

La linearità dell'LCA

Autori

Martina Pini, Paolo Neri, Leonardo Bonato

La relazione lineare tra le Unità Funzionali (UF)



- L'UF dei sotto processi (UFps) devono essere dipendenti linearmente da quella del processo principale (UFpp): $UFps = C * UFpp$.
- Quando il processo principale viene utilizzato per un valore A, il codice che lo utilizza esegue la divisione: $A/UFpp$ e moltiplica per tale rapporto tutte le UFps.
- Quindi una UFps non può essere considerata come costante.
- Se UFpp è la somma di più termini considerati variabili ($UFpp1+UFpp2+...+UFppn$) non è possibile farne variare uno solo indipendentemente dagli altri. Se un solo termine varia è la somma che varia di conseguenza e quindi modifica la UFpp.
- Se i termini della UFpp somma sono tutti variabili indipendenti bisogna **separare le variabili** e **scrivere un processo per ciascuna di esse**. I processi possono avere parti in comune.

Il foglio di calcolo

- L'LCA di un processo può essere descritto con un foglio di calcolo, separato per categoria di danno. Previo calcolo dell'LCA del processo stesso.
- Supponiamo di avere calcolato il Damage Assessment (DA) di un processo formato da n sotto processi:
$$DA_i = DA_{1i} + DA_{2i} + \dots + DA_{ni} \quad i = \text{categoria di danno.}$$
- Se la variabile v entra in tutti i sotto processi, (cioè è contenuta nell'UF del processo principale), per $v=v_1$ il DA_i del processo vale:
$$DA_i(v_1) = DA_{1i}/v^*v_1 + DA_{2i}/v^*v_1 + \dots + DA_{ni}/v^*v_1$$
- Se la variabile v non entra in tutti i sotto processi (per esempio non entra nel secondo) il DA_i del processo per $v=v_1$ vale:
$$DA_i(v_1) = DA_{1i}/v^*v_1 + DA_{2i}/v^*v + \dots + DA_{ni}/v^*v_1$$
- Quest'ultimo caso rappresenta una non linearità. Perciò **con il foglio di calcolo si può superare la non linearità dell'LCA.**

Il problema della linearità nella metodologia LCA: il caso del trattamento degli scarti di macellazione di SAPI

Obiettivi

- Revisione di un precedente lavoro di tesi:

LCA (Life Cycle Assessment) del trattamento degli scarti di macellazione e degli oli da raffinare, tesi di Seghizzi, a.a. 2014/2015

- Elaborazione del foglio di calcolo del processo

Perché effettuare la revisione di uno studio LCA?

- Per modificare i **dati**.
- Per individuare incongruenze ed **errori sempre possibili**.
- **Per migliorare la modellizzazione** mettendo a frutto gli **approfondimenti** e le **modifiche** del metodo LCA e dei metodi di valutazione del danno.

Problemi legati allo studio

1. Nell'Azienda vengono trattati scarti animali e oli e gli oli seguono solo una parte dell'intero processo.
1. Il trattamento degli scarti avviene mediante due impianti termici (DUPS e ATLAS) dai quali si ottengono alcuni coprodotti.
Occorre allocare tali coprodotti ai due impianti.

Per definire le masse provenienti dai due impianti DUPS e ATLAS si è risolto il seguente **sistema di primo grado**:

$$x_1 + y_1 = G_{\text{rtot}} \text{ (Grasso totale)}$$

$$x_2 + y_2 = C_{\text{ictot}} \text{ (Cicciolo totale)}$$

$$x_3 + y_3 = G_{\text{rraf}} \text{ (Grasso da raffinare)}$$

$$x_1/y_1 = x_2/y_2 = x_3/y_3 = \alpha = \text{PosgrAtl} / \text{PgrDup}$$

Prima modifica

- Prima della modifica:

$$UF_{pp} = P_{scar} + Poli + Polialim$$

- Dopo la modifica:

$$UF = P_{scar}$$

Per gli oli è stato creato un processo separato che riguarda solo il trattamento degli oli.

Il problema della linearità

Acqua per lavaggio mezzi
nel caso originale

$$\frac{P_{scar} + P_{oli} + P_{olialim}}{32t/aut} * 2t/aut = 6130 \text{ m}^3$$

Variabili
indipendenti
dall'UF

Unità
funzionale

Acqua per lavaggio mezzi
nella revisione

Unità
funzionale

$$\frac{P_{scar}}{32} * 2 = 4657 \text{ m}^3$$

Seconda modifica

- Prima della modifica:

Grasso grezzo DUPS = $y_1 = \text{Grtot}/(\text{alfa}+1)$ (Indipendente da $P_{\text{scar}} = \text{UF}$ del processo principale)

- Dopo la modifica

Grasso grezzo DUPS = $y_1 = \text{frazGrtot} * P_{\text{scar}}/(\text{alfa}+1)$

Le aziende spesso non forniscono tutti i dati di input ed output e quindi è necessario effettuare un'elaborazione di questi valori.

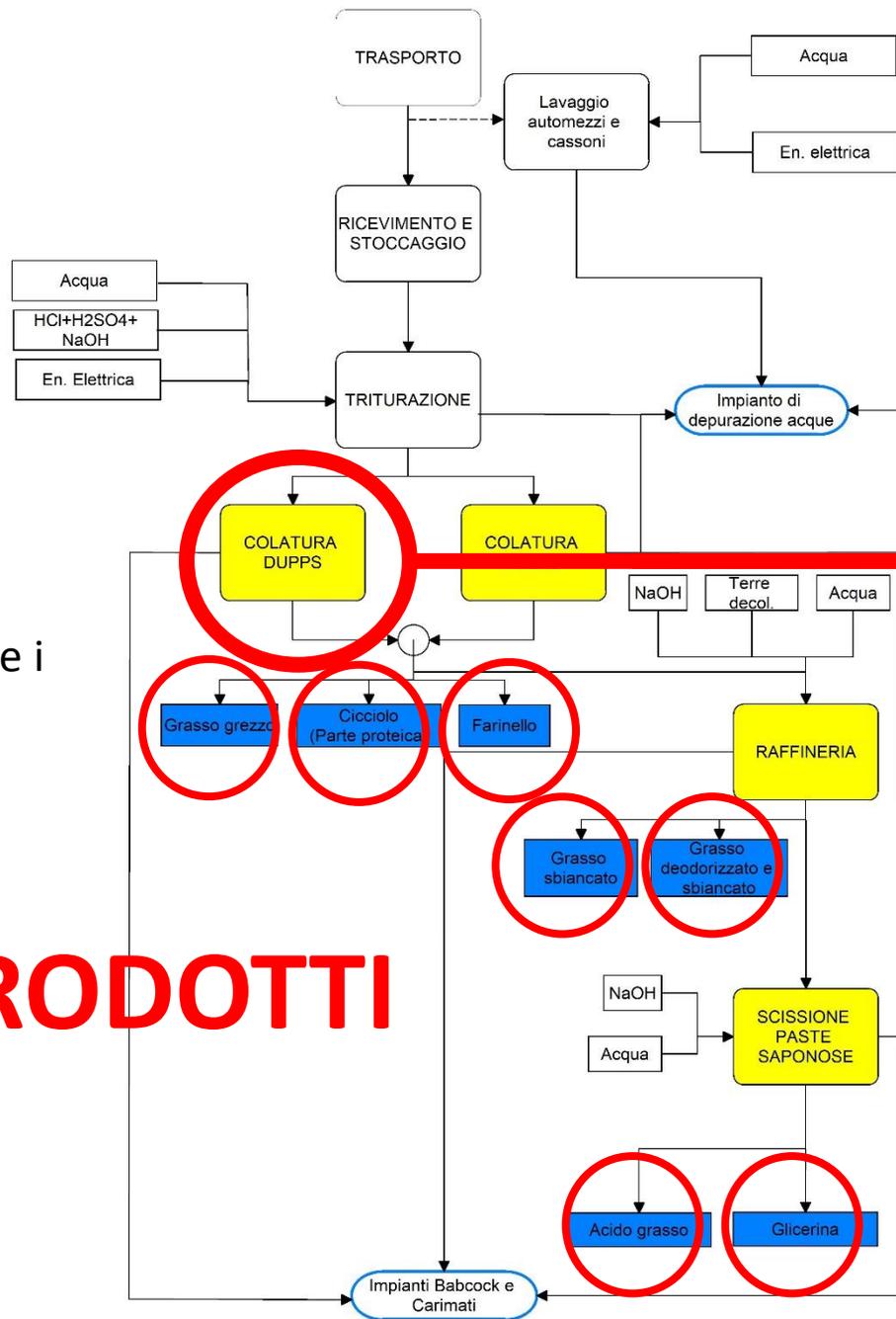
Bilancio di massa DUPPS

Entrano:

| | | |
|---------------|----------------|-------------------|
| PgrDup | 74510,72-56078 | 18432,72 t |
| | TOTALE | 18432,72 t |

Escono:

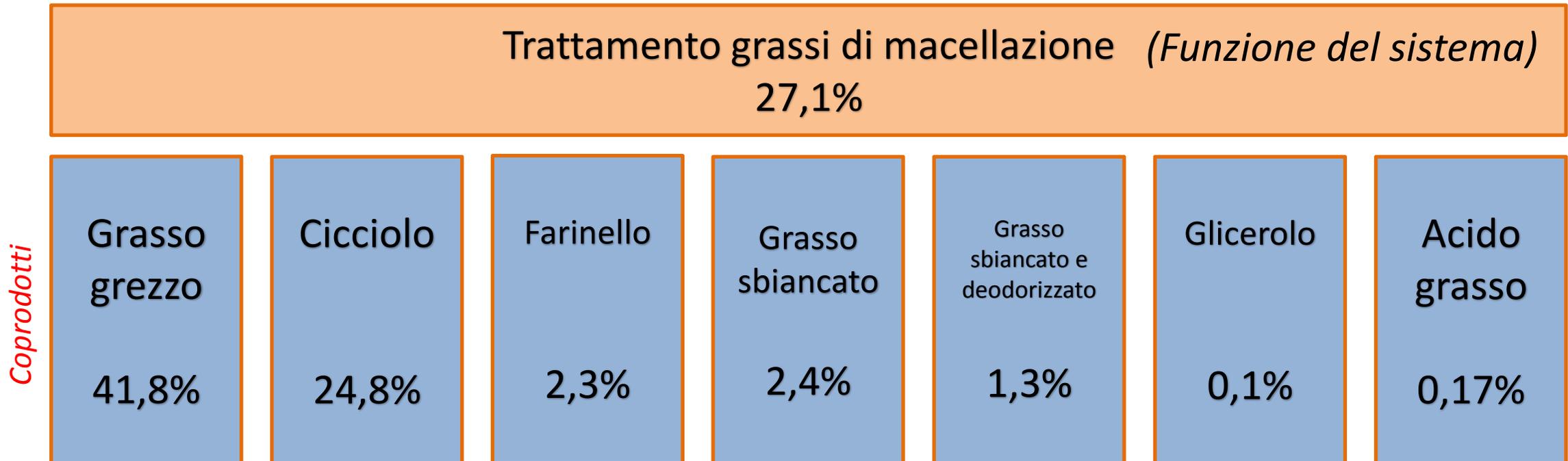
| | | |
|------------------------------|--|-------------------|
| Grasso grezzo | $\text{frazGrtot} * \text{Pscar} / (\text{alfa} + 1)$ | 5042,5 t |
| Parte proteica | $\text{frazCictot} * \text{Pscar} / (\text{alfa} + 1)$ | 5335,8 t |
| Grasso per raffineria | $\text{frazGrraf} * \text{Pscar} / (\text{alfa} + 1)$ | 460,37 t |
| Farinello | $(y1 / 1,75 + \text{frazcicentr} * (y2 / 0,9094)) * \text{frazcentrfar} * \text{dfar}$ | 144,36 t |
| Emissioni autoclave | $\text{PgrDup} - (y1 + y2 + y3 + \text{farcentr})$ | 7449,69 t |
| | TOTALE | 18432,72 t |



L'analisi dell'AIA ha permesso di ricostruire i flussi di materia ed energia dell'azienda

COPRODOTTI

Allocazione economica del processo multi-output revisionato

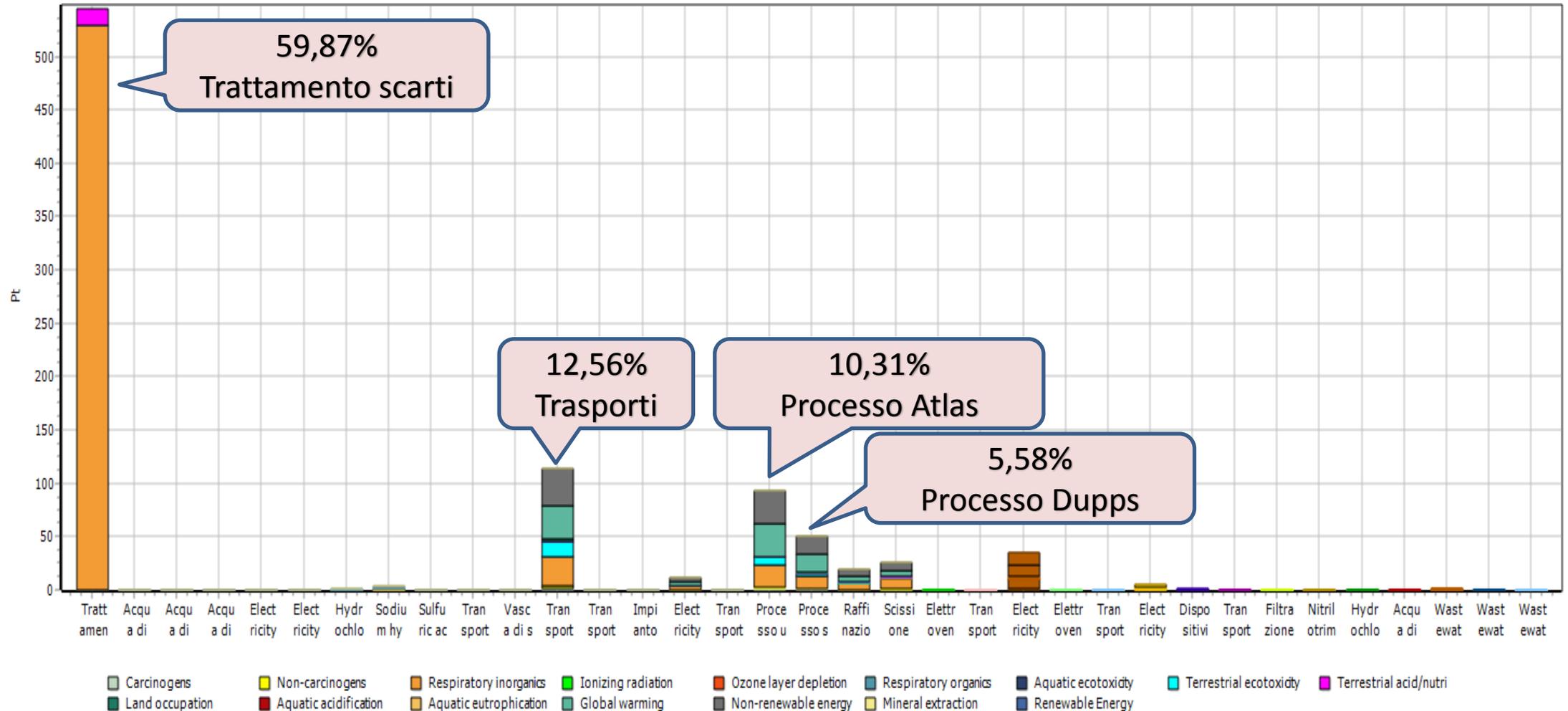


Analisi dei risultati LCA – IMPACT 2002+



Calcolo del danno per Pscar=74510,72 t

Danno totale 909,65 Pt



Scelta della variabile per il foglio di calcolo

- Nuova variabile: $\text{Posgratl} = \text{frazosgr} * \text{Pscar}$ (peso ossa e grassi trattati con ATLAS).
- Cambiando il valore di tale variabile cambia anche l'UF del processo principale Pscar, se la frazione frazosgr rimane costante.
- Il foglio di calcolo viene riscritto inserendo il nuovo valore di Pscar nei processi che dipendono solo da questa e **le UF con i nuovi valori calcolati** con la nuova variabile .

Elaborazione foglio di calcolo

| Legenda | Variabili indipendenti | | Incognite | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------|-------------------|--|--|---------------------------------------|---|--|------------------|--------------------|-----------------|
| | Variabili dipendenti | | | | | | | | | |
| Dati originali non modificabili | Pscar originale [ton] | Patlas [ton] | Pdupps [ton] | Praffinazione [ton] | Pscissione [ton] | | | | | |
| | 74510,72 | 34868,321 | 10983,279 | 1073,4048 | 716,21517 | | | | | |
| Dati caso alternativo | 87435,508 | 41161,820 | 10252,532 | 1260,557987 | 840,4513829 | | | | | |
| Caso studiato | frazosgr | Pscar | Posgratl | Pgrdup | alfa | frazgrtot | frazcictot | frazgrraf | y1 | y2 |
| | 0,753 | 74510,720 | 56078,000 | 18432,720 | 3,042 | 0,274 | 0,289 | 0,025 | 5042,639 | 5335,904 |
| Caso alternativo | 0,800590076 | 87435,508 | 70000 | 17435,508 | 4,015 | 0,274 | 0,289 | 0,025 | 4769,832 | 5047,231 |
| Human health | Caso studiato | Caso alternativo | $\sum \text{Danno}_{\text{sottoprocesso}} * \text{Massa}_{\text{alternativa}}$ | | | | | | | |
| | 4,485015 | 5,254481526 | $\text{Massa}_{\text{iniziale}}$ | | | | | | | |
| Ecosystem quality | 688196,9071 | 804172,4826 | | | | | | | | |
| Climate change | 1070406,1203 | 1239454,976 | | | | | | | | |
| Resources | 18072243,5464 | 20937683,93 | | | | | | | | |
| Energia rinnovabile | 1363532,5544 | 1585906,045 | | | | | | | | |
| Damage category | Unit | Emissioni dirette | Acqua per la soluzione di HCl e di NaOH | Acqua usata per il lavaggio delle vasche | Acqua usata per il lavaggio automezzi | Energia elettrica necessaria per il lavaggio delle vasche | Energia elettrica necessaria per il lavaggio degli automezzi | Acido Cloridrico | Idrossido di sodio | Acido solforico |
| Human health | DALY | 3,75280976 | 2,87713E-06 | 1,04981E-09 | 0,000299701 | 7,49917E-10 | 0,000107044 | 0,00383443 | 0,009121 | 0,001076162 |
| Ecosystem quality | PDF*m2*yr | 212266,9878 | 0,73543051 | 0,000268344 | 76,6073448 | 0,000184383 | 26,31903051 | 1323,49448 | 3042,256 | 148,903947 |
| Climate change | kg CO2 eq | 0 | 4,170347295 | 0,001521675 | 434,4111766 | 0,001121766 | 160,1220182 | 3875,00504 | 9625,638 | 200,388913 |
| Resources | MJ primary | 0 | 97,07754572 | 0,035421635 | 10112,24435 | 0,019246035 | 2747,199678 | 79448,0146 | 188761,6 | 13793,95472 |
| Energia rinnovabile | MJ | 0 | 10,79022246 | 0,003937134 | 1123,981506 | 0,002894851 | 413,2140957 | 10022,3734 | 25587,94 | 298,4906318 |

Conclusioni



- Il problema della linearità dei flussi di input e output è stato risolto **rendendo le UF di alcuni sotto processi** linearmente dipendenti dall'UF del processo principale.
- Con il calcolo ambientale fatto con IMPACT 2002+ risulta che il danno è dovuto per il **69.52% a Human health**, per il 5.53% a **Ecosystem quality**, per il 11.88% a **Climate change** e per il 13.07% a **Resources**.
- Il foglio di calcolo Excel si dimostra uno strumento efficace se si vuole conoscere il danno ambientale di un processo quando vengono modificate determinate condizioni. Il foglio richiede un calcolo LCA del processo. Sulla base dei risultati ottenuti nelle singole categorie di danno si possono **individuare le variabili** e **calcolare i nuovi valori del danno per i singoli sotto processi**.