



POLITECNICO
MILANO 1863



Assessment on WAste
and REsources

XII CONVEGNO DI APPROFONDIMENTO
*“VERSO LA NEUTRALITÀ ENERGETICA
Innovazioni e strategie per la riduzione
dell'impronta di carbonio nel trattamento
delle acque reflue”*



Generalità sulla metodologia LCA applicata alla depurazione delle acque reflue

Dott.ssa Camilla Tua, Ing. Irene Crippa,
Proff. Lucia Rigamonti e Mario Grosso

Rovellasca (CO), 18 Ottobre 2024



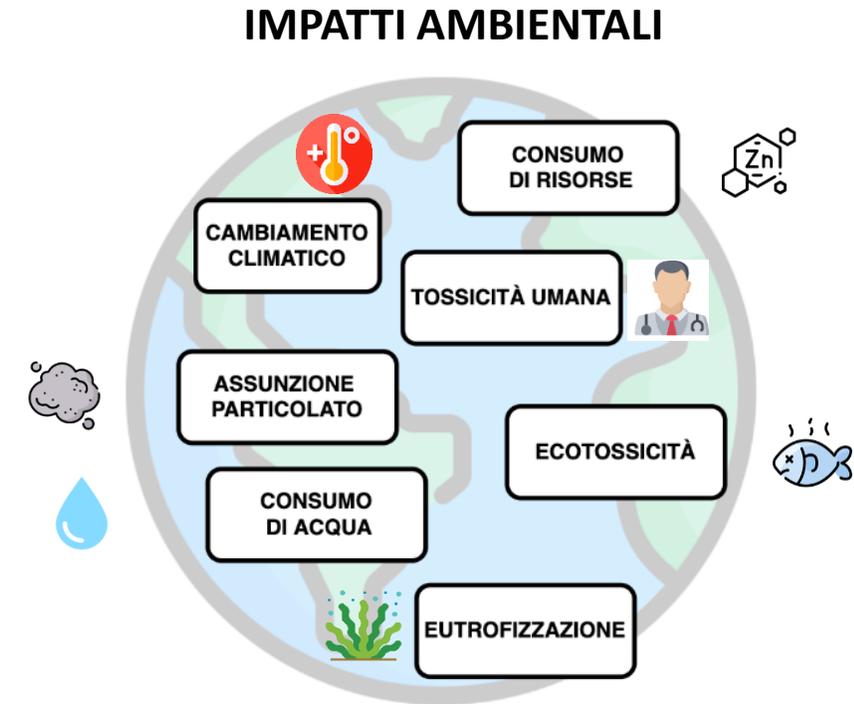
Metodologia Life Cycle Assessment - LCA

“La metodologia **Life Cycle Assessment (LCA)** è uno **strumento** che permette di valutare i **potenziali impatti ambientali** associati al **ciclo di vita** di un **prodotto, processo o servizio**, attraverso l'identificazione e la quantificazione dei consumi di materia, energia ed emissioni nell'ambiente del sistema e di **valutare** delle **opportunità** per **diminuire tali carichi ambientali**”

Society of Environmental Toxicology and Chemistry (1993)



Analisi dal momento in cui si genera il refluo, passando attraverso i processi di trattamento fino a quando il materiale diventa un'emissione in ambiente, un materiale inerte oppure un prodotto utile attraverso un processo di recupero



Metodologia Life Cycle Assessment - LCA

“La metodologia **Life Cycle Assessment (LCA)** è uno **strumento** che permette di valutare i **potenziali impatti ambientali** associati al **ciclo di vita** di un **prodotto, processo o servizio**, attraverso l'identificazione e la quantificazione dei consumi di materia, energia ed emissioni nell'ambiente del sistema e di **valutare** delle **opportunità** per **diminuire tali carichi ambientali**”

Society of Environmental Toxicology and Chemistry (1993)



D.Lgs. n.36/2023 Codice Appalti

(Allegato I.7-art. 11)

Articolo 11.

Relazione di sostenibilita' dell'opera.

1. La relazione di sostenibilita' dell'opera, declinata nei contenuti in ragione della specifica tipologia di intervento infrastrutturale, contiene, in linea generale e salva diversa motivata determinazione del RUP:

....

c) una stima della Carbon Footprint dell'opera in relazione al ciclo di vita e il contributo al raggiungimento degli obiettivi climatici;

d) una stima della valutazione del ciclo di vita dell'opera in ottica di economia circolare, seguendo le metodologie e gli standard internazionali (Life Cycle Assessment - LCA), con particolare riferimento alla definizione e all'utilizzo dei materiali da costruzione ovvero dell'identificazione dei processi che favoriscono il riutilizzo di materia prima e seconda riducendo gli impatti in termini di rifiuti generati;

Struttura della metodologia LCA

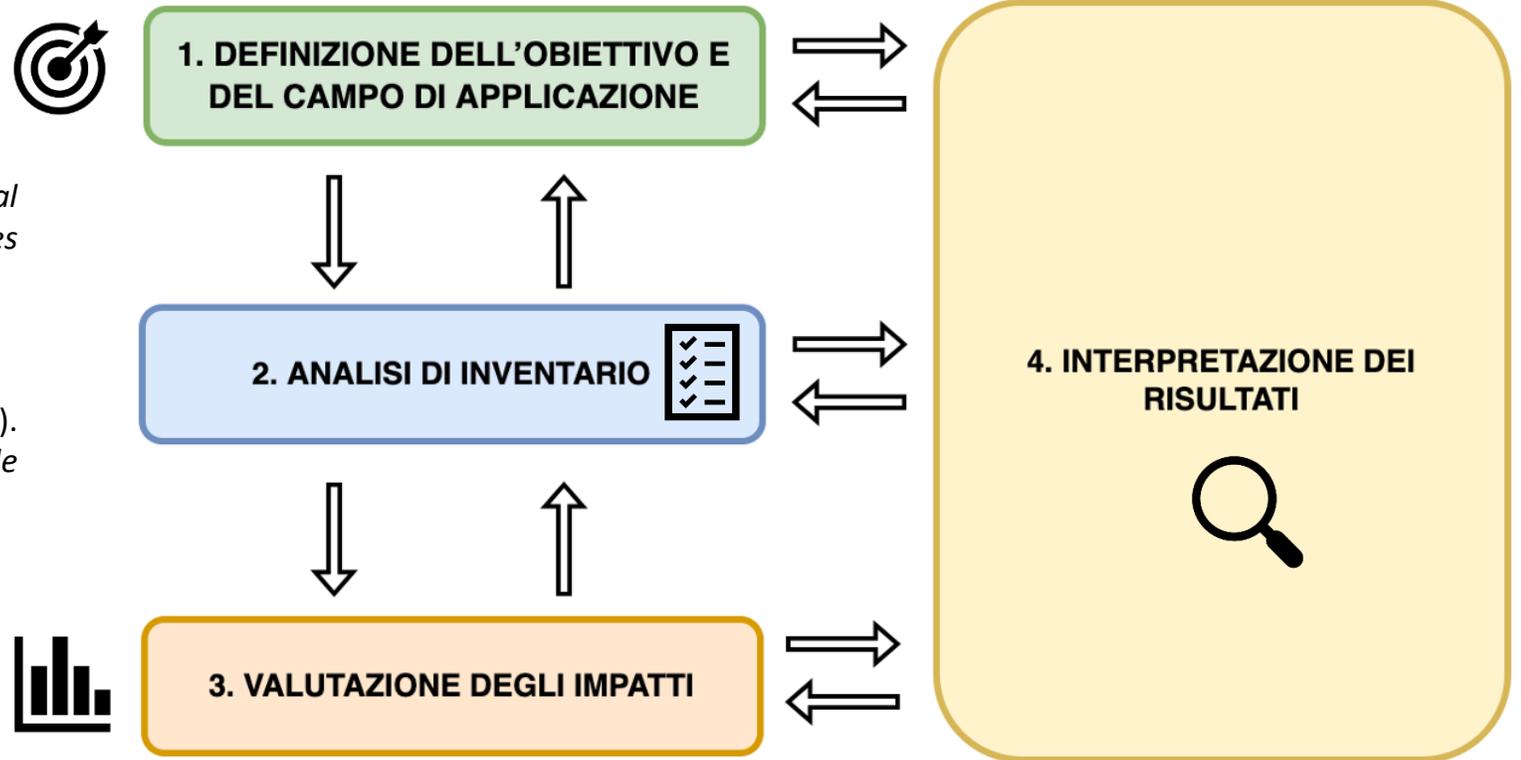
4 fasi: **NON** blocchi separati ma parte di un **PROCESSO ITERATIVO**



UNI EN ISO 14040 (2006, **2020**). *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*



UNI EN ISO 14044 (2006, 2018, **2020**). *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*



Definizione degli obiettivi dello studio



**DEFINIZIONE DELL'OBIETTIVO (a)
E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE (b)**

- a. Stabilire quale sistema si sta studiando, per quale motivo, con quali obiettivi e per chi si sta effettuando l'analisi
- b. Descrivere il sistema in analisi e definire: unità funzionale, confine, effetti ambientali considerati (categorie di impatto), metodologia di valutazione degli impatti e requisiti sulla qualità dei dati

**CON QUALI OBIETTIVI SONO
SOLITAMENTE SVOLTE LE ANALISI
LCA LEGATE AL SETTORE DELLA
DEPURAZIONE DELLE ACQUE
REFLUE?**



- Identificare le fasi di maggior impatto per uno specifico processo di depurazione e conseguentemente formulare possibili strategie di miglioramento ambientale
- Confrontare schemi di trattamento alternativi
- Verificare la reale convenienza ambientale di scenari di trattamento innovativi rispetto al trattamento convenzionale (scenario *as it is*)
- Applicazione dell'LCA ad aspetti connessi alla depurazione delle acque reflue (es. la gestione dei fanghi di depurazione)

Definizione degli obiettivi dello studio



DEFINIZIONE DELL'OBIETTIVO (a)
E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE (b)

- a. Stabilire quale sistema si sta studiando, per quale motivo, con quali obiettivi e per chi si sta effettuando l'analisi
- b. Descrivere il sistema in analisi e definire: unità funzionale, confine, effetti ambientali considerati (categorie di impatto), metodologia di valutazione degli impatti e requisiti sulla qualità dei dati

CON QUALI OBIETTIVI SONO
SOLITAMENTE SVOLTE LE ANALISI
LCA LEGATE AL SETTORE DELLA
DEPURAZIONE DELLE ACQUE
REFLUE?



- Identificare le fasi di maggior impatto per uno specifico processo di depurazione e conseguentemente formulare possibili strategie di miglioramento ambientale
- Confrontare schemi di trattamento alternativi
- **Verificare la reale convenienza ambientale di scenari di trattamento innovativi rispetto al trattamento convenzionale (scenario *as it is*)**
- Applicazione dell'LCA ad aspetti connessi alla depurazione delle acque reflue (es. la gestione dei fanghi di depurazione)

Definizione degli obiettivi dello studio



Verificare la reale convenienza ambientale di scenari di trattamento innovativi rispetto al trattamento convenzionale (scenario *as it is*)

Un trattamento innovativo comporta sicuramente dei benefici ambientali (es. migliore qualità dello scarico nell'effluente o migliore gestione dei residui di processo) ma contemporaneamente implica anche dei carichi ambientali associati per esempio al consumo di energia e di reagenti. Il trattamento è davvero vantaggioso da un punto di vista ambientale rispetto alla situazione di trattamento attuale?

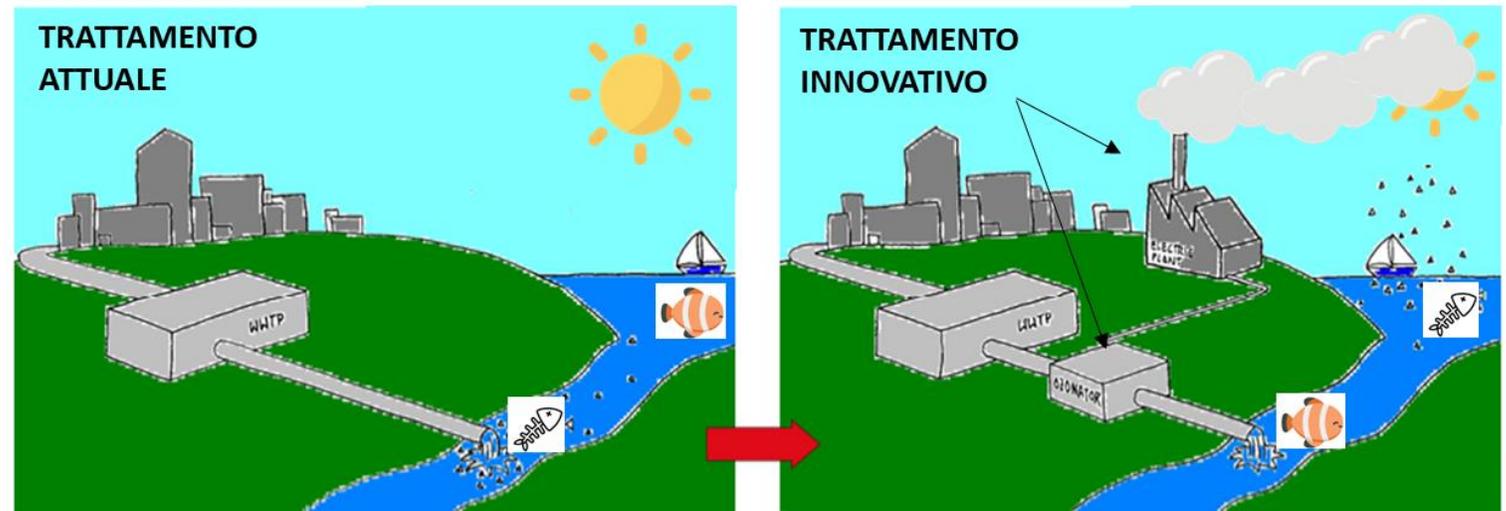


Immagine tratta da: Larsen & Haushild (2008)



Definizione degli obiettivi dello studio

Verificare la reale convenienza ambientale di scenari di trattamento innovativi rispetto al trattamento convenzionale (scenario *as it is*)



Impianto di **DEPURAZIONE** delle acque reflue **TRADIZIONALE**

VS



+



Impianto di **DEPURAZIONE TRADIZIONALE ACCOPPIATO** con **COLTIVAZIONE MICROALGALE**

Integrazione con la coltivazione algale



Benefici



Carichi aggiuntivi

Costruzione del bacino algale



Variazione emissioni in atmosfera



Emissioni dal bacino di coltivazione



CO₂ adoperata dalla biomassa algale

Variazione consumi elettrici



Miscelazione della biomassa tramite mulino a pale



Consumi della linea acque



Consumi della linea fanghi

Maggiore produzione di biometano



Algae sottoposte a digestione anaerobica

Riduzione emissioni di metalli pesanti nel corpo ricettore



Adsorbimento algale



Journal of Environmental Management
Volume 279, 1 February 2021, 111605



Research article

Integration of a side-stream microalgae process into a municipal wastewater treatment plant: A life cycle analysis

Camilla Tuo^a, Elena Ficora^a, Valeria Mezzanotte^b, Lucia Rigamonti^b

Home > Waste and Biomass Valorization > Article

Life Cycle Assessment of Microalgal Biomass Valorization from a Wastewater Treatment Process

Original Paper | Open access | Published: 28 August 2024
(2024) Cite this article

Download PDF You have full access to this open access article

Irene Crippa, Giovanni Dolci, Mario Grosso & Lucia Rigamonti

L'INTEGRAZIONE è davvero **VANTAGGIOSA** da un punto di vista **AMBIENTALE** rispetto alla situazione attuale?

Definizione degli obiettivi dello studio



**DEFINIZIONE DELL'OBIETTIVO (a)
E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE (b)**

- a. Stabilire quale sistema si sta studiando, per quale motivo, con quali obiettivi e per chi si sta effettuando l'analisi
- b. Descrivere il sistema in analisi e definire: unità funzionale, confine, effetti ambientali considerati (categorie di impatto), metodologia di valutazione degli impatti e requisiti sulla qualità dei dati

**CON QUALI OBIETTIVI SONO
SOLITAMENTE SVOLTE LE ANALISI
LCA LEGATE AL SETTORE DELLA
DEPURAZIONE DELLE ACQUE
REFLUE?**

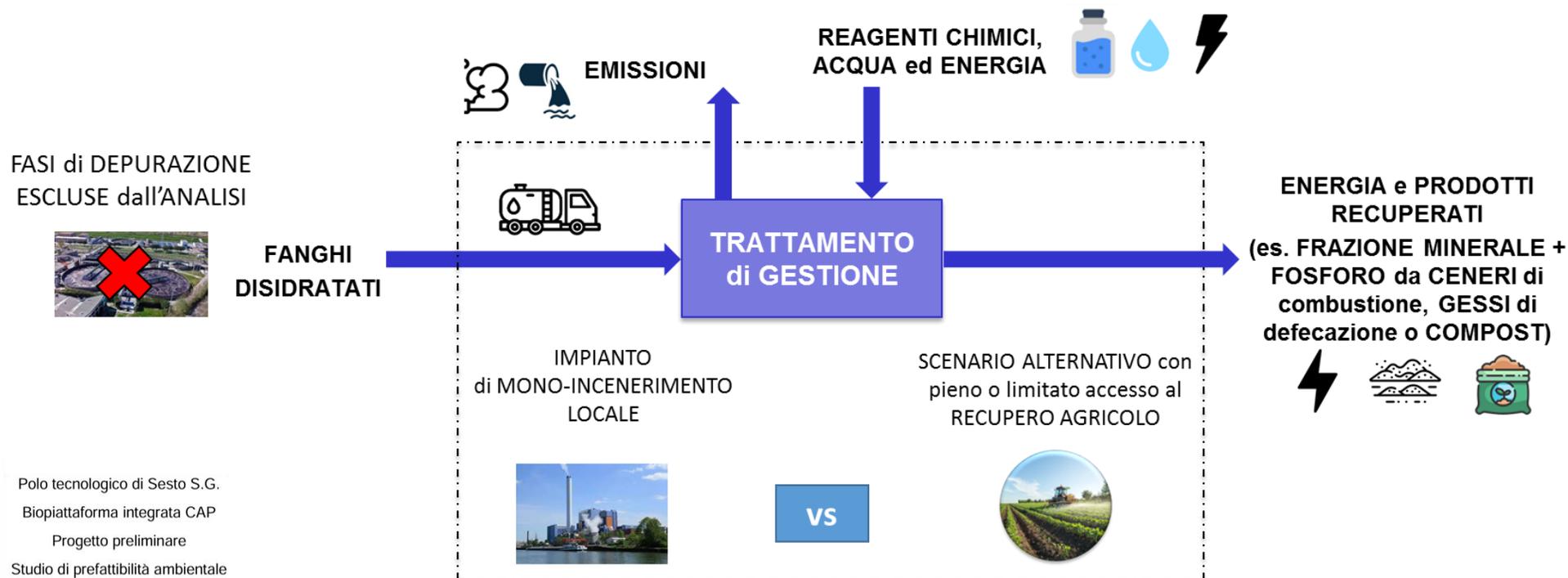


- Identificare le fasi di maggior impatto per uno specifico processo di depurazione e conseguentemente formulare possibili strategie di miglioramento ambientale
- Confrontare schemi di trattamento alternativi
- Verificare la reale convenienza ambientale di scenari di trattamento innovativi rispetto al trattamento convenzionale (scenario *as it is*)
- **Applicazione dell'LCA ad aspetti connessi alla depurazione delle acque reflue (es. la gestione dei fanghi di depurazione)**

Definizione degli obiettivi dello studio



Applicazione dell'LCA ad aspetti connessi alla depurazione delle acque reflue (es. la gestione dei fanghi di depurazione - EER 190805)



Polo tecnologico di Sesto S.G.
Biopiattoforma integrata CAP
Progetto preliminare
Studio di prefattibilità ambientale
CAPITOLO 3 - ANALISI LCA

Definizione dell'unità funzionale

COS'È L'UNITÀ FUNZIONALE (UF)

- Quantifica la funzione del sistema assunta come rappresentativa
- Rappresenta l'unità di misura rispetto a cui formulare l'inventario (input e output del sistema) e quantificare i relativi impatti ambientali

**QUALE UNITÀ FUNZIONALE
ADOTTARE PER UNO STUDIO LCA
SUL TRATTAMENTO DELLE ACQUE
REFLUE?**

È bene definire un'unità funzionale capace di considerare sia la quantità che la qualità del refluo

COSA? *La depurazione di un refluo attraverso un determinato processo/schema di trattamento depurativo*

QUANTO E QUALE? *Indicare un volume di refluo rappresentativo (in ingresso o in uscita dal trattamento) e le relative caratteristiche in termini inquinanti*

IN CHE MODO? *Indicare l'efficienza di depurazione del trattamento in relazione agli inquinanti coinvolti nell'analisi*

PER QUANTO TEMPO? *Indicare il tempo di vita operativo dell'impianto o della tecnologia di trattamento analizzata → alcune infrastrutture vanno incontro a deterioramento nell'arco della vita operativa e subiscono sostituzioni periodiche*

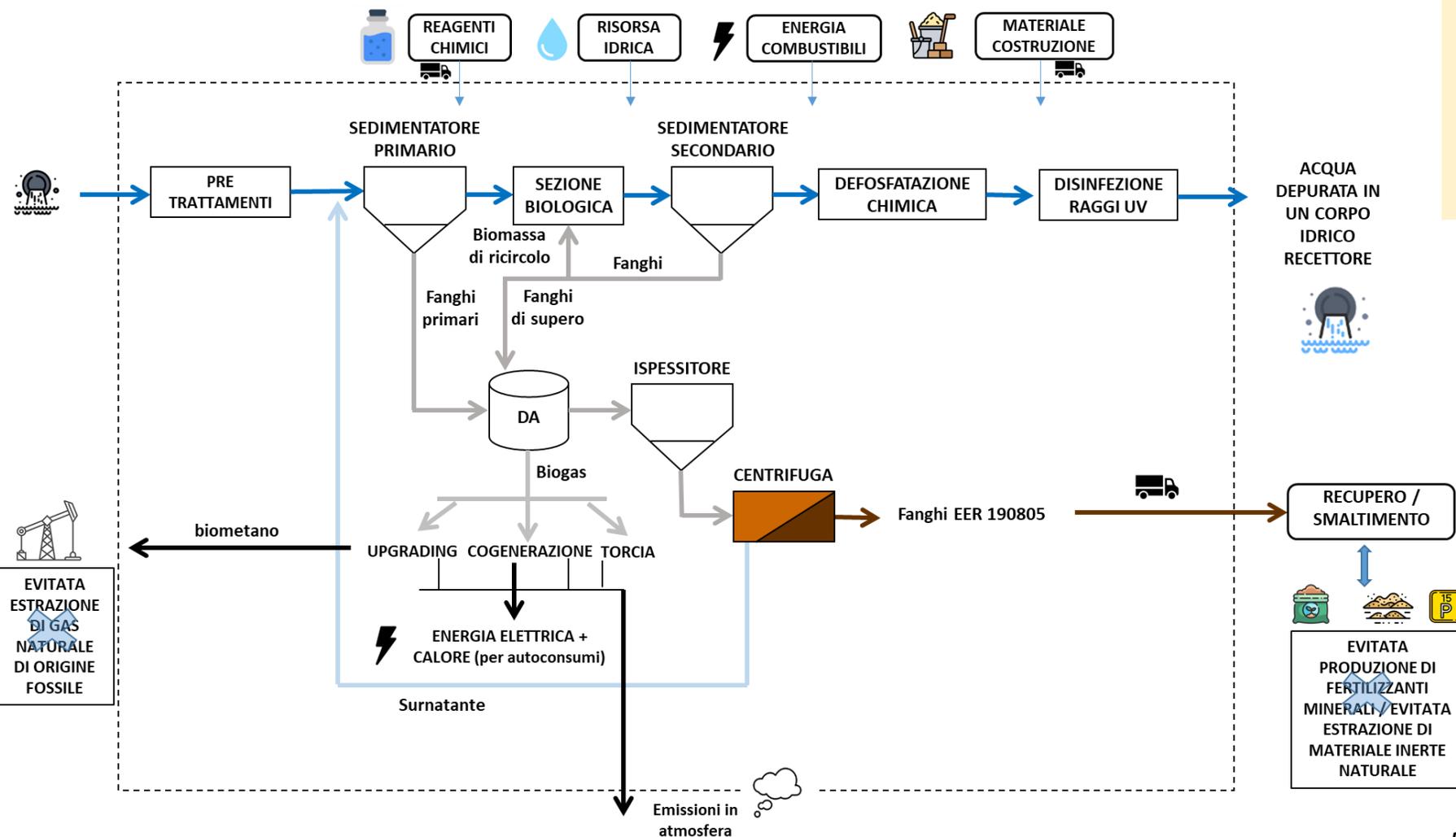


Il confronto tra schemi di trattamento alternativi deve essere svolto sulla base della stessa unità funzionale

Definizione del confine del sistema

QUALI UNITÁ DI PROCESSO INCLUDERE NELLA VALUTAZIONE?

- La **DEFINIZIONE** del **CONFINE** del **SISTEMA** è strettamente **LEGATA** agli **OBIETTIVI** dell'analisi LCA
- In un' **ANALISI COMPARATIVA** è possibile includere le **SOLE UNITÁ di PROCESSO** che **SUBISCONO** effettivamente delle **MODIFICHE** tra gli **SCENARI** posti a confronto

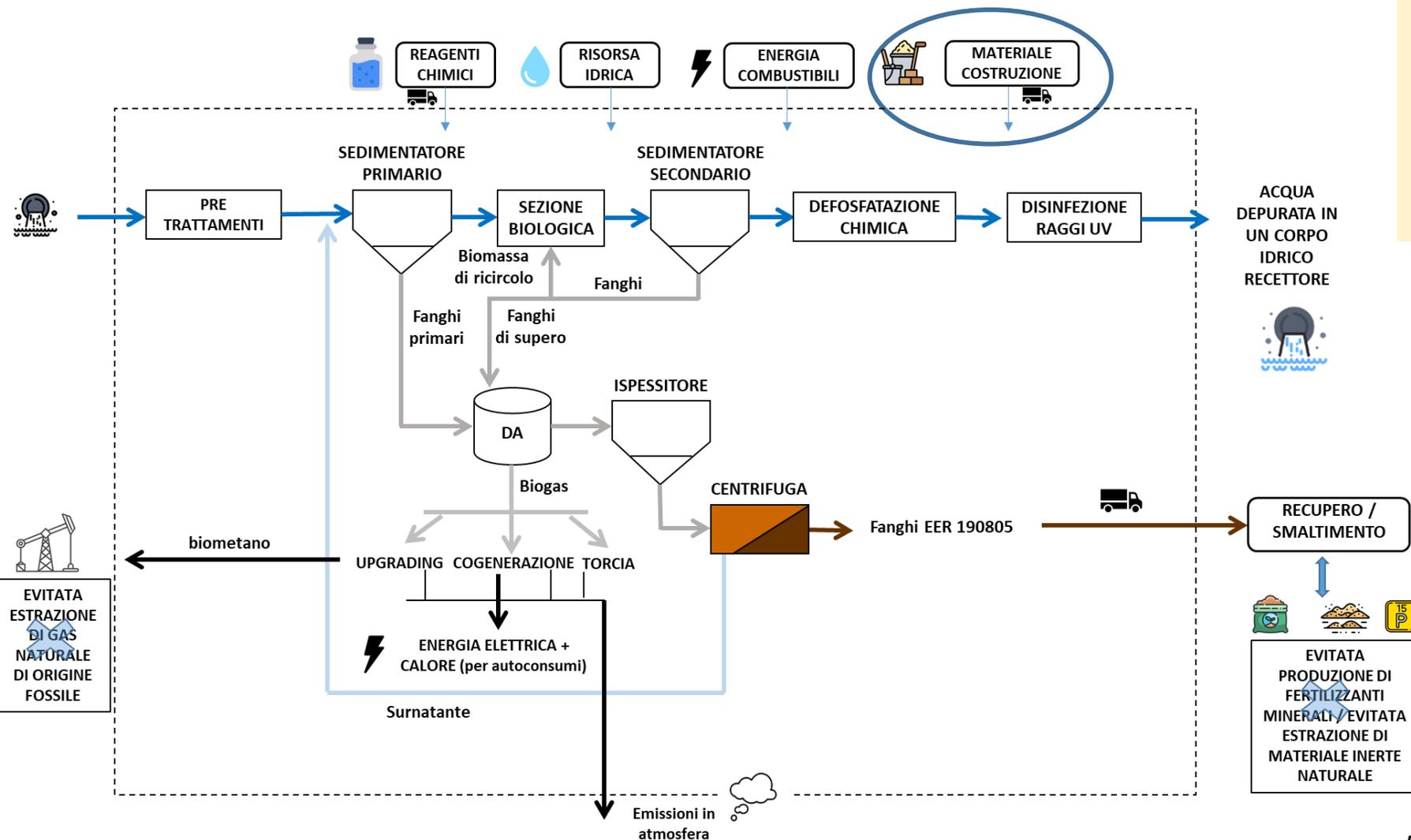


Esempio di schema di confine del sistema per un processo di depurazione convenzionale

Definizione del confine del sistema

QUALI UNITÁ DI PROCESSO INCLUDERE NELLA VALUTAZIONE?

- La **DEFINIZIONE** del **CONFINE** del **SISTEMA** è strettamente **LEGATA** agli **OBIETTIVI** dell'analisi LCA
- In un' **ANALISI COMPARATIVA** è possibile includere le **SOLE UNITÁ di PROCESSO** che **SUBISCONO** effettivamente delle **MODIFICHE** tra gli **SCENARI** posti a confronto



Esempio di schema di confine del sistema per un processo di depurazione convenzionale

Confine del sistema - fase di realizzazione

La **FASE di REALIZZAZIONE** delle infrastrutture spesso non viene inclusa in quanto:

- si ritiene che il **CONTRIBUTO** sia **TRASCURABILE** in termini di **IMPATTO** se paragonato a quello della fase operativa (soprattutto in una prospettiva di vita di impianto lunga)
- **CARENZA** di **DATI PRIMARI** per la modellizzazione

MA !

- l'**IMPATTO** è **SIGNIFICATIVO** per **ALCUNE TECNOLOGIE** (es. **FITODEPURAZIONE** o **FILTRAZIONE** su **SABBIA**) e per specifiche **CATEGORIE** di **IMPATTO** (es. **USO** del **SUOLO** e **USO** di risorse, **MINERALI** e **METALLI**)
- Si **RACCOMANDA** di **INCLUDERLA** se si **COMPARA** uno **SCENARIO TRADIZIONALE** con un nuovo **SCENARIO** di **TRATTAMENTO** che prevede la **REALIZZAZIONE** di **INFRASTRUTTURE ex NOVO**



D.Lgs. n.36/2023
Codice Appalti

(Allegato I.7-art. 11)

Relazione di sostenibilita' dell'opera.

d) una stima della valutazione del ciclo di vita dell'opera in ottica di economia circolare, seguendo le metodologie e gli standard internazionali (Life Cycle Assessment - LCA), con particolare riferimento alla definizione e all'utilizzo dei materiali da costruzione ovvero dell'identificazione dei processi che favoriscono il riutilizzo di materia prima e seconda riducendo gli impatti in termini di rifiuti generati;

A volte si effettuano analisi preliminari sulla sola fase di realizzazione di una determinata infrastruttura per valutare quale materiale/tecnica costruttiva sia ambientalmente migliore

Confine del sistema - fase di realizzazione

La **FASE di REALIZZAZIONE** delle infrastrutture spesso non viene inclusa in quanto:

- si ritiene che il **CONTRIBUTO** sia **TRASCURABILE** in termini di **IMPATTO** se paragonato a quello della fase operativa (soprattutto in una prospettiva di vita di impianto lunga)
- **CARENZA** di **DATI PRIMARI** per la modellizzazione

MA !

- l'**IMPATTO** è **SIGNIFICATIVO** per **ALCUNE TECNOLOGIE** (es. **FITODEPURAZIONE** o **FILTRAZIONE** su **SABBIA**) e per specifiche **CATEGORIE** di **IMPATTO** (es. **USO** del **SUOLO** e **USO** di risorse, **MINERALI** e **METALLI**)
- Si **RACCOMANDA** di **INCLUDERLA** se si **COMPARA** uno **SCENARIO TRADIZIONALE** con un nuovo **SCENARIO** di **TRATTAMENTO** che prevede la **REALIZZAZIONE** di **INFRASTRUTTURE ex NOVO**

D.Lgs. n.36/2023
Codice Appalti

(Allegato I.7-art. 11)

Relazione di sostenibilita' dell'opera.

d) una stima della valutazione del ciclo di vita dell'opera in ottica di economia circolare, seguendo le metodologie e gli standard internazionali (Life Cycle Assessment - LCA), con particolare riferimento alla definizione e all'utilizzo dei materiali da costruzione ovvero dell'identificazione dei processi che favoriscono il riutilizzo di materia prima e seconda riducendo gli impatti in termini di rifiuti generati;



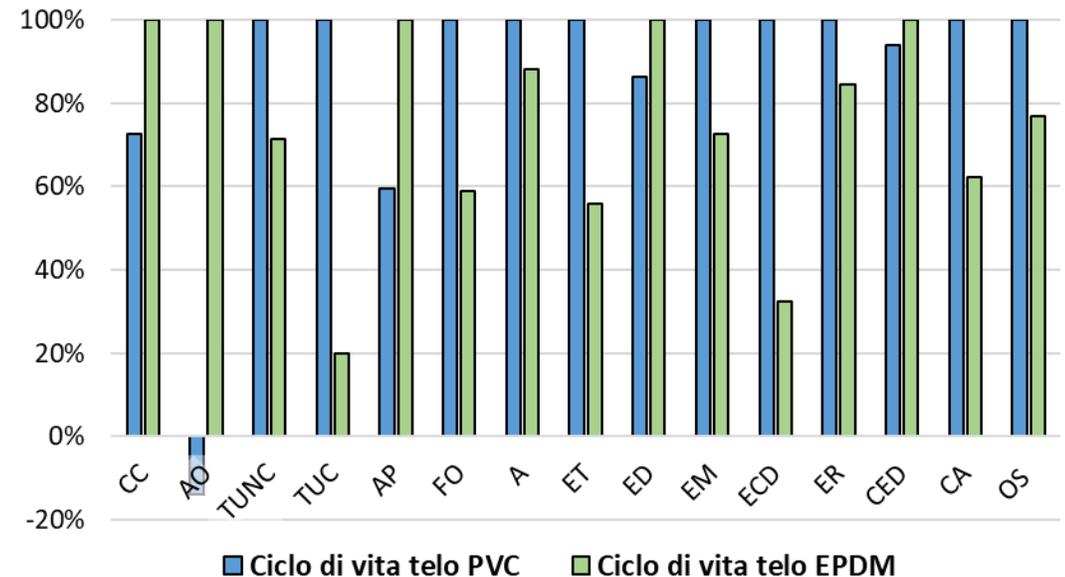
Journal of Environmental Management
Volume 279, 1 February 2021, 111605



Research article

Integration of a side-stream microalgae process into a municipal wastewater treatment plant: A life cycle analysis

Camilla Tua [✉], Elena Ficara [✉], Valeria Mezzanotte [✉], Lucia Rigamonti [✉]



- **Telo in gomma EPDM migliore per 10 indicatori**
- **Telo in PVC migliore per 5 indicatori**

Categorie di impatto ambientale selezionabili



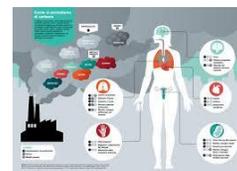
- Per comprendere a pieno il potenziale impatto ambientale di un determinato sistema, è fortemente consigliato di **CONSIDERARE UNO SPETTRO AMPIO di CATEGORIE** con effetti sull'**AMBIENTE**, sulla **SALUTE UMANA** e sul **CONSUMO DI RISORSE**
- Per il calcolo degli impatti, la commissione Europea al momento raccomanda l'uso del **METODO *Environmental Footprint* (EF)**

16 CATEGORIE DI IMPATTO CON INDICATORE MIDPOINT

AMBIENTE



SALUTE UMANA



CONSUMO DI RISORSE



- Cambiamenti climatici (kg CO₂ eq.)
- Riduzione dello strato di ozono (kg CFC-11 eq.)
- Formazione di ozono fotochimico (kg COVNM eq.)
- Acidificazione (moli H⁺ eq.)
- Eutrofizzazione delle acque dolci (kg P eq.)
- Eutrofizzazione marina (kg N eq.)
- Eutrofizzazione terrestre (moli N eq.)
- Ecotossicità delle acque dolci (CTUe)

- Radiazione ionizzante, salute umana (kBq U²³⁵ eq.)
- Particolato (incidenza delle malattie)
- Tossicità per gli esseri umani, effetti non cancerogeni (CTUh)
- Tossicità per gli esseri umani, effetti cancerogeni (CTUh)

- Uso del suolo (Pt)
- Uso d'acqua (m³ di acqua)
- Uso di risorse energetiche fossili (MJ)
- Uso di risorse, minerali e metalli (kg Sb eq.)

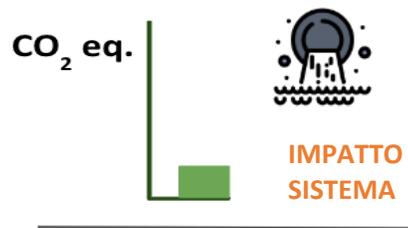
RIFERIMENTI

- Raccomandazione Europea [2021/2279](#)
- Fazio et al. (2018): [qui](#)
- Andreasi Bassi et al. (2023): [qui](#)

Punteggio ambientale aggregato

A partire dal valore degli indicatori di impatto dopo la fase di caratterizzazione, è possibile calcolare un **PUNTEGGIO AMBIENTALE AGGREGATO** del **SISTEMA** da poter associare ad altri indici di natura tecnica, economica e sociale riconducibili al processo di trattamento

CAMBIAMENTO CLIMATICO



NORMALIZZAZIONE

Per ciascuna categoria, gli impatti del sistema analizzato sono divisi per un valore di impatto di riferimento



IMPATTO PRO-CAPITE ASSOCIATO ALLE ATTIVITA' PRODUTTIVE E DI CONSUMO SU SCALA GLOBALE



PESATURA

Attribuzione di un peso a ciascuna categoria di impatto sulla base di indicazioni di cittadini, esperti LCA, letteratura ...

CAMBIAMENTO CLIMATICO

USO DEL SUOLO



ACIDIFICAZIONE
CONSUMO DELLE RISORSE

- Operazioni **OPZIONALI** secondo le **NORME ISO** di riferimento
- **DISPONIBILI** ora **FATTORI** di **NORMALIZZAZIONE** e **PESATURA** **RACCOMANDATI** dalla **COMMISSIONE EUROPEA** (metodo EF)
- L'impatto ambientale aggregato non può essere pubblicato senza indicare i valori di impatto dopo la fase di caratterizzazione (anche solo in allegato)

RIFERIMENTI

Crenna et al. (2019): [qui](#)

Sala et al. (2018): [qui](#)

Fase di inventario

2. ANALISI DI INVENTARIO



- **FASE** in cui si **INDIVIDUANO** e **QUANTIFICANO** (in riferimento all'**UNITÁ FUNZIONALE**) tutti i **FLUSSI** di **INPUT** e di **OUTPUT CONNESSI** al **TRATTAMENTO**, costruendo un diagramma di flusso il più fedele possibile alla realtà
- **RICOSTRUZIONE** dell'**INVENTARIO** possibilmente a partire da **DATI PRIMARI** (inerenti il sistema realmente studiato) **COMPLETATI** con dati da **LETTERATURA** e **BANCHE DATI (DATI SECONDARI)**

ESEMPIO di INVENTARIO

Parameter		Value	Unit
<i>Wastewater line</i>			
	Wastewater	20,776	m ³
Matter input	Reagents	PAX coagulant for physico-chemical (tertiary)	469 kg
	and additional products	New sand for physico-chemical (tertiary)	61 kg
		Reused sand for physico-chemical (tertiary)	-
		Anionic flocculant for physico-chemical (tertiary)	11 kg
		Sodium hypochlorite for disinfection (tertiary)	288 kg
Energy input	Purchased electricity	3,286	kWh
	Cogenerated electricity	2,997	kWh
Products	Secondary effluent	14,677	m ³
	Tertiary effluent	5,998	m ³
	Effluent from osmosis	101	m ³
Wastes	Primary sludge	105	m ³
	Secondary sludge	204	m ³
	Sand	191	kg
	Fat	0	kg
	Solid wastes	469	kg
	Dirty sand from physico-chemical (tertiary)	61	kg
Air emissions	CO ₂	1,550	kg CO ₂
	VOC, N ₂ O, NH ₃	-	
<i>Sludge line</i>			
Matter input	Sludge	310	m ³
	Drinking water for heat exchangers	-	
	Clean oil for the boiler	0	l
Energy input	Reagents (polyelectrolyte)	24	kg
	Purchased electricity	2,788	kWh
Other inputs	Cogenerated electricity	2,542	kWh
	Natural gas	1,121	Nm ³
Products	Dewatered sludge	3	m ³
	Dried sludge	3	m ³
Produced electricity		5,539	kWh
Other outputs	Water from heat exchangers	-	
Wastes	Wastewater	-	
	Waste oil from de boilers	0	l
Air emissions	CO ₂	1,315	kg CO ₂
	CH ₄	-	

Ferrer e Bravo (2011). *Life Cycle Assessment of an intensive sewage treatment plant in Barcelona (Spain) with focus on energy aspects*. Water Science & Technologies, 64(2)

Fase di inventario



Quali **DATI** di **INVENTARIO PRIMARI** sono **COMUNEMENTE RICHIESTI** a chi commissiona un'analisi **LCA**?



**FASE di
COSTRUZIONE**



**FASE di
OPERATIVITA'**



Esempio di richieste tramite questionario

Richiesta di materiali da costruzione (es. cemento, calcestruzzo) e durata dell'infrastruttura

Mezzi di cantiere: tipologia e ore di funzionamento stimabili per le operazioni di cantiere

Produzione di rifiuti (principalmente rifiuti da rocce e terre da scavo). Indicarne il volume e le modalità di gestione (es. riutilizzo in sito, avvio a discarica o a un impianto di riciclo esterno al sito)

Occupazione di suolo: area occupata e tipologia di destino prima della trasformazione (es. area industriale / agricola / urbana)

....

Consumo e tipologia di reagenti chimici (formulazione da scheda tecnica)

Consumo di risorsa idrica e origine (es. prelievo da pozzo, da acquedotto)

Consumo di combustibile e tipologia di combustione (fissa/mobile)

Composizione biogas e modalità di recupero/smaltimento

Consumi di energia elettrica (reali da bolletta o stimati a partire dalla potenza assorbita e dalle ore di funzionamento dei diversi macchinari coinvolti), modalità di produzione (es. da rete, da impianto fotovoltaico, da biogas)

Quantità di fanghi prodotta, analisi chimico-fisiche e destinazione finale

Quantità, tipologia e destino di altri rifiuti solidi generati

Quantità di acqua riversata nel corpo recettore e caratteristiche qualitative

....

Fase di inventario



Non sempre è possibile avere tutti i dati primari a disposizione
(soprattutto in fase di progettazione di nuovi schemi di trattamento)

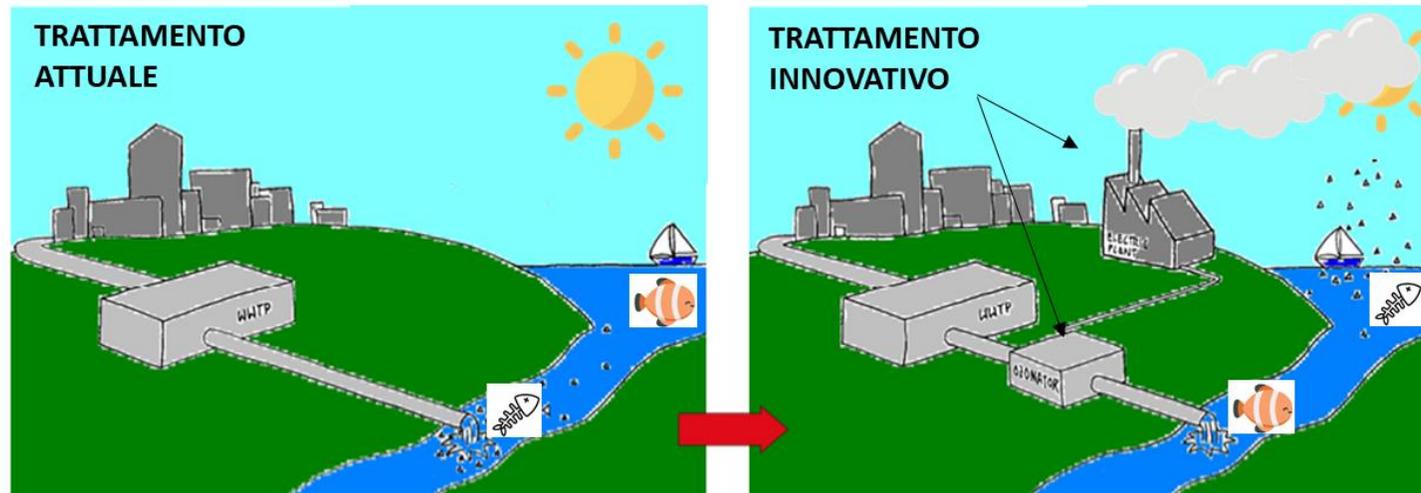


Immagine tratta da: Larsen & Haushild (2008)

- Dati primari acquisibili in accordo con la gestione attuale
- Ipotesi / assunzioni concordate con il Committente
- Modellizzazione secondo un approccio **cautelativo** (definizione dello **scenario peggiore** in termini di **consumi/emissioni per la fase operativa** e di **modalità di svolgimento del cantiere** per la fase costruttiva)

Tipologia di risultati ottenibili e sviluppi futuri



In accordo con gli obiettivi dello studio LCA, nella fase di interpretazione dei risultati è possibile:

- individuare processi/fasi più impattanti del sistema studiato e conseguentemente formulare delle strategie di miglioramento

LCA as a Decision Support Tool for the Environmental Improvement of the Operation of a Municipal Wastewater Treatment Plant

JORGELINA C. PASQUALINO,[†]
MONTSE MENESES,[†]
MONTserrat ABELLA,[‡] AND
FRANCESC CASTELLS^{*†}

ANALISI DEI CONTRIBUTI

impact category	water line		sludge line		services		IMPATTO TOTALE
	value	%	value	%	value	%	
AP (kg SO2-Eq)	1.58×10^{-3}	93.60	-1.03×10^{-7}	0.01	1.08×10^{-4}	6.40	1.69×10^{-3}
GWP (kg CO2-Eq)	1.76×10^{-1}	67.72	-7.04×10^{-2}	27.09	1.35×10^{-2}	5.19	1.19×10^{-1}
EP (kg PO4-Eq)	8.92×10^{-5}	6.47	1.28×10^{-3}	92.91	8.50×10^{-6}	0.62	1.37×10^{-3}
PHO (kg formed ozone)	8.88×10^{-6}	47.03	7.33×10^{-6}	38.82	2.67×10^{-6}	14.14	1.89×10^{-5}
DAR (kg antimony-Eq)	1.28×10^{-3}	71.43	4.12×10^{-4}	22.99	1.00×10^{-4}	5.58	1.79×10^{-3}
ODP (kg CFC-11-Eq)	9.60×10^{-9}	19.91	3.77×10^{-8}	78.17	9.26×10^{-10}	1.92	4.82×10^{-8}
ETP (kg 1,4-DCB-Eq)	2.06×10^{-1}	34.08	3.82×10^{-1}	63.20	1.64×10^{-2}	2.71	6.05×10^{-1}

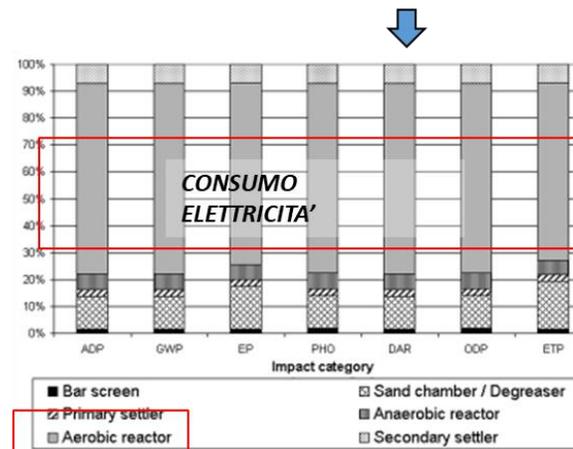


FIGURE 1. Comparison of impact factors for the operation stages of the water line.

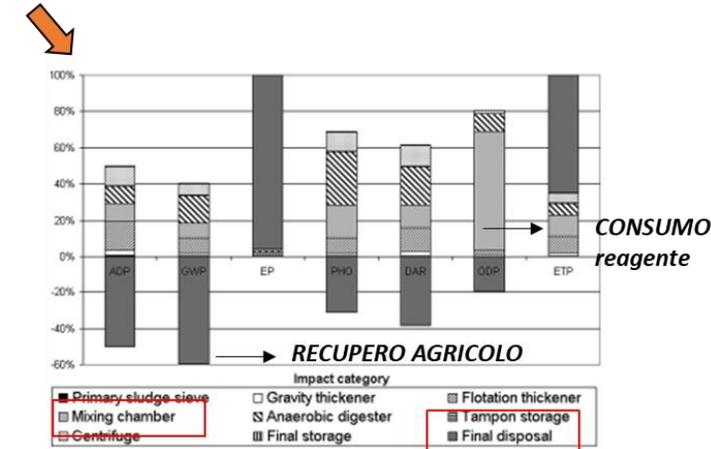


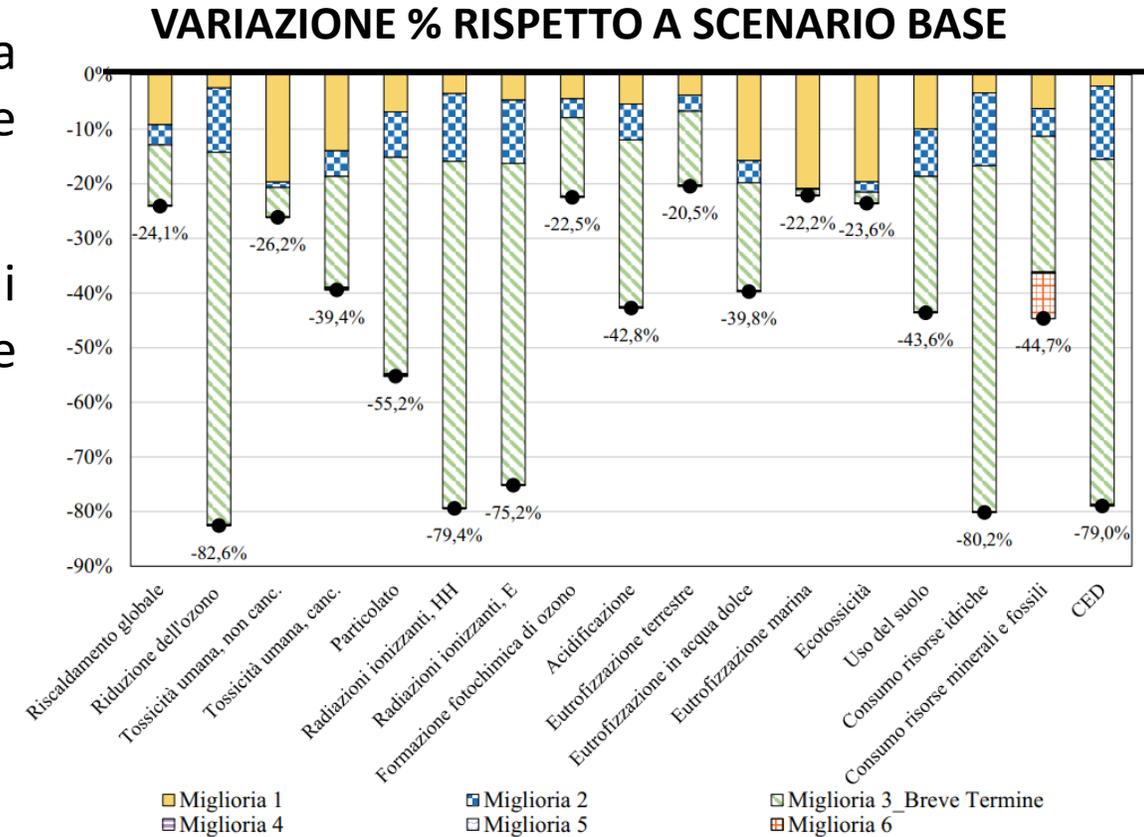
FIGURE 2. Comparison of impact factors for the operation stages of the sludge line.

Tipologia di risultati ottenibili e sviluppi futuri



In accordo con gli obiettivi dello studio LCA, nella fase di interpretazione dei risultati è possibile:

- individuare processi/fasi più impattanti del sistema studiato e conseguentemente formulare delle strategie di miglioramento
- confrontare le prestazioni ambientali di uno scenario di trattamento innovativo rispetto ad un caso base (scenario *as it is*)



Fonte: Pantini et al. (2021). *Analisi LCA a supporto di un progetto di adeguamento di un impianto di depurazione*. Ingegneria dell'Ambiente 8(1)

Tipologia di risultati ottenibili e sviluppi futuri

In accordo con gli obiettivi dello studio, nella fase di interpretazione dei risultati è possibile:

- individuare i processi/fasi più impattanti del sistema studiato e conseguentemente formulare delle strategie di miglioramento
- confrontare le prestazioni ambientali di uno scenario di trattamento innovativo rispetto ad un caso base (scenario *as it is*)
- effettuare analisi di sensibilità e di *break-even point* per valutare la variabilità dei risultati al variare di alcune ipotesi di modellizzazione e di parametri significativi

**PROPOSTE
PER IL
FUTURO?**

Mettere sistematicamente
l'LCA a base gara dopo aver
definito una procedura
standardizzata

① ANALISI LCA A SUPPORTO DI UN PROGETTO DI ADEGUAMENTO DI UN IMPIANTO DI DEPURAZIONE



 INGENGERIA DELL'AMBIENTE

Sara Pantini
Politecnico di Milano

[Link](#) articolo completo

Martina Bellan
Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, via Golgi 39, 20133 Milano

Lucia Rigamonti
Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, via Golgi 39, 20133 Milano



Journal of Environmental Management

Volume 279, 1 February 2021, 111605



Research article

Integration of a side-stream microalgae process into a municipal wastewater treatment plant: A life cycle analysis

Camilla Tua ^a  , Elena Ficara ^a, Valeria Mezzanotte ^b, Lucia Rigamonti ^a

②

[Link](#) articolo completo

③



Polo tecnologico di Sesto S.G.
Biopiattaforma integrata CAP
Progetto preliminare
Studio di prefattibilità ambientale
CAPITOLO 3 - ANALISI LCA

[Link](#)

[Home](#) > [Waste and Biomass Valorization](#) > [Article](#)

Life Cycle Assessment of Microalgal Biomass Valorization from a Wastewater Treatment Process

Original Paper | [Open access](#) | Published: 28 August 2024

(2024) [Cite this article](#)

[Download PDF](#) 

 You have full access to this [open access](#) article

Irene Crippa , Giovanni Dolci, Mario Grosso & Lucia Rigamonti

[Link](#) articolo completo

AWARE (Assessment on WAstE and REsources)

Approccio Life Cycle Thinking (Life Cycle Assessment - LCA, Life Cycle Costing - LCC, Social LCA) applicato a:

- sistemi e tecnologie di trattamento rifiuti solidi
- tecnologie di risanamento ambientale
- tecnologie di cattura del carbonio
- energie rinnovabili e biocombustibili
- sviluppi metodologici sul tema

Gestione integrata dei rifiuti solidi

- bilanci di massa e di energia per schemi di processo di trattamento dei rifiuti solidi
- trattamenti biologici applicati al rifiuto organico e alle bioplastiche
- recupero di residui solidi da termovalorizzazione
- supporto nella gestione dei rifiuti in Paesi in via di sviluppo
- attività di prevenzione dei rifiuti

Prof. Mario Grosso

Prof.ssa Lucia Rigamonti



1 Ricercatore a tempo determinato A, 2 Post-Doc, 5 Dottorandi, 4 Assegnisti/Collaboratori

Nostri contatti:

Dott.ssa Camilla Tua: camilla.tua@polimi.it

Blog di riferimento gruppo: <https://www.aware.polimi.it/>

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



AWARE (Assessment on WASTE and RESources)



Giornata di studio
"Rifiuti e Life Cycle Thinking"



7^a edizione



POLITECNICO
MILANO 1863

28 Gennaio 2025

Evento in presenza presso il
Politecnico di Milano



Dettagli sulla call for abstract: [qui](#)

PROSSIMI EVENTI

Polimi LCA Network

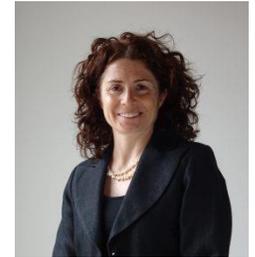


DATE E ORARI
mercoledì 13 Novembre 2024
Dalle 10:00 alle 15:00



Prof. Mario Grosso

Prof.ssa Lucia Rigamonti



1 Ricercatore a tempo determinato A, 2 Post-Doc, 5 Dottorandi, 4 Assegnisti/Collaboratori

Nostri contatti:

Dott.ssa Camilla Tua: camilla.tua@polimi.it

Blog di riferimento gruppo: <https://www.aware.polimi.it/>

