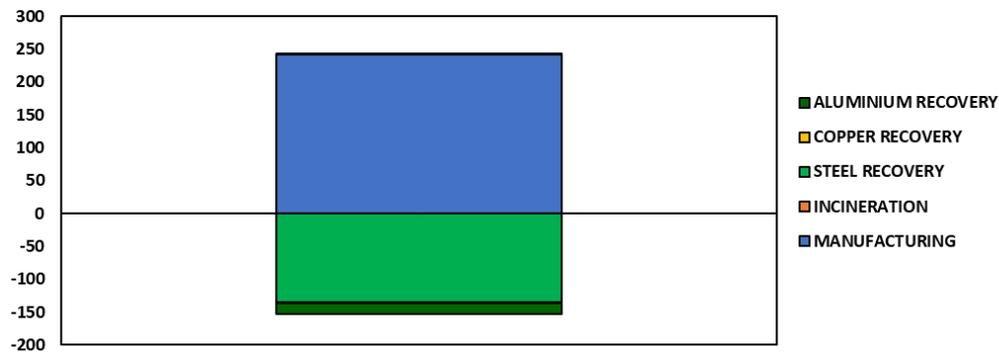


Figure 5. Results of normalization and weighting steps related to the sterilizer manufacturing and end-of life (functional unit: NW50 sterilizer, corresponding to 2315 kg of equipment)

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.

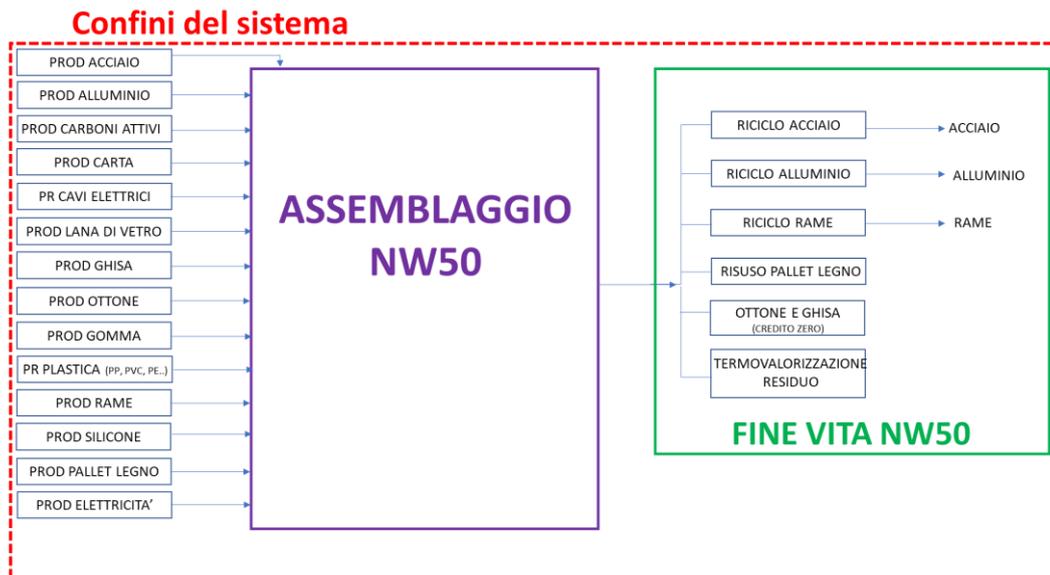


Figura 1. Confine del Sistema considerati pe l'analisi LCA.

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.

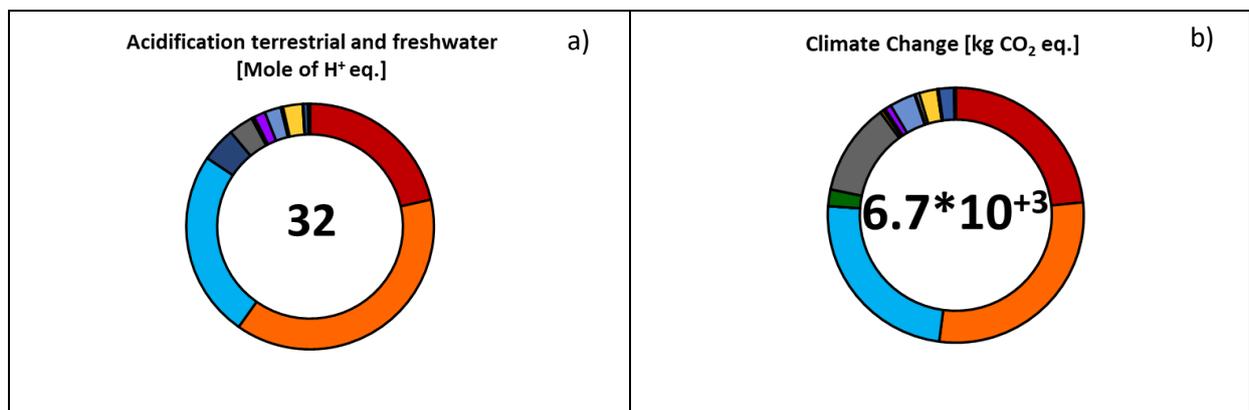
Tabella 2. Risultati dell'analisi dell'inventario eseguita con il *software* Gabi (unità funzionale considerata: sterilizzatore NW50, corrispondente a un'apparecchiatura di 2315 kg)

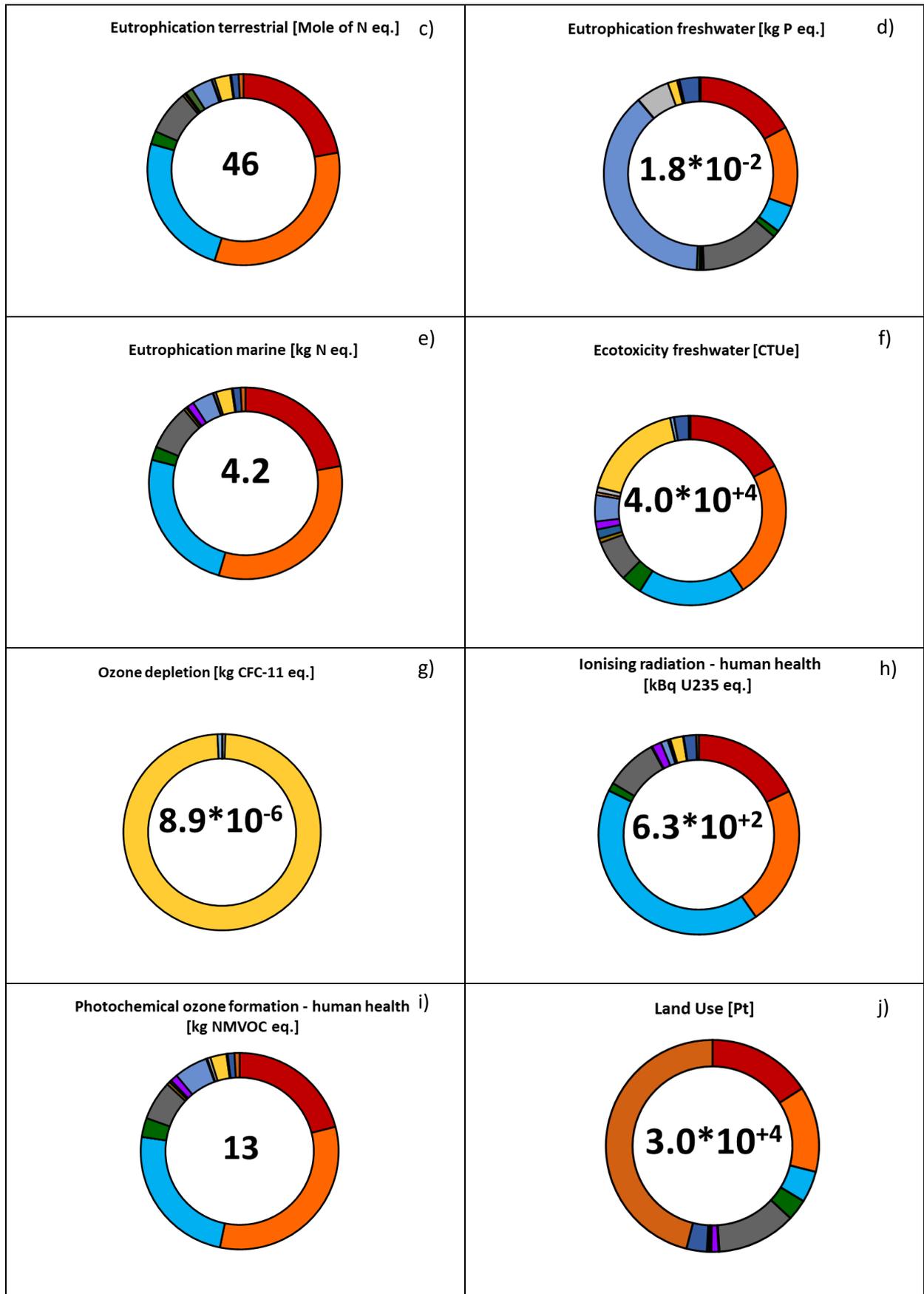
Emissions	Produzione	Fine vita
Emissioni in aria (kg)	$1.3 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^5$
Emissioni in acqua (kg)	$2.9 \cdot 10^7$	$1.7 \cdot 10^7$
Emissioni sul suolo agricolo (kg)	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$6.2 \cdot 10^{-4}$
Emissioni sul suolo industriale (kg)	$3.1 \cdot 10^{-1}$	$1.1 \cdot 10^{-1}$

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].





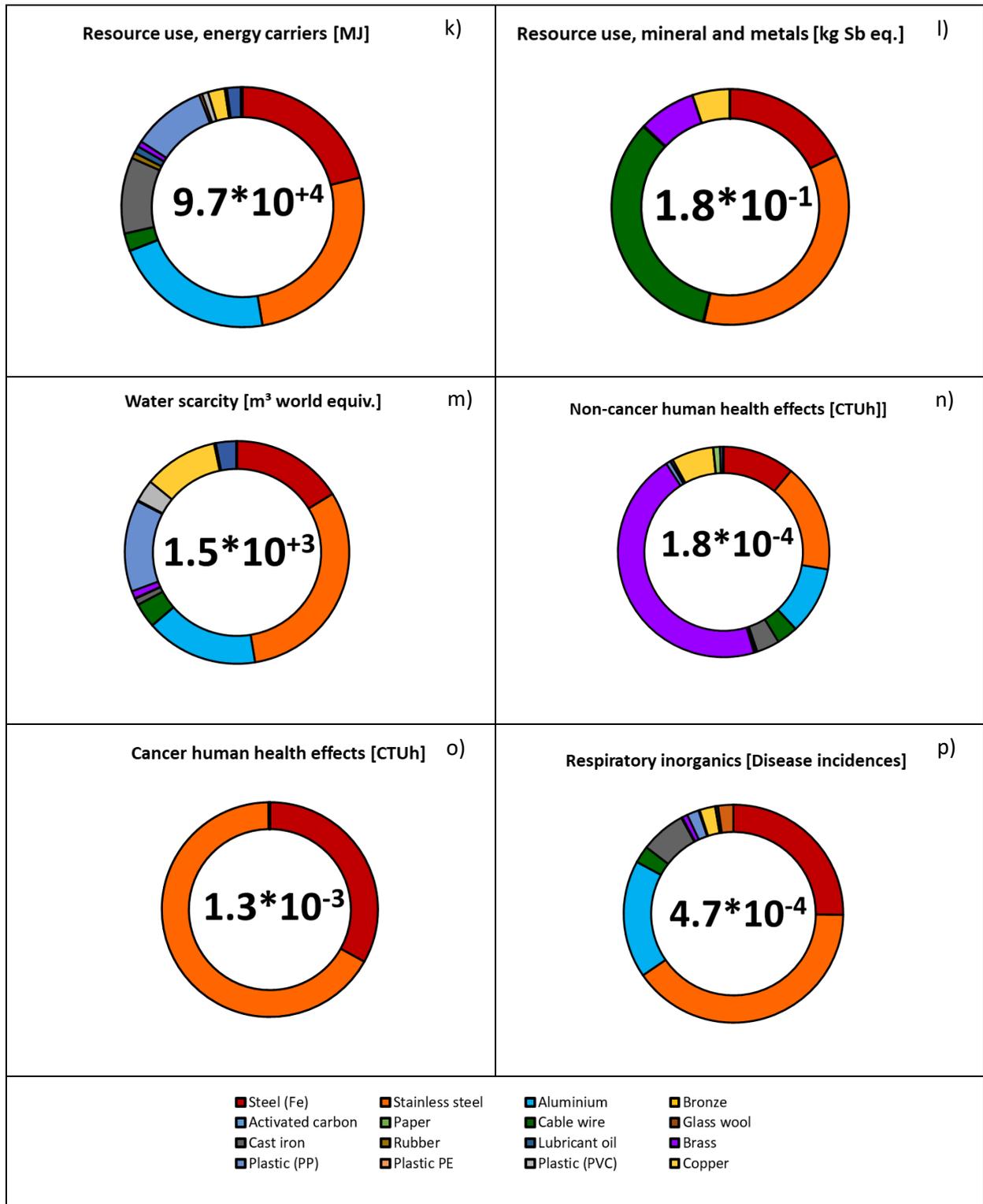
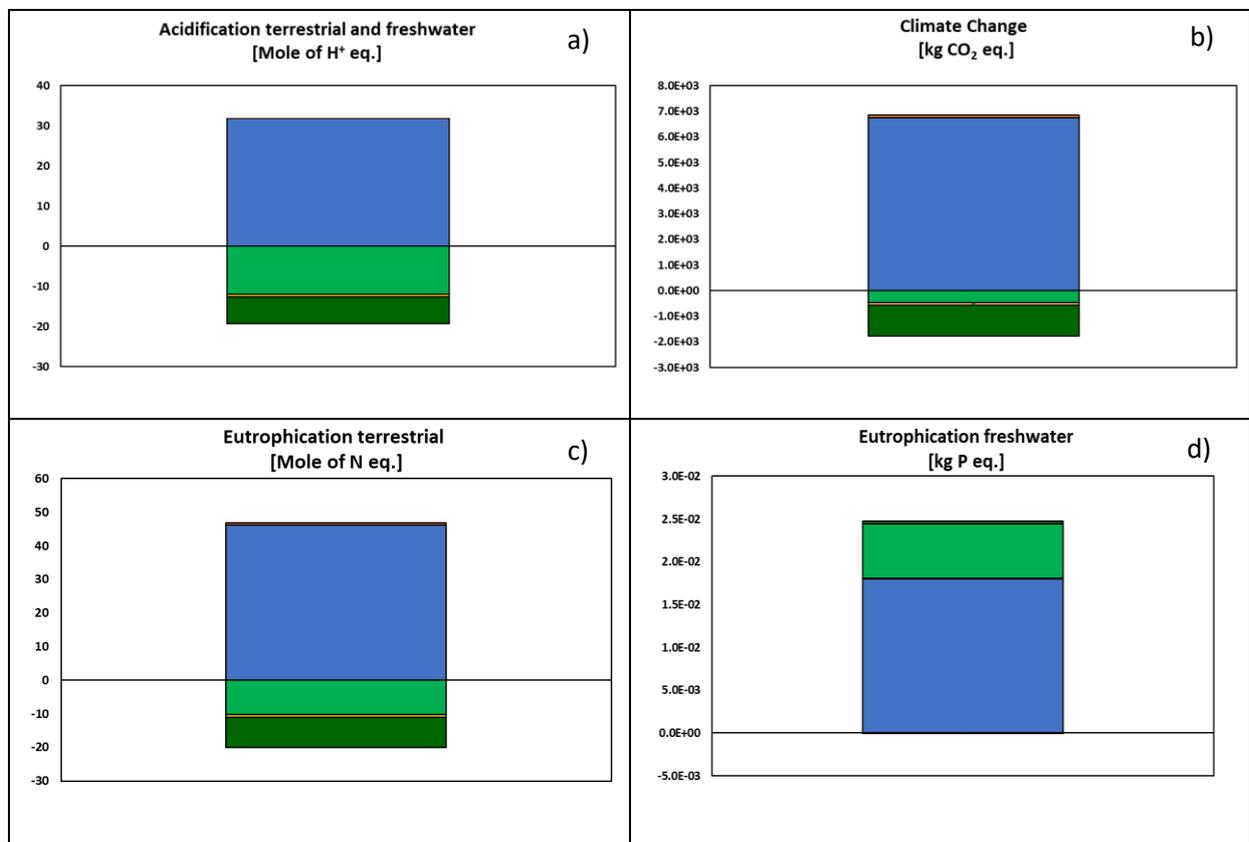
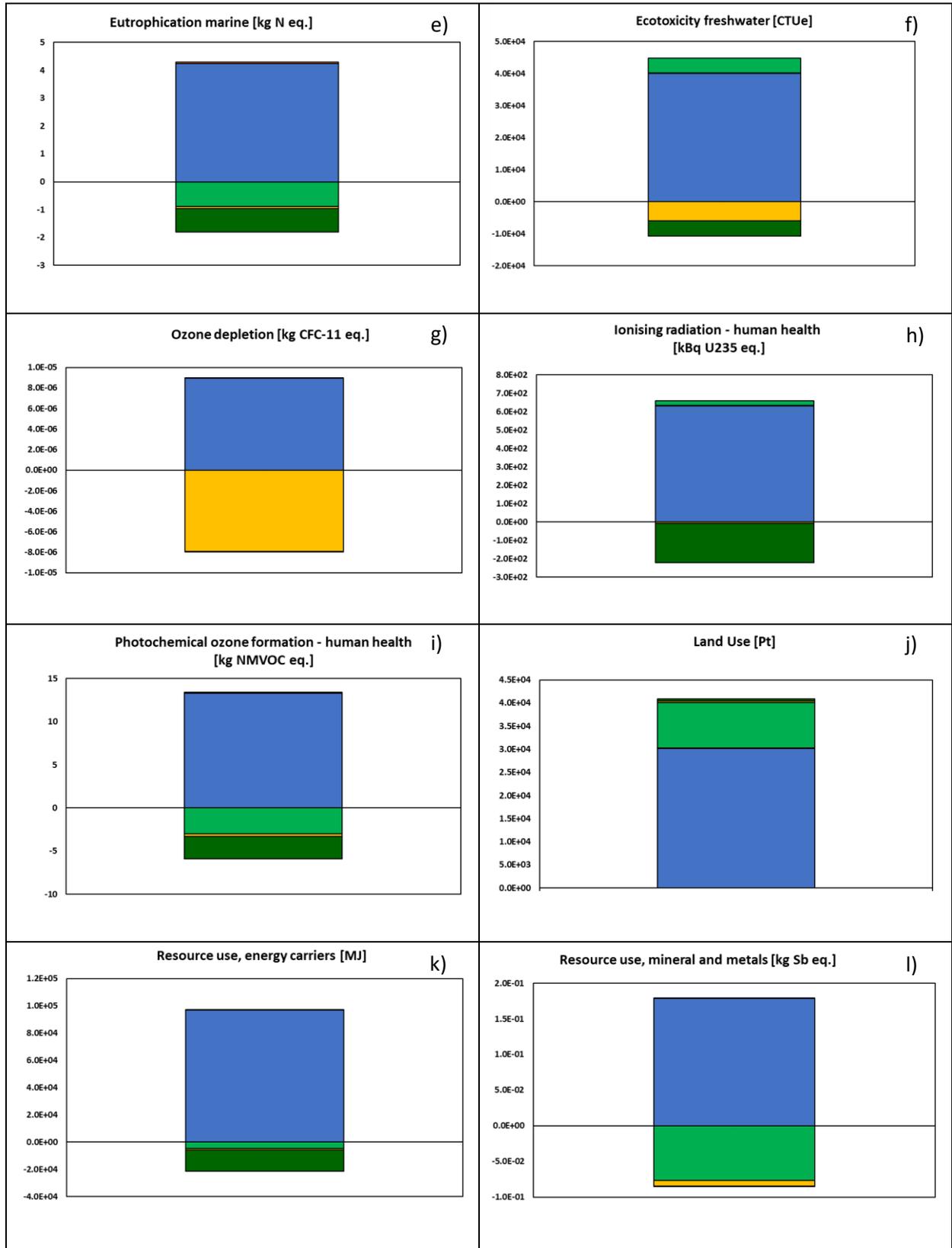


Figure 2. Risultati di classificazione e caratterizzazione relativi alla fase di produzione dello sterilizzatore NW50 (unità funzionale considerata: sterilizzatore NW50, corrispondente a un'apparecchiatura di 2315 kg)

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).





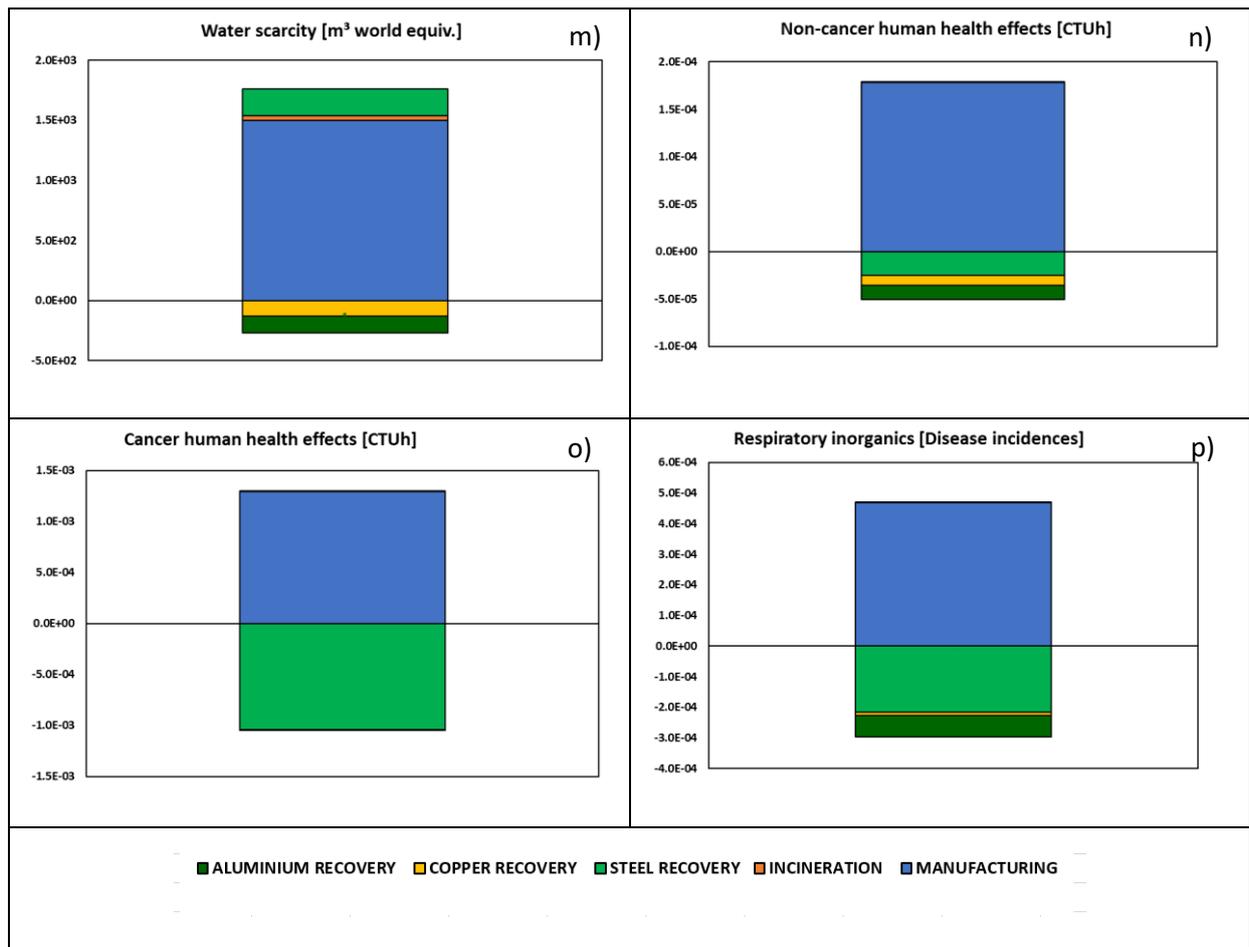


Figure 3. Risultati di classificazione e caratterizzazione relativi alla fase di produzione e fine vita dello sterilizzatore NW50 (unità funzionale considerata: sterilizzatore NW50, corrispondente a un'apparecchiatura di 2315 kg)

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).

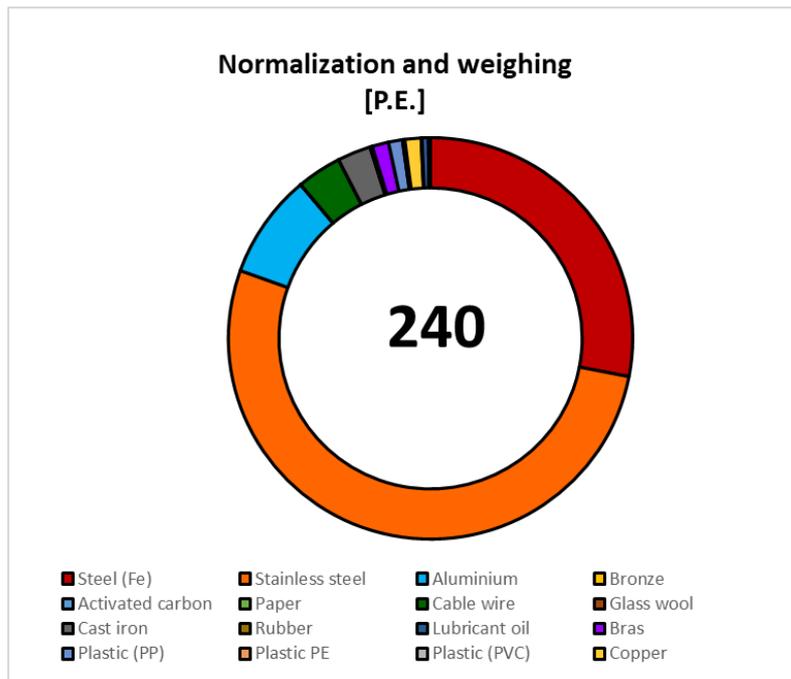


Figura 4. Risultati di normalizzazione e pesatura relative allo sterilizzatore NW50 (unità funzionale considerata: sterilizzatore NW50, corrispondente a un'apparecchiatura di 2315 kg)

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).

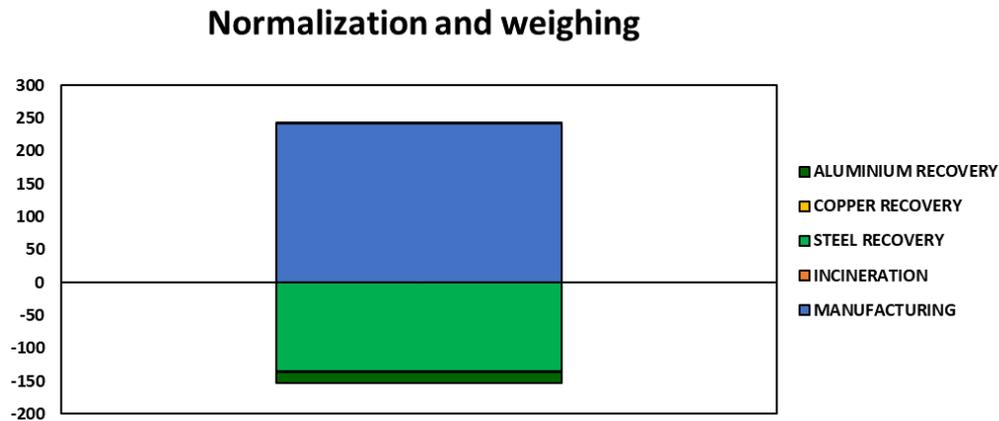


Figure 5. Risultati di normalizzazione e pesatura relative allo sterilizzatore NW50, tenendo conto di produzione e fine vita (unità funzionale considerata: sterilizzatore NW50, corrispondente a un'apparecchiatura di 2315 kg)

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.