



POLITECNICO
MILANO 1863

Giornata di studio
"Rifiuti e Life Cycle Thinking"
7^a edizione



Assessment on WAsTe
and REsources

CHAR:ME

**Life Cycle Assessment di bricchette di biochar
prodotte con segatura di scarto e rifiuti di cartone**

Polisocial Award 2022

Progetto finanziato da Polisocial Award 2022 - Politecnico di Milano

28 Gennaio 2025

Relatore e Supervisor: *Guido Scaccabarozzi*
LCA developer: *Lotte Capel*



Il problema



Madagascar: disboscamento per produzione combustibili per uso domestico



Perdita 40% foreste



Più di 2 ore al giorno per approvvigionamento combustibili



Perdita biodiversità



2/7% delle emissioni CO₂ antropogeniche totali*



Rilascio di CO e PM



16.500 morti premature all'anno



L'obiettivo

Sviluppo di una **tecnologia sostenibile** per il recupero di **combustibile solido** da **scarti organici**

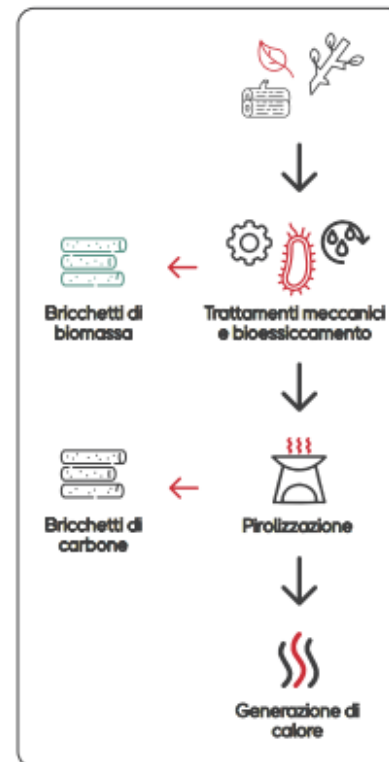


Stop deforestazione
Mantenimento biodiversità
Riduzione emissioni
Riduzione rilascio inquinanti pericolosi



La soluzione proposta

Creazione di una **filiera locale sostenibile** e **solidale** per la trasformazione di scarti organici in **bricchetti di biomassa** e **bricchetti di carbone**



Impatti



Calcolo degli impatti ambientali (biodiversità, emissioni di CO₂, ...)

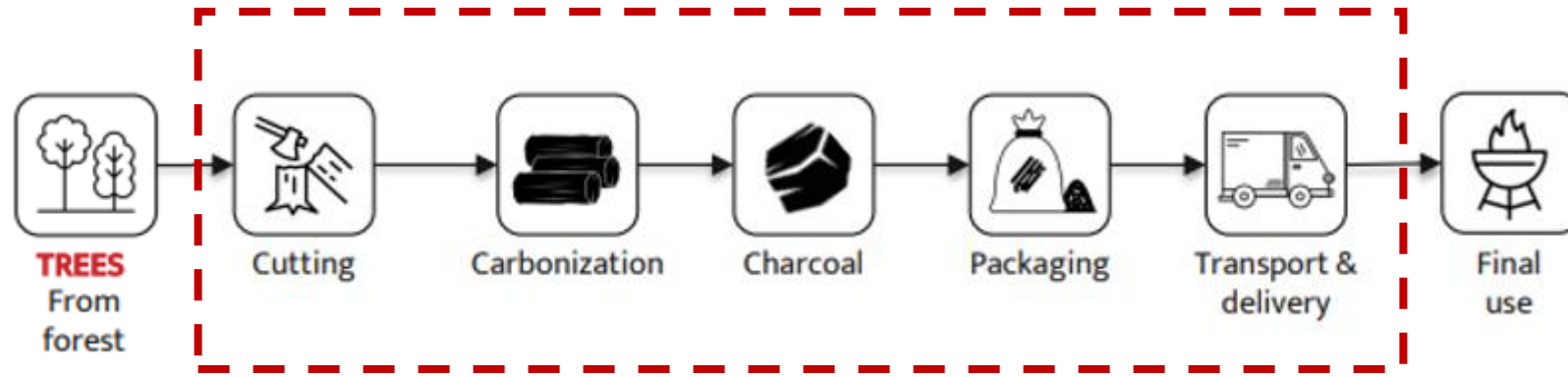
Calcolo degli impatti a supporto del design con **approccio LCA**



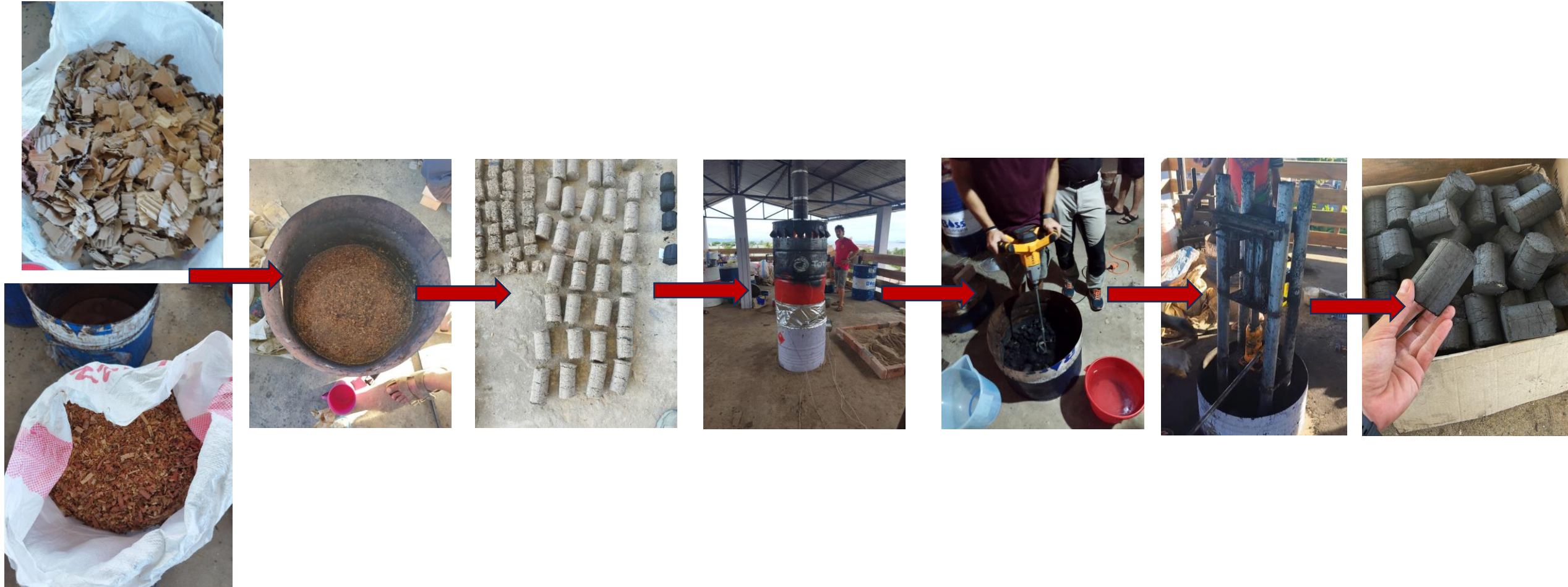
Impatti positivi sugli SDGs



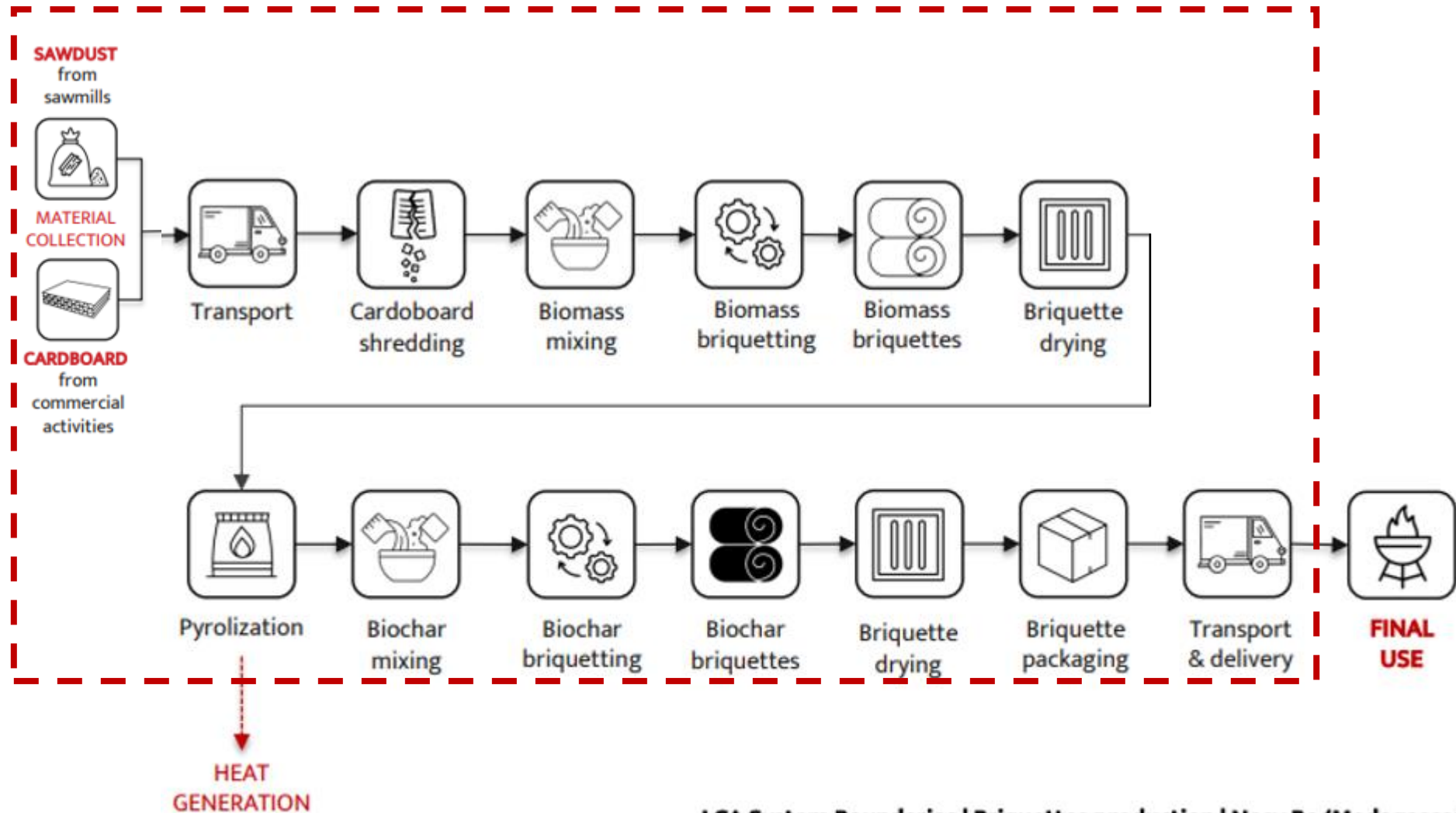
Produzione tradizionale di CARBONE DA LEGNA



Produzione alternativa di CARBONE DA BIOMASSA DI SCARTO (Biochar) – CHAR:ME

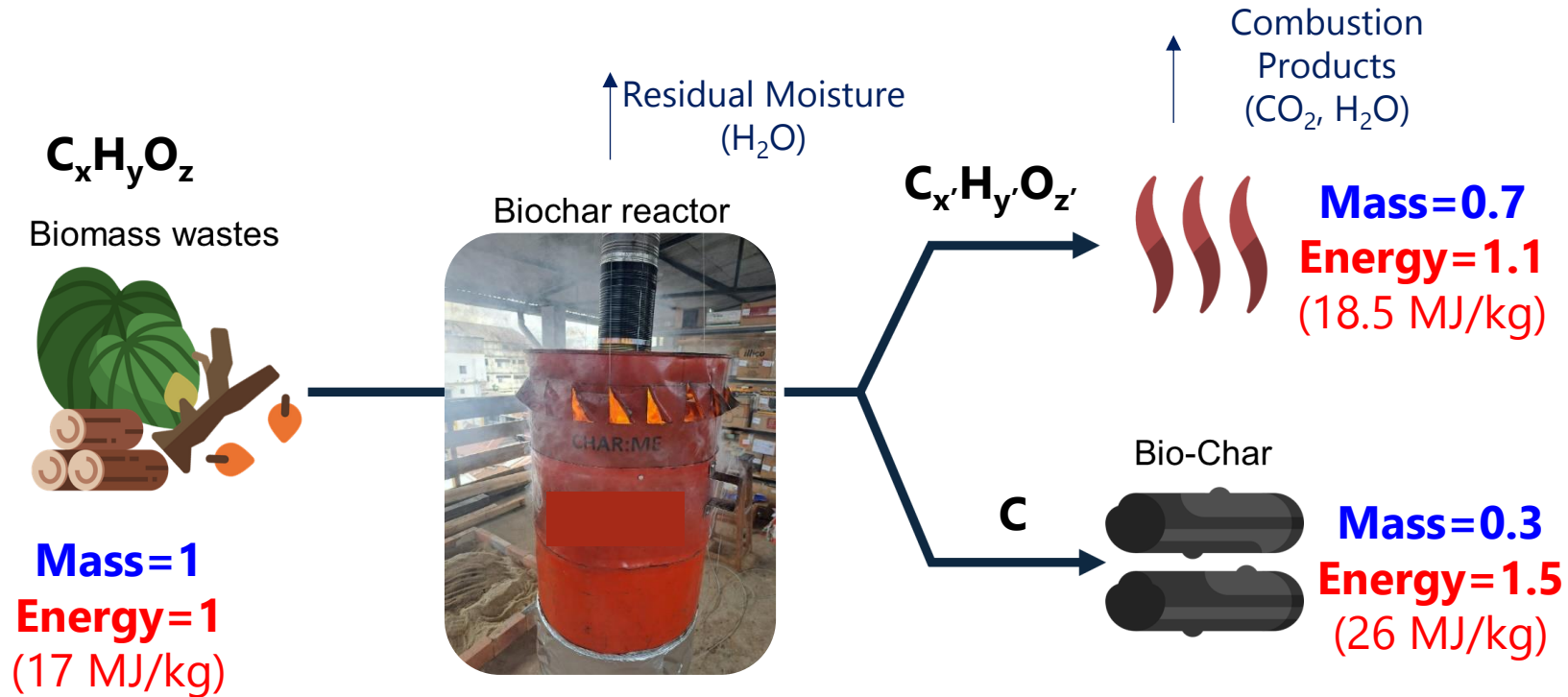


CHAR:ME – Confini del sistema e Unità Funzionale



CHAR:ME – Perché la Pirolisi

Aumento della densità energetica attraverso Pirolisi
lenta



Definizione Obiettivo e Campo di Applicazione



Obiettivo dello studio

Valutare le performance ambientali di CHAR:ME, in relazione a problemi ambientali noti con focus su *Global Warming e Land Use*



Approccio

Ecodesign – Analisi preliminare



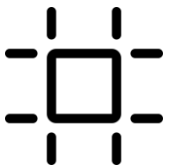
Norme di riferimento

ISO 14040:2006 e ISO 14044:2026



Unità Funzionale

1 MJ prodotto dalla combustione di bricchette
CHAR:ME → 0.036 kg biochar
Traditional → 0.039 kg charcoal



Prospettiva

Cradle to gate



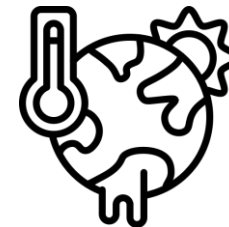
Riferimento Geografico

Nosy-be, Madagascar



Qualità dei dati

Dati primari (CHAR:ME)
Dati secondari (Traditional)



Metodi di valutazione degli impatti

Recipe 2016 Midpoint (H)
Recipe 2016 Endpoint (H)
Land Use Chaudary et al. (2018)



Software e Database

Simapro 9.6.0.1
Ecoinvent 3.10

Inventario

CHAR:ME (Biochar)

UP2.1 Collected Cardboard: Fornitura Cartone

UP2.2 Collected Sawdust: Fornitura Segatura

UP2.3 Collected tapioca: Fornitura Tapioca

UP3 Shredded Cardboard: Triturazione manuale del cartone

UP4.1 Soaked Cardboard and Sawdust: Ammollo

UP4 Mixed Biomass: Miscelazione elettrica biomassa

UP5 Wet Biomass briquettes: Bricchettatura manuale in metallo, acqua

UP 6 Dry biomass briquettes: Essicatura Bricchette in Biomassa

UP7 Pyrolysis: pirolisi in reattore in metallo (10 utilizzi), energia elettrica montaggio reattore

UP8.1 Tapioca Solution: miscelatura soluzione di tapioca

UP8 Biochar mixing: Tapioca (10%), Biochar (90%), Acqua ausiliaria, energia elettrica mix, acque reflue

UP9 Wet Biochar briquettes: bricchettatrice manuale in metallo, acqua

UP10 Dry Biochar briquettes: Essicatura Bricchette Biochar

UP11 Transport service Biochar briquettes : packaging riutilizzabile, trasporto

CARBONE DA LEGNA

UP1 Mangrove Extraction: Taglio Alberi (mangrovia)

UP2 Wood Drying: Essicatura legname

UP3 Charcoal from Mangrove: Carbonizzazione da legname di mangrovia

UP4 Transportation of charcoal: Trasporto del carbone

Valutazione degli Impatti – Midpoint Recipe

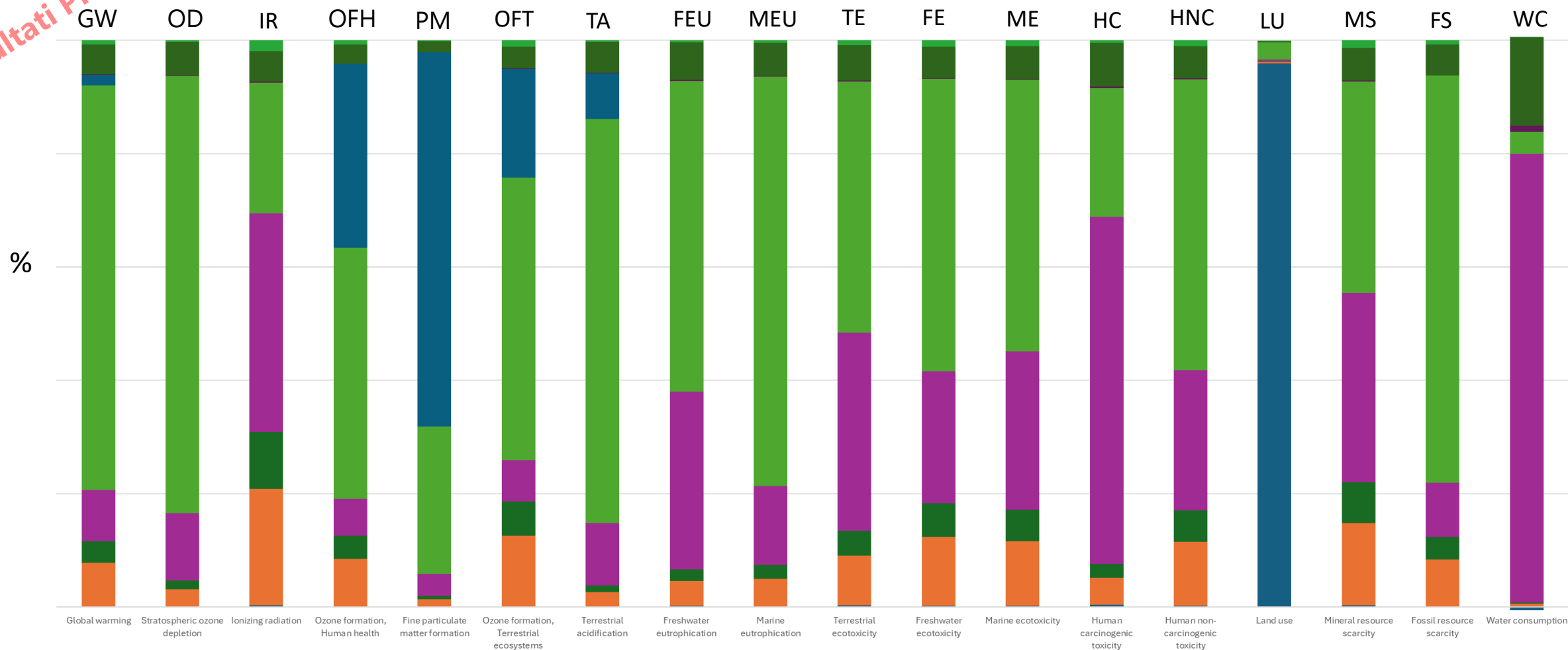
Impact category	Unit	CHAR:ME	Traditional
Global warming - GW	kg CO2 eq	1,14E-02	4,84E-01
Stratospheric ozone depletion - OD	kg CFC11 eq	5,09E-09	3,15E-10
Ionizing radiation - IR	kBq Co-60 eq	7,66E-05	2,68E-05
Ozone formation, Human health - OFH	kg NOx eq	5,89E-05	1,54E-04
Fine particulate matter formation - PM	kg PM2.5 eq	6,34E-05	5,51E-06
Ozone formation, Terrestrial ecosystems - OFT	kg NOx eq	5,39E-05	1,18E-04
Terrestrial acidification - TA	kg SO2 eq	7,06E-05	4,82E-05
Freshwater eutrophication - FEU	kg P eq	3,09E-06	3,55E-07
Marine eutrophication - MEU	kg N eq	3,22E-07	3,14E-08
Terrestrial ecotoxicity – TE	kg 1,4-DCB	8,91E-02	1,38E-02
Freshwater ecotoxicity - FE	kg 1,4-DCB	2,17E-04	5,12E-05
Marine ecotoxicity - ME	kg 1,4-DCB	3,73E-04	8,07E-05
Human carcinogenic toxicity - HC	kg 1,4-DCB	2,40E-03	2,30E-04
Human non-carcinogenic toxicity - HNC	kg 1,4-DCB	6,36E-03	1,45E-03
Land use - LU	m2a crop eq	5,54E-03	1,74E-02
Mineral resource scarcity – MS	kg Cu eq	1,33E-05	3,70E-06
Fossil resource scarcity - FS	kg oil eq	2,88E-03	5,31E-04
Water consumption - WC	m3	3,26E-04	3,52E-06

Impatto Inferiore
tra le due
alternative

Risultati Preliminari

CHAR:ME (Biochar)

Contribution all UP



- UP4 Mixed Biomass
- UP4.1 Soaked Cardboard and Sawdust
- UP2.3 Collected tapioca
- UP2.2 Collected Sawdust
- UP7 Pyrolysis

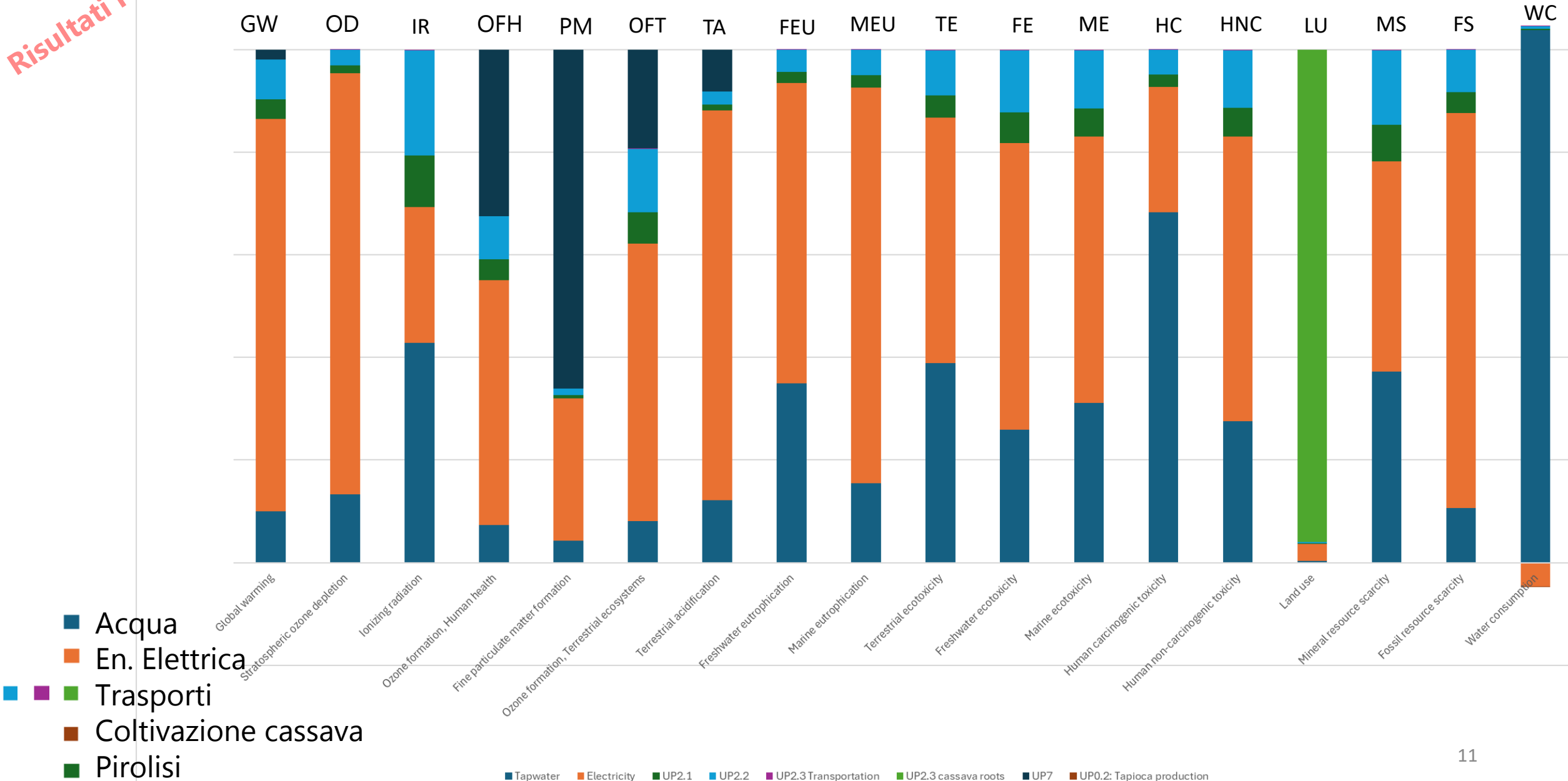
Risultati Preliminari

Contribution of highest impact processes

Recupero acqua
(ammollo)



CHAR:ME (Biochar)

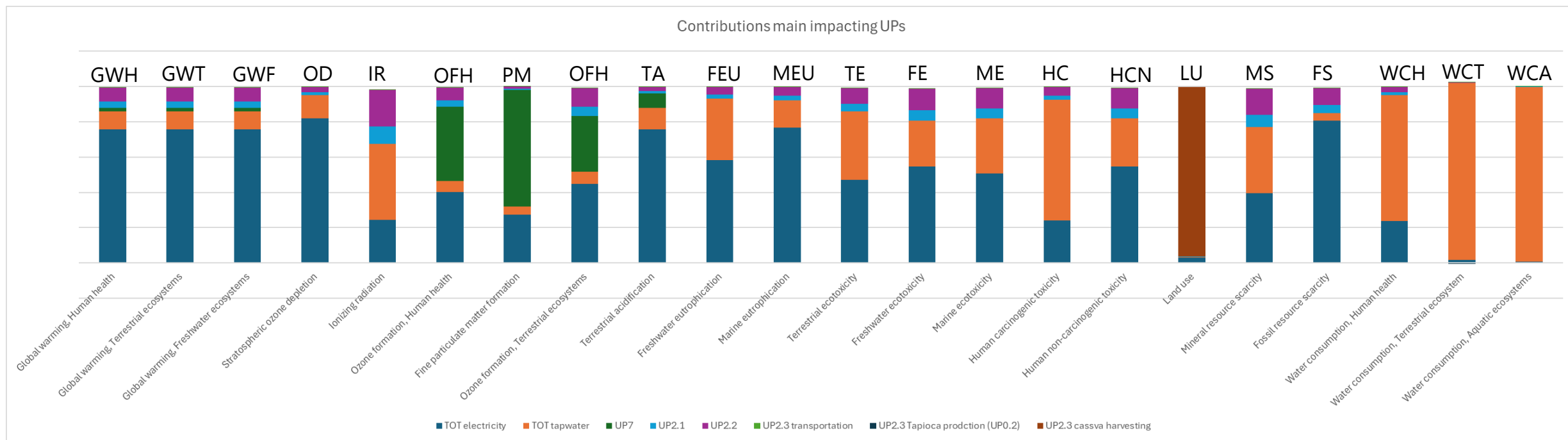


Valutazione degli Impatti – Endpoint Recipe

Impact category	Unit	CHAR:ME	Traditional
Global warming, Human health - GWH	DALY	1,05565E-08	4,49588E-06
Global warming, Terrestrial ecosystems – GWT	species.yr	3,18561E-11	1,35624E-08
Global warming, Freshwater ecosystems - GWF	species.yr	8,70083E-16	3,70468E-13
Stratospheric ozone depletion - OD	DALY	2,70277E-12	1,67298E-12
Ionizing radiation - IR	DALY	6,49561E-13	2,2769E-12
Ozone formation, Human health - OFH	DALY	6,26405E-11	1,98202E-09
Fine particulate matter formation - PM	DALY	3,98788E-08	3,40393E-08
Ozone formation, Terrestrial ecosystems - OFT	species.yr	8,1925E-12	2,39222E-10
Terrestrial acidification - TA	species.yr	1,49656E-11	1,02254E-10
Freshwater eutrophication – FEU	species.yr	2,07072E-12	2,38175E-12
Marine eutrophication - MEU	species.yr	5,46691E-16	5,33502E-16
Terrestrial ecotoxicity - TE	species.yr	1,01576E-12	1,57261E-12
Freshwater ecotoxicity - FE	species.yr	1,50605E-13	3,54477E-13
Marine ecotoxicity - ME	species.yr	3,91615E-14	8,48425E-14
Human carcinogenic toxicity HC	DALY	7,97626E-09	7,6226E-09
Human non-carcinogenic toxicity - HNC	DALY	1,45031E-09	3,30772E-09
Land use - LU	species.yr	4,91648E-11	1,54471E-09
Mineral resource scarcity - MS	USD2013	3,07223E-06	8,55458E-06
Fossil resource scarcity - FS	USD2013	9,74E-04	2,06E-03
Water consumption, Human health – WCH	DALY	7,25145E-11	4,10988E-11
Water consumption, Terrestrial ecosystem – WCT	species.yr	1,09022E-11	3,36973E-13
Water consumption, Aquatic ecosystems- WCA	species.yr	2,11767E-15	4,73866E-17

Impatto Inferiore
tra le due
alternative

Valutazione degli Impatti – Endpoint Recipe



- Energia Elettrica
- Acqua
- Trasporti
- Coltivazione cassava
- Pirolisi

Valutazione degli Impatti – Land Use Chaudary et. Al.

Impact category	Unit	CHAR:ME	Traditional
PSLglo Occupation	PDF.year	1,84E-16	6,44E-19
PSLglo Transformation	PDF.year	1,17E-19	1,02E-14
PSLreg Occupation	PDF.year	7,53E-17	7,36E-18
PSLreg Transformation	PDF.year	1,88E-18	3,50E-15

Indicatori	Occupation	Transformation
Tipologia	Uso prolungato di un'area con impatti continui	Cambiamento immediato di un'area naturale
Temporalità	A lungo termine	Effetto istantaneo
Esempi	Agricoltura , insediamenti urbani	Deforestazione , espansione industriale

Interpretazione dei risultati

- Le prestazioni ambientali per quelli che sono gli hotspot di ecodesign (**Global Warming Land Use**) dimostrano una **riduzione degli impatti** per l'alternativa CHAR:ME
- L'approccio CHAR:ME rispetto all'approccio tradizionale genera degli impatti superiori rispetto ad altre varie categorie di impatto a causa di **impiego di energia elettrica, acqua e tapioca**, non presenti nell'approccio tradizionale
- La pirolisi genera delle emissioni che è importante tenere monitorate

Miglioramenti

- Questi impatti possono essere contenuti e migliorati attraverso impiego di **fonti rinnovabili, efficientamento risorsa acqua**, approcci **agroecologici** nella coltivazione della cassava (da cui deriva la tapioca)
- Attualmente il **calore dissipato** nel processo di pirolisi non viene utilizzato, se venisse impiegato per altri usi, per esempio in **distillerie di Ylang Ylang**, l'efficienza del processo aumenterebbe e gli impatti unitari andrebbero a ridursi.

Miglioramenti



CHAR:ME

Grazie!

Polisocial Award 2022

Progetto finanziato da Polisocial Award 2022 - Politecnico di Milano



Team di lavoro e dipartimenti Politecnico di Milano:

Andrea Turolla | DICA – Resp. Scientifico

Matteo Pelucchi | DCMIC – Project Manager

Renato Casagrandi | DEIB

Mauro Bracconi | DENG

Annalisa Balloi | Technology Transfer Office (TTO)

Andrea Scialabba | DICA

charme-project@polimi.it

