

# NEWSLETTER COMESTO

In questo numero:

## EDITORIALE

a cura di Simone Tegas - E-Distribuzione e  
Daniele Menniti - Università della Calabria

Pagina 1

**Da Rifiuto a Risorsa: il Biodiesel da oli  
da cucina esausti**

DI Debora Cilio

Pagina 3

**La produzione di Biodiesel da oli da cucina  
esausti come sistema di Energy Smart  
Storage: il progetto ComEstO**

DI Maria Gabriela De Paola, Ivan Mazza, Rosy  
Paletta, Catia Giovanna Lopresto e Vincenza  
Calabrò

Pagina 8

**Il biodiesel per la produzione congiunta  
di energia elettrica e termica su piccola  
scala**

DI Diego Perrone, Angelo Algieri[1], Pietropaolo  
Morrone, Luigi Falbo

Pagina 12

**Integrazione di gruppo elettrogeno  
alimentato da biodiesel da OCE nel  
sistema utente attraverso la DC-nanoGrid**

DI Giuseppe Barone, Daniele Menniti, Anna  
Pinnarelli, Gaetano Polizzi, Nicola Sorrentino,  
Pasquale Vizza

Pagina 17

**Applicazione dei green metrics alla  
produzione di biodiesel**

DI Catia Giovanna Lopresto, Maria Gabriela De  
Paola, Vincenza Calabrò

Pagina 21

**LCA preliminare su Biodiesel da Oli da  
Cucina Esausti**

DI Elena Busi e Debora Cilio

Pagina 25



## EDITORIALE

**DI SIMONE TEGAS, Project Manager (E-Distribuzione)  
DANIELE MENNITI, Responsabile Scientifico (Università  
della Calabria)**

Per stimolare la penetrazione dell'accumulo energetico distribuito, promosso dalle tecnologie sviluppate dal progetto ComEstO, non si poteva non tenere conto anche della produzione di **biocarburanti da scarti alimentari**, nel nostro caso di **biodiesel da oli da cucina esausti** (OCE) prodotto attraverso transesterificazione alimentata da energia da fonte rinnovabile, svolto presso il **Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica e Sistemistica (DIMES) dell'Università della Calabria**.

Una forma di accumulo energetico secondaria che in un'ottica di economia circolare trasforma un rifiuto, ad alto impatto negativo per l'ambiente, in una risorsa energetica importante sulla via della transizione, come dimostrato dalla *review* riportata nel primo articolo di questo numero speciale delle nostre newsletter a cura del **Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale (DIMEG) dell'Università della Calabria**, che definisce l'attenzione che il progetto riserva anche al potenziale sviluppo di una economia circolare all'interno dei territori e al servizio della transizione ecologica ed energetica.

Un potenziale importante in termini di riduzione reale degli impatti ambientali dimostrati dalla **LCA preliminare sul Biodiesel da OCE** sviluppata dal **Dipartimento di Biotecnologie, Chimica e Farmacia (Dipartimento di Eccellenza 2018 -2022), Università di Siena** e riportata in

newsletter in collaborazione con il **Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale dell'Università della Calabria**, e dal contributo sui "**green metrics**" sviluppato dal **Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica e Sistemistica (DIMES) dell'Università della Calabria**.

**Biodiesel da OCE** in seguito utilizzato per la produzione congiunta di energia elettrica e termica su **piccola scala** attraverso un motore a combustione interna commerciale per applicazioni stazionarie e integrato nel sistema utente attraverso la **DC-Nanogrid** sviluppata in ambito progettuale. I due contributi sono a cura dei laboratori **LASER** (Laboratory for Application of Smart Energy and Renewables) e **LASEER** (Laboratorio di Sistemi Elettrici per l'Energia e le fonti Rinnovabili) del **Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale dell'Università della Calabria**.

Prima di lasciarvi alla lettura, desideriamo ringraziarvi per le visite ed i download dei primi quattro numeri della nostra newsletter. La vostra approvazione rappresenta per noi lo stimolo principale per confezionare volta per volta questo appuntamento e rendervi partecipi dell'importante lavoro di tutte le nostre ricercatrici e tutti i nostri ricercatori.

**Simone Tegas**  
Project Manager

**Daniele Menniti**  
Responsabile Scientifico



## Da rifiuto a Risorsa: il Biodiesel da oli da cucina esausti

DI Debora Cilio - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - Università della Calabria

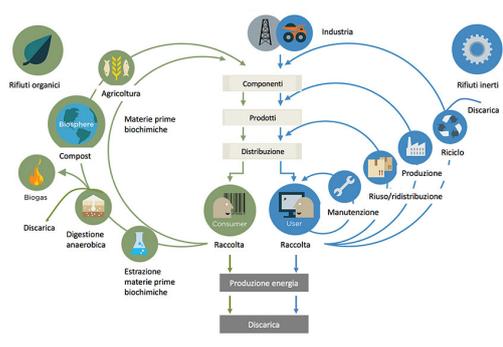
**Economia Circolare** è, secondo la definizione della Ellen Mc Cartur Foundation, "una economia pensata come capace di rigenerarsi da sola" in cui i flussi - seguendo il **Paradigma delle 6 R** (figura 1) - sono tendenzialmente di due tipi, quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici che possono essere reintegrati e rivalorizzati nel ciclo produttivo senza entrare nella biosfera (figura 2). Un "sistema - dunque - in cui tutte le attività, a partire dall'estrazione e dalla produzione, sono organizzate in modo che i rifiuti di qualcuno diventino risorse per qualcun altro. Nell'economia lineare, invece, terminato il consumo termina anche il ciclo del prodotto che diventa rifiuto, costringendo la catena economica a riprendere continuamente lo stesso schema: estrazione, produzione, consumo, smaltimento.»

Figura 1. Paradigma delle R



FONTE: Nostra elaborazione da [1]

Figura 2. Schema Economia Circolare con suddivisione dei prodotti biologici da quelli tecnici



FONTE: [2]

**Reduce, Reuse e Recycling** diventano le parole chiave di obiettivi europei dettati dal pacchetto di norme sulla Circular Economy del 2015 che obbligherà -le norme dovrebbero entrare definitivamente in vigore il 2030 - i Paesi membri a riciclare almeno il 70% dei rifiuti urbani e l'80% dei rifiuti da imballaggio, oltre al divieto di gettare in discarica quelli biodegradabili e riciclabili.

In questo **quadro interpretativo** entrano prepotentemente gli **Oli da Cucina Esausti (OCE)** che da rifiuto ad altissimo impatto ambientale se mal smaltiti, possono diventare una risorsa importante per accompagnare la transizione da un sistema economico ed energetico basato sulle caratteristiche dei combustibili fossili ad un sistema ambientalmente, economicamente e socialmente sostenibile basato sull'utilizzo massiccio delle Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) e sull'accumulo energetico distribuito.

La raccolta ed il riciclo degli Oli da Cucina Esausti (OCE) per la produzione di Biodiesel - considerato un combustibile alternativo ai combustibili di origine fossile non tossico e biodegradabile - è oggetto di grande interesse sia a livello nazionale che internazionale. In una stima d'uso di almeno altri 50 anni [5] gli OCE hanno diversi potenziali di applicazione:

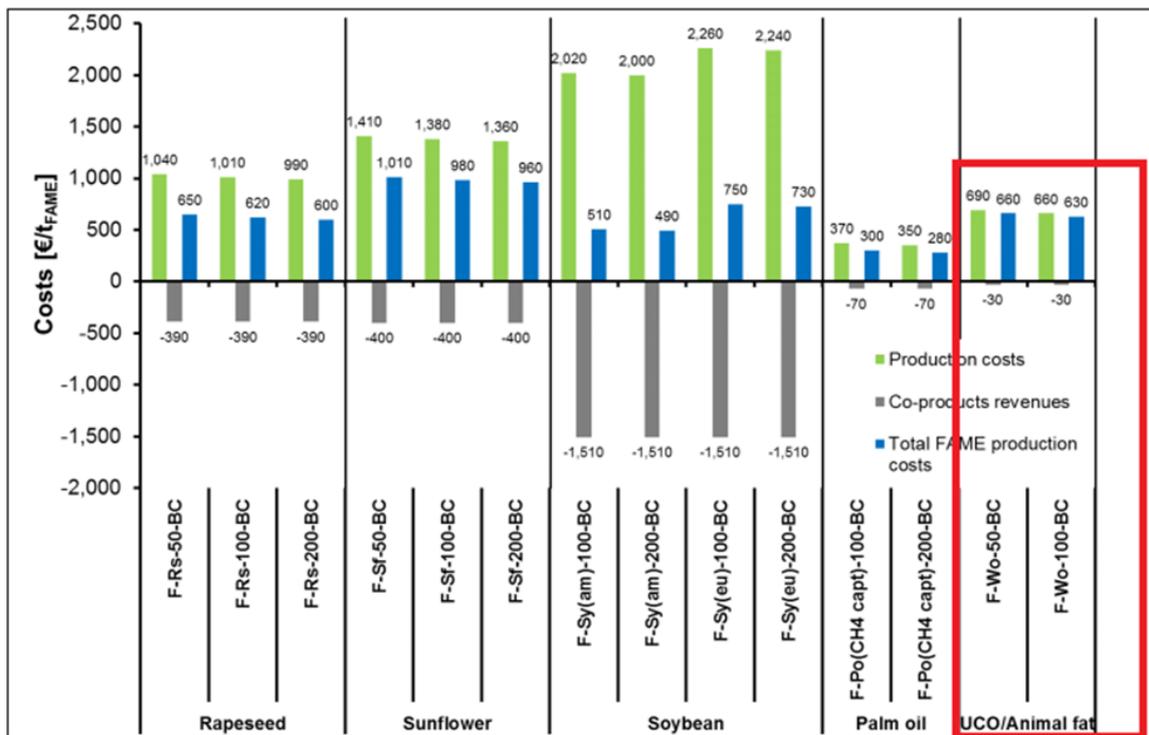
- trasformati in biodiesel e biocarburanti;
- trasformati in biolubrificanti adattati all'utilizzo in macchine agricole e nautiche;
- come sorgente di energia "riproducibile" utilizzabile in impianti di cogenerazione.

Le tecnologie impiegate dall'industria di trasformazione dei semi oleosi in Biodiesel sono mature e non si prevedono miglioramenti di efficienza nell'immediato futuro - senza tener conto di tutte le problematiche "etiche che si accompagnano al processo - e l'utilizzo di OCE potrebbe rappresentare una risorsa energetica rilevante per la produzione di Biodiesel in Europa - una città che vanta un'esperienza di grande rilievo nell'utilizzo di biodiesel da OCE, per esempio, è Gratz in Austria dove gli oli da cucina esausti raccolti nei ristoranti forniscono materia prima per la produzione di Biodiesel utilizzato dal trasporto pubblico urbano (autobus e taxi).

Si stima, infatti, che gli OCE potranno fornire annualmente fino a 900.000 tonnellate di Biodiesel da aggiungersi alla produzione di semi oleosi no food. Ciononostante, i biocombustibili tendono ad avere costi di produzione più alti rispetto ai combustibili convenzionali. Questi costi di produzione sono, comunque, difficili da quantificare poiché sono basati sia sul prezzo delle materie prime che sulle accise imposte. Bisogna sottolineare che in molti paesi europei, al fine di stimolare la produzione ed il consumo di biofuel, l'accisa sul biodiesel è stata ridotta, quando non azzerata (si veda l'esperienza tedesca\*) a patto che rispondano ai requisiti delle norme di riferimento\*\*.

In linea generale, secondo il rapporto *"Improving the Sustainability of Fatty Acid Methyl Esters (FAME - Biodiesel)"* [6] i costi di produzione del biodiesel da OCE si aggirano intorno ai 630 euro/tFAME (Figura 3)\*\*\*.

**Figura 3.** Costi produzione Biodiesel da OCE



FONTE: [6]

L'**impatto ambientale** del biodiesel prodotto dalla trans-esterificazione degli OCE si misura sull'intero ciclo di vita di vita del prodotto.

In generale il biodiesel – a prescindere dalla materia prima utilizzata (vegetale o animale) – è considerato meno inquinante del diesel di origine fossile, con un decremento delle emissioni di GHG individuato intorno al 50% di media e tra il 75% e l'88% per il biodiesel derivato da Oli da Cucina Esausti (OCE) (tabella 1), con il vantaggio di non rientrare nella controversa questione dell'uso del suolo (o *Land Grabbing*) che attribuisce alla produzione di biodiesel un elevato impatto creando non poche resistenze a livello sociale.

#### NOTE

\*La Germania per esempio, ha abolito l'accisa sul biodiesel con l'obiettivo di allineare il prezzo di vendita del diesel convenzionale e del biocombustibile. L'aumento del prezzo del greggio, però, ha creato la situazione (non prevista) per cui il Biodiesel si trova avvantaggiato nel prezzo per litro alla pompa - nel 2005 il Biodiesel era venduto all'ingrosso ad un prezzo di 0.85-0.90 euro al litro (tasse escluse) mentre il diesel minerale era venduto a 0.95 Euro al litro (tasse incluse). Tuttavia negli stati della UE ove non sono in essere riduzioni sulle tasse, il Biodiesel è considerevolmente più costoso per i consumatori. In Italia viene commercializzato esclusivamente biodiesel esentato da accisa nell'ambito di un contingente defiscalizzato di 200.000 tonnellate per il 2006 (legge finanziaria). In questo modo solo tale quantitativo risulta competitivo con il gasolio tradizionale.

\*\*Non tutti i biocarburanti immessi in consumo, infatti, possono essere contabilizzati e computati per il raggiungimento del target della Direttiva 2009/28/CE. Come precisa la direttiva, ai fini del calcolo del target possono essere considerati i soli biocarburanti sostenibili, ovvero i biocarburanti che rispettano i criteri di sostenibilità di cui al provvedimento di attuazione della direttiva 2009/30/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009. Si tratta, sostanzialmente, di biocarburanti che garantiscono risparmi di emissioni di gas a effetto serra generate dall'intera catena di produzione, crescenti nel tempo, rispetto ai carburanti di origine fossile.

\*\*\*I costi sono stati determinati in base ai prezzi medi di mercato per gli OCE (e i grassi animali) del 2015 che si attestano sui 500€/tFAME. I ricavi sono dovuti principalmente alla vendita sul mercato dei sottoprodotti (30€/FAME) e in particolare del glicerolo grezzo. Il totale dei costi, compreso tra 630 e 660€/tFAME, è generato sottraendo i ricavi dei sottoprodotti dai costi di produzione [5].

**Tabella 1.** Emissioni GHG comparate in diversi approcci di metodo

Materia Prima	Risparmio in emissioni di gas serra <sup>2</sup> (%)		Emissioni totali di gas serra [g CO <sub>2</sub> -eq/MJ <sub>FAME</sub> ]		Coltivazione [g CO <sub>2</sub> -eq/MJ <sub>FAME</sub> ]		Lavorazione [g CO <sub>2</sub> -eq/MJ <sub>FAME</sub> ]	
	BioGrace	Base Case <sup>1</sup>	BioGrace	Base Case <sup>1</sup>	BioGrace	Base Case <sup>1</sup>	BioGrace	Base Case <sup>1</sup>
Colza	38%	43%	52	36	29	36	22	10
Girasole	48%	49%	44	43	18	31	25	10
Olio di Palma	56%	69%	37	26	14	13	18	8
Semi di soia (americani)	32%	52%	57	40	18	13	25	11
Semi di soia (europei)		67%		28		15		11
<b>OCE/grassi animali</b>	<b>75%</b>	<b>88%</b>	<b>21</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>20</b>	<b>9</b>

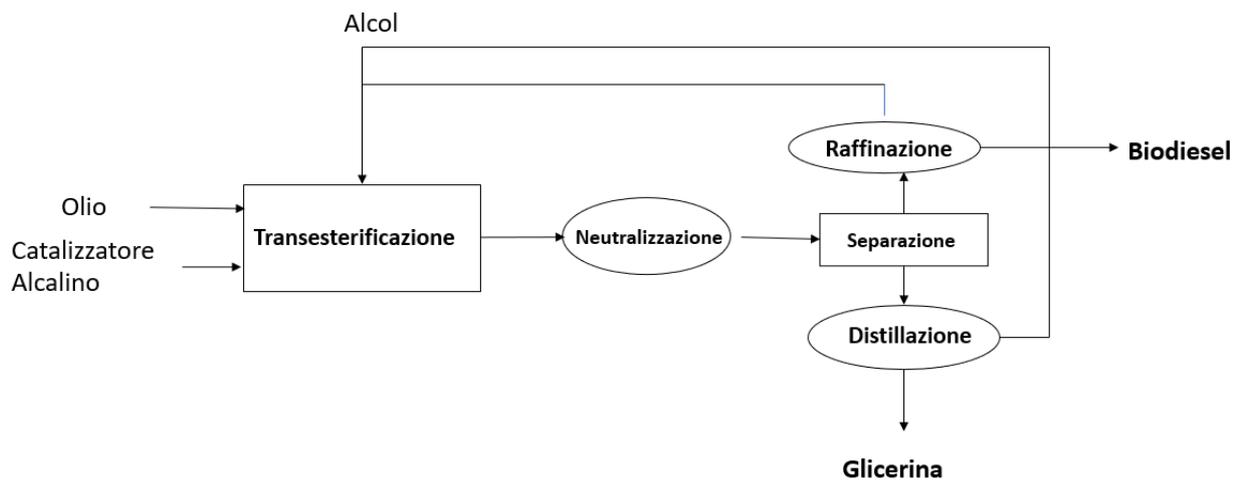
- 1) FAME capacità produttiva: 100,000 t/year  
 2) Rispetto al riferimento fossile con 83.8 g CO<sub>2</sub>-eq/

FONTE: [6]

In questo senso, essendo un **metodo di riutilizzo e messa a valore di un rifiuto**, rientra di diritto nella definizione stessa di **economia circolare** con evidenti ricadute positive sull'ambiente ma anche sull'economia locale laddove si può pensare di creare una filiera virtuosa sia per la raccolta sia per il successivo utilizzo dei derivati.

Secondo il rapporto "Assessment of best practices in UCO processing and biodiesel distribution", prodotto dall'Università di Creta per RECOIL (Re-cycling Oil) [7], l'impatto ambientale maggiore nel processo di produzione di Biodiesel da OCE è derivato dai processi di pre-trattamento e tran-esterificazione (Figura 3, Tabella 2) che necessitano di un importante quantitativo di energia elettrica; impatto che però si compensa se l'energia elettrica viene generata da FER (tabella 3)\*\*\*\*.

**Figura 3.** Schema produzione biodiesel da OCE



FONTE: [3]

**NOTE**

\*\*\*\*caso preso a riferimento dal report: Spagna - quadriennio 2006-2010 [7]

**Tabella 2.** Impatto ambientale di 1 tonnellata di biodiesel prodotto da OCE con forme di generazione elettrica tradizionali

IMPACT CATEGORIES	CONTRIBUTION OF THE UCO COLLECTION (%)	CONTRIBUTION OF THE UCO PRE-TREATMENT (%)	CONTRIBUTION OF THE UCO DELIVERY (%)	CONTRIBUTION OF TRANSFERIFICATION (%)	TOTAL IMPACT	UNITS
Abiotic Depletion	0	10	0	90	5.51	Kg Sb eq.
Global warming potential	0	25	0	75	299.60	Kg CO <sub>2</sub> eq.
Ozone Layer Depletion	0	29	0	71	5.8x10 <sup>-5</sup>	Kg CFC 11 eq.
Human Toxicity	0	34	0	66	106.97	Kg 1.4 dichlorobenzene eq.
Fresh Water Aquatic Toxicity	0	27	0	73	19.18	Kg 1.4 dichlorobenzene eq.
Marine Aquatic Toxicity	0	60	0	40	1.39x10 <sup>5</sup>	Kg 1.4 dichlorobenzene eq.
Terrestrial Toxicity	0	30	0	70	0.52	Kg 1.4 dichlorobenzene eq.
Photochemical Oxidation	0	25	0	75	0.08	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.
Acidification	0	43	0	57	1.39	Kg SO <sub>2</sub> eq.
Eutrophication	0	37	0	63	0.10	Kg PO <sub>4</sub> eq.

FONTE: [7]

**Tabella 3.** Impatto ambientale di 1 tonnellata di biodiesel prodotto da OCE con forme di generazione elettrica da FER

IMPACT CATEGORIES	2006	2010	DIFFERENCE (%)	UNITS
Abiotic Depletion	5.51	5.34	-3.08	Kg Sb eq.
Global warming potential	299.60	275.61	-8.01	Kg CO <sub>2</sub> eq.
Ozone Layer Depletion	5.8x10 <sup>-5</sup>	5.81x10 <sup>-5</sup>	0.17	Kg CFC 11 eq.
Human Toxicity	106.97	97.28	-9.06	Kg 1.4 dichlorobenzene eq.
Fresh Water Aquatic Toxicity	19.18	17.10	-10.84	Kg 1.4 dichlorobenzene eq.
Marine Aquatic Toxicity	1.39x10 <sup>5</sup>	8.96x10 <sup>4</sup>	-35.54	Kg 1.4 dichlorobenzene eq.
Terrestrial Toxicity	0.52	0.43	-17.31	Kg 1.4 dichlorobenzene eq.
Photochemical Oxidation	0.08	0.07	-12.50	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.
Acidification	1.39	1.05	-24.46	Kg SO <sub>2</sub> eq.
Eutrophication	0.10	0.08	-20.00	Kg PO <sub>4</sub> eq.

FONTE: [7]

## REFERENCE

- [1] Julian Kirchherr, Denise Reike, Marko Hekkert, Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions, Resources, Conservation and Recycling, Volume 127, 2017, Pages 221-232, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.
- [2] <https://www.sfridoo.com/economia-circolare/>
- [3] <https://www.ingegno-web.it/6572-come-produrre-biodiesel-dallolio-di-frittura>
- [4] Capitolato Tecnico ComESTo
- [5] Trasparenza Market Research, "Waste Oil Market - Snapshot"; <https://www.transparencymarketresearch.com/waste-oil-market.html>
- [6] European Commission (2018), "Improving the Sustainability of Fatty Acid Methyl Esters (FAME - Biodiesel)", <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Technical%20report.pdf>
- [7] RECOIL, Assessment of best practices in UCO processing and biodiesel distribution, [https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/d4.3\\_guide\\_on\\_ucu\\_processing\\_and\\_biodiesel\\_distribution\\_v4tuc.pdf](https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/d4.3_guide_on_ucu_processing_and_biodiesel_distribution_v4tuc.pdf)

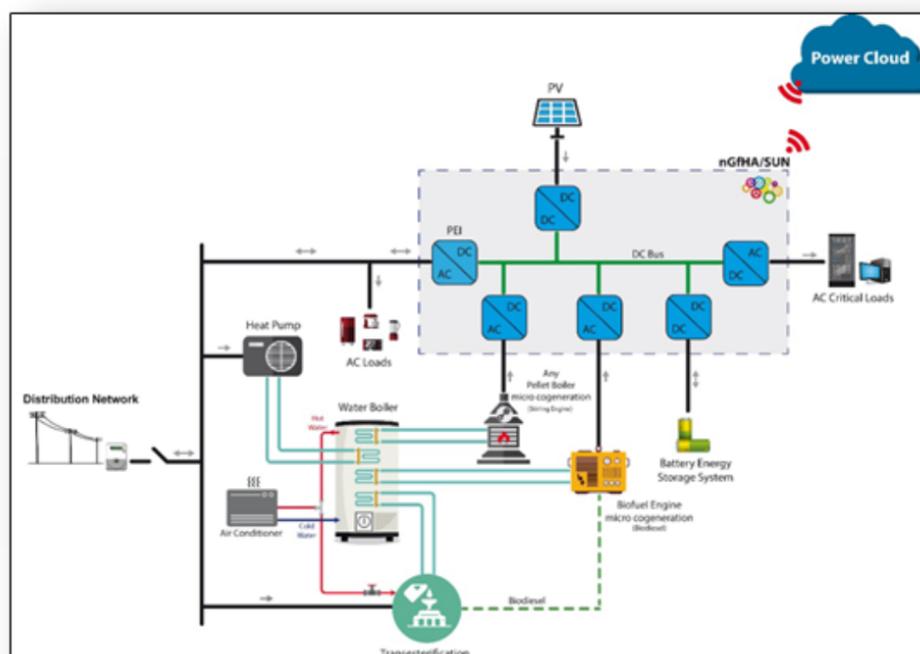
## La produzione di Biodiesel da oli da cucina esausti come sistema di Energy Smart Storage: il progetto ComESTo

DI M. G De Paola, I. Mazza, R. Paletta, C. G. Lopresto e V. Calabrò - Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES) - Università della Calabria

Nel progetto ComESTo, in un'ottica di creazione di un sistema di accumulo distribuito che definisca un percorso di massimizzazione delle alternative possibili, si delimita un percorso di produzione, attraverso l'utilizzo della generazione elettrica da fonti energetiche rinnovabili (in particolare eolico e FV), di **biodiesel da OCE** attraverso processo di trans-esterificazione dei grassi contenuti nel materiale di scarto e da utilizzarsi quando e dove necessario in sistemi di micro-generazione (m-CHP) domestici collegati ad una DC-nanoGrid appositamente configurata.

Le attività svolte, dal **Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES)** dell'Università della Calabria per **A3.3**, si basano su un upgrading del sistema sperimentale di trans-esterificazione - ovvero, il processo nel quale un olio da cucina esausto è fatto reagire in eccesso di alcool metilico, in presenza di un catalizzatore alcalino, ottenendo il biodiesel e come coprodotto anche glicerina - automatizzato ed operato in continuo, per simulare un processo da implementare in scala pilota per ottimizzare e razionalizzare la produzione, risolvere le criticità e definire le condizioni operative per inserire il processo produttivo in uno schema di razionalizzazione dei consumi ed utilizzo ottimale dell'energia da fonti alternative accumulata, anche su base stagionale [1].

**Figura 2.** Schema fase di produzione e fase d'uso del biodiesel da OCE con annessa DC-nanoGrid nel progetto ComESTo



FONTE: [1]

Il biodiesel prodotto verrà utilizzato in un motore a combustione interna da 11.2 kW<sub>eI</sub> e 10.3 kW<sub>th</sub>, pienamente compatibile con il sistema ibrido poligenerativo che può essere alimentato direttamente con biodiesel puro (B100) a differenza della maggior parte dei m-chp commerciali di piccolissima taglia che funzionano con miscele biodiesel-diesel fossile [4]

La fonte di trigliceridi rappresenta l'elemento chiave del progetto, trattandosi di oli di scarto di origine alimentare, raccolti sia tra la popolazione, sia in esercizi dedicati alla ristorazione. Per essere processato tale olio richiede una serie di pre-trattamenti così come a fine processo di trans-esterificazione, sono necessari dei post-trattamenti per separare e purificare il biodiesel dagli altri prodotti e sottoprodotti.

Nel **progetto ComESTo** è stata svolta, presso il DIMES, una ricerca dei **pretrattamenti necessari** al fine di individuare una possibile tecnica di raccolta che minimizzi tali pretrattamenti garantendo l'accettabilità sociale.

Grazie alla sperimentazione sulla metodica di raccolta che riduca la presenza di residui all'interno dell'olio esausto, è stato proposto un sistema di pre-filtrazione dell'olio in fase di raccolta utilizzando un **filtro adsorbente**, realizzato con materiale biocompostabile o biodegradabile da fornire unitamente ai contenitori per la raccolta. Un'ipotesi alternativa è quella di predisporre il serbatoio di raccolta con materiali adsorbenti che siano in grado di trattenere residui, umidità ed acidità.

L'unità di produzione di biodiesel da oli esausti viene proposta su scala prototipale da laboratorio, finalizzato ad applicazioni per **impianti di piccole dimensioni (20-50 L)**.

I più adatti potrebbero essere costituiti da una o due unità: un reattore e un separatore in cui avviene anche la purificazione o un unico reattore a fondo conico in cui, dopo l'allontanamento della fase contenente glicerolo sia possibile effettuare la purificazione, mediante lavaggio.

La **fase di pretrattamento**, spesso necessaria per oli di scarto, potrebbe essere meno laboriosa, o evitata, mediante una raccolta mirata di solo olio prefiltrato.

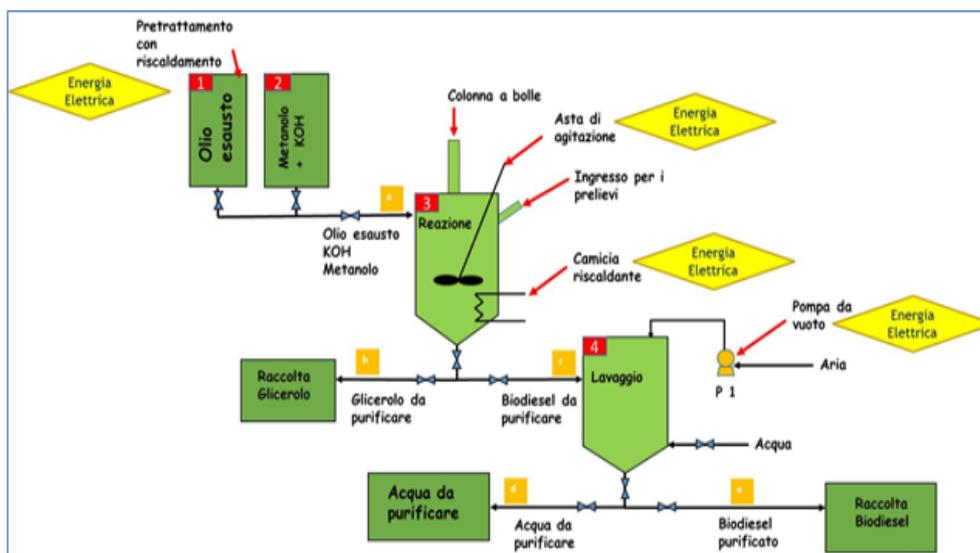
Un metodo adeguato di raccolta degli oli esausti, infatti, abbasserebbe i costi complessivi nella produzione del biodiesel. La fase di pretrattamento, spesso necessaria per oli di scarto, potrebbe essere meno laboriosa o addirittura evitata, mediante una raccolta mirata di solo olio pre-filtrato. Pertanto, diventa fondamentale portare avanti una forte azione di formazione e sensibilizzazione della collettività sull'importanza di avere un olio esausto di buona qualità con pochissimi e semplici accorgimenti durante la fase di raccolta.

Lo schema del sistema prototipale è stato pensato in chiave modulare, così da poter scalare il sistema e poterlo adattare ad un utilizzo in continuo.

In **figura 2** è mostrato lo **schema del processo proposto**, sulla cui base è stata svolta l'attività sperimentale in ambito progettuale, e sono evidenziati i punti di fornitura dell'energia elettrica.

Sono evidenziate, in particolare, le singole fasi, caratterizzate da tempi e consumi energetici diversi, distribuiti secondo una tempistica che ne permette l'utilizzo all'interno di un sistema smart di gestione e produzione di energia, garantendo sempre l'accumulo di biodiesel.

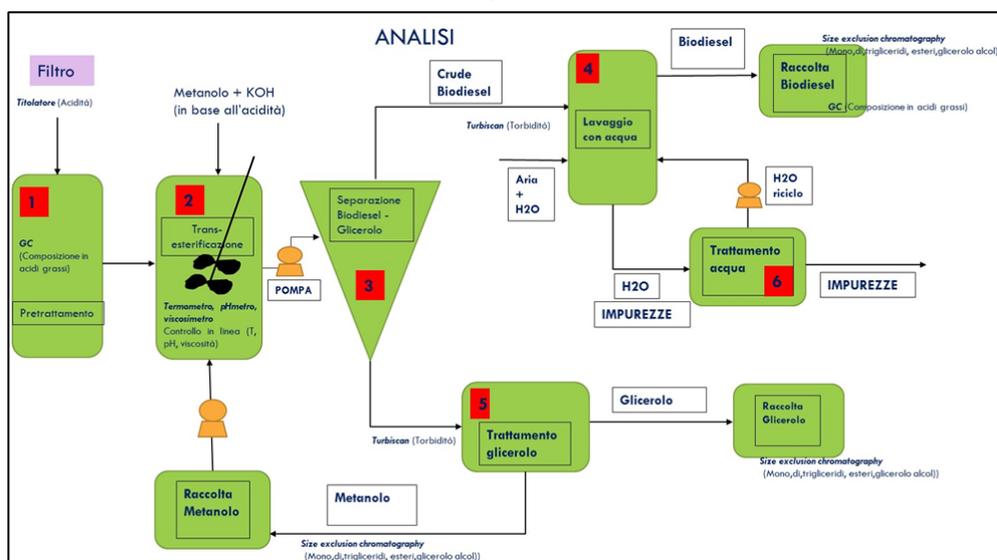
**Figura 2:** Schema impianto laboratorio con evidenziati i punti di fabbisogno energia elettrica



**FONTE:** Nostra Elaborazione

Un elemento cruciale del processo è il **monitoraggio dei parametri** di processo e dei prodotti e sottoprodotti, che richiede l'utilizzo di sistemi di misura in linea ed extra, come evidenziato in figura 3.

**Figura 3:** Schema del sistema di controllo parametri e metodiche analitiche



**FONTE:** Nostra Elaborazione

Il **prototipo** messo a punto richiede un fabbisogno energetico stimato pari a 2,4 KWh/Kg e, considerato che il potere calorifico inferiore del biodiesel è pari a 10,36 KWh/Kg, si verifica la validità, a livello di piccola scala, della produzione di biodiesel da oli esausti come ottimo **sistema di energy smart storage**.

La produzione di biodiesel, a livello industriale, richiede una quantità di energia inferiore a quella che il biodiesel riesce a fornire nella combustione, pertanto il bilancio energetico della filiera di produzione del combustibile, risulta assolutamente **positivo**, come ricavabile dai range sotto riportati:

*Efficienza Energia Elettrica (consumo/disponibile)*

**Potenza elettrica consumata/ Potenza disponibile=9,3% - 10,6%**

**Energia consumata/Energia disponibile= 3,8% - 4,3%**

*Efficienza Potenza Termica (consumo/disponibile)*

**Potenza elettrica consumata/ potenza disponibile = 11,1% - 12,6% [2].**

Per impianti di taglia maggiore (intorno alle 6.000t/anno) una stima sulla base dei valori disponibili in letteratura indica che i consumi sono:

**Energia elettrica consumata / energia disponibile = 4,30%**

**Energia termica (come metano alimentato) / potenza disponibile = 12,44%**

---

#### REFERENCE

[1] Capitolato Tecnico ComESto

[2] M. G. De Paola, I. Mazza, R. Paletta, C. G. Lopresto, V. Calabrò, Small scale biodiesel production plants - An overview, *Energies* 2021, 14 (7), 1901; <https://doi.org/10.3390/en14071901>

## ***Il biodiesel per la produzione congiunta di energia elettrica e termica su piccola scala***

**DI Diego Perrone, Angelo Algieri[\*], Pietropaolo Morrone, Luigi Falbo -  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale (DIMEG) -  
Università della Calabria**

La riduzione dell'inquinamento ambientale e lo sviluppo di tecnologie rinnovabili, innovative ed efficienti sono tra le principali sfide della società moderna [1]. In questo contesto, l'adozione di sistemi energetici efficienti appare una soluzione interessante per soddisfare le richieste di energia per diverse utenze [2], aumentare la resilienza e la flessibilità del sistema [3] e ridurre le emissioni [4]. Tra le tecnologie disponibili, i motori a combustione interna (MCI) rappresentano una soluzione ben nota e affidabile con la prospettiva di mantenere un ruolo fondamentale nel prossimo futuro [5].

Di conseguenza, è essenziale continuare a sviluppare questa tecnologia, aumentandone l'efficienza e riducendo il consumo di combustibile. In particolare, i motori diesel svolgono un ruolo importante per la generazione di potenza stazionaria di piccola e media taglia, ma producono elevate emissioni di CO<sub>2</sub> e di sostanze inquinanti in atmosfera [6]. Il miglioramento delle prestazioni dei motori e l'uso di combustibili alternativi, pertanto, sono di interesse allo scopo ridurre le emissioni di gas serra e, al contempo, promuovere la transizione verso una produzione di energia più pulita [7] secondo le Direttive Europee [8-9]. In questo contesto, i biocarburanti e i bioliquidi offrono prospettive interessanti per raggiungere i nuovi obiettivi vincolanti dell'Unione Europea (UE) per il 2030 sulle fonti rinnovabili [10]. A tal fine, è fondamentale sfruttare i residui e gli scarti per incrementare la sostenibilità e mitigare le emissioni di sostanze climalteranti [11]. In particolare, l'adozione dei residui come materie prime aumenta la sicurezza dell'approvvigionamento energetico [12], promuove un'economia circolare a basse emissioni di carbonio [13], evita la concorrenza con il settore agricolo e previene i cambiamenti nell'uso del suolo [14]. Da questo punto di vista, le risorse liquide a base biologica offrono numerosi vantaggi per la produzione di elettricità e calore rispetto agli altri bio-combustibili poiché presentano un'elevata densità energetica e semplificano il trasporto e lo stoccaggio [11].

Oggi le principali soluzioni per lo sfruttamento di bioliquidi e biocarburanti per il settore elettrico e del riscaldamento si basano su motori a combustione interna, turbine a gas e caldaie. In particolare, i motori a biodiesel sembrano la soluzione più matura per un'efficace generazione stazionaria su piccola scala, rispetto ad altre tecnologie e risorse "bio-based" [15].

---

[\*] Contatti: Angelo Algieri, email: a.algieri@unical.it

Le configurazioni cogenerative, che garantiscono la produzione combinata di energia elettrica e calore, rappresentano un'opzione efficace, in grado di aumentare l'efficienza globale, la sostenibilità e la flessibilità operativa dei sistemi tradizionali [16].

Nell'ambito del progetto ComESTo è stata analizzata la **possibile valorizzazione energetica del biodiesel prodotto mediante il processo di trans-esterificazione di oli esausti**. A tal fine sono stati analizzati differenti sistemi cogenerativi di piccola taglia basati su diverse tecnologie e particolare attenzione è stata rivolta ai motori a combustione interna. Nello specifico, è stata condotta presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Energetica e Gestionale (DIMEG) dell'Università della Calabria un'attività sperimentale su un **motore a combustione interna commerciale per applicazioni stazionarie**.

L'unità di generazione, mostrata in **Figura 1**, è composta da un gruppo motore-alternatore fissato al basamento da ammortizzatori elastici, un serbatoio, un roll-bar con ganci per un facile e sicuro sollevamento, una cofanatura per un accesso rapido al motore, al filtro dell'aria e alla batteria. Il sistema comprende, inoltre, un quadro elettrico dove sono presenti le protezioni e gli strumenti di misura. Il pannello di controllo ospita le prese e i comandi della macchina, tra cui l'interruttore differenziale, l'interruttore magnetotermico e le protezioni motore.

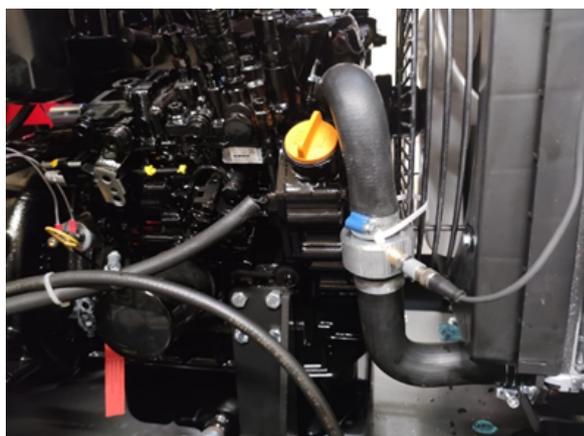
Il gruppo selezionato, progettato per la sola generazione elettrica, consente anche di valorizzare efficacemente il calore di scarto derivante dai gas di scarico e dal circuito di raffreddamento per scopi cogenerativi.



**Figura 1:** Unità di generazione basata su un motore a combustione interna

Al fine di valutare sperimentalmente le performance del motore a combustione interna alimentato con biodiesel, è stato allestito un nuovo banco prova presso il laboratorio LASER (Laboratory for Application of Smart Energy and Renewables) del DIMEG in modo da monitorare in differenti condizioni operative il consumo di combustibile, l'energia elettrica e termica scambiata, i regimi termici del motore e i rendimenti elettrici e termici.

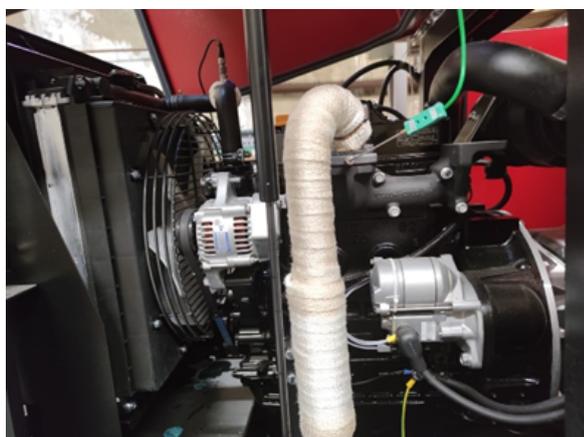
Il banco prova si compone dell'unità di generazione e di una serie di misuratori (termocoppie, termoresistenze, contatori di energia, misuratori di portata, bilancia gravimetrica) idonei all'acquisizione delle grandezze di maggiore interesse. In particolare, gli strumenti di misura installati permettono di valutare la temperatura del fluido refrigerante in ingresso e in uscita dal motore, la temperatura dei gas di scarico, il consumo di combustibile, l'energia elettrica e l'energia termica erogate per ogni condizione operativa. Nella **Figura 2** sono mostrati alcuni degli strumenti di misura installati sul motore.



(a)



(b)



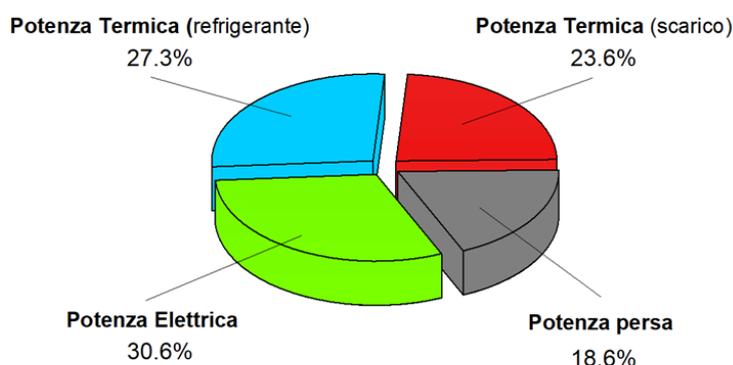
(c)



(d)

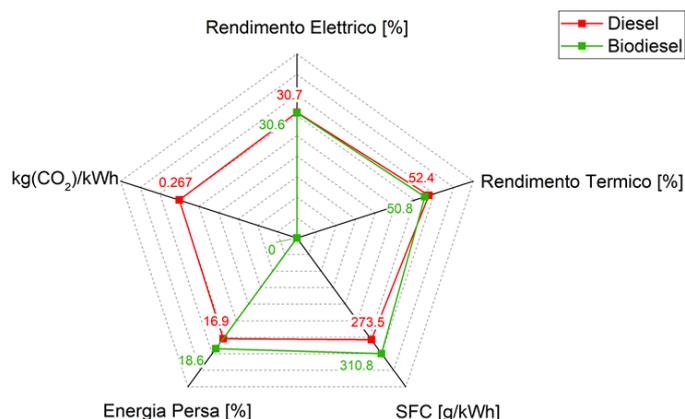
**Figura 2:** Strumenti di misura installati sul motore: (a) Termoresistenza ingresso motore; (b) Termoresistenza uscita motore; (c) Termocoppia collettore di scarico; (d) Termocoppia condotto di scarico

Le prove sperimentali sono state condotte alimentando il motore con solo biodiesel, con solo gasolio e con diverse miscele dei due combustibili. Alimentando l'unità di generazione con biodiesel puro, in condizioni nominali di funzionamento (pieno carico), sono state rilevate rispettivamente una **potenza elettrica e termica di 11.2 kW<sub>el</sub> e 18.3 kW<sub>th</sub>**. In particolare, la **potenza termica recuperata dai gas di scarico (recupero termico ad alta temperatura) è pari a 8.5 kW<sub>th</sub>**, mentre quella **recuperata dal circuito di raffreddamento (recupero termico a bassa temperatura) è pari a 9.8 kW<sub>th</sub>**. La campagna sperimentale ha inoltre consentito di caratterizzare le prestazioni in termini di efficienza elettrica e termica dell'unità di generazione. Nello specifico, la **Figura 3** evidenzia il **bilancio energetico** (normalizzato rispetto all'energia primaria del combustibile) nella condizione operativa nominale adoperando il biodiesel.



**Figura 3:** Bilancio energetico per l'unità di generazione alimentata con biodiesel

Le **efficienze elettriche e termiche** corrispondono rispettivamente al **30.6%** e al **50.8%**, con un **rendimento globale** pari all'**81.4%**. In particolare, il **recupero della potenza termica** è ottenuto dalla **valorizzazione energetica del fluido refrigerante e dei gas di scarico** (rispettivamente il **27.3%** ed il **23.6%** rispetto alla potenza termica del combustibile). È importante notare che le prestazioni dell'unità di generazione alimentata con biodiesel sono paragonabili con quelle che si avrebbero nel caso di alimentazione con il gasolio. Infatti, in **Figura 4** è mostrato un confronto in termini di rendimento elettrico, rendimento termico, energia persa, consumo specifico di combustibile (SFC) ed emissioni di CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>/kWh) tra l'unità cogenerativa alimentata con biodiesel e gasolio.



**Figura 4:** Confronto delle prestazioni e delle emissioni di CO<sub>2</sub> dell'unità di generazione alimentata con biodiesel e gasolio.

Come già menzionato in precedenza il biodiesel mostra prestazioni confrontabili con il gasolio tradizionale, ma al contempo, poiché si tratta di una fonte rinnovabile, consente una notevole riduzione dell'impatto ambientale e il recupero di residui e scarti, quali gli oli esausti da cucina. Il sistema cogenerativo analizzato, alimentato con biodiesel, rappresenta una soluzione particolarmente interessante per la produzione congiunta di energia elettrica e termica per applicazioni di piccola taglia.

A titolo di esempio, considerando i tipici consumi di un'utenza domestica ubicata nel Mezzogiorno d'Italia, il sistema è in grado di coprire, in funzione della strategia operativa adottata, fra il 50% e l'80% dei fabbisogni elettrici e termici di un gruppo di 8 appartamenti in maniera efficiente e con un'ottima fattibilità economica. Nello specifico, il sistema lavora con efficienze globali prossime a quelle nominali e permette di ottenere un ritorno dell'investimento in circa 5 anni.

L'indagine dimostra che l'unità di micro-cogenerazione alimentata con biodiesel è in grado di promuovere lo sfruttamento delle risorse residuali e dei rifiuti e di supportare la transizione verso un'economia circolare a basse emissioni di carbonio, aumentando la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e la resilienza delle piccole comunità energetiche.

---

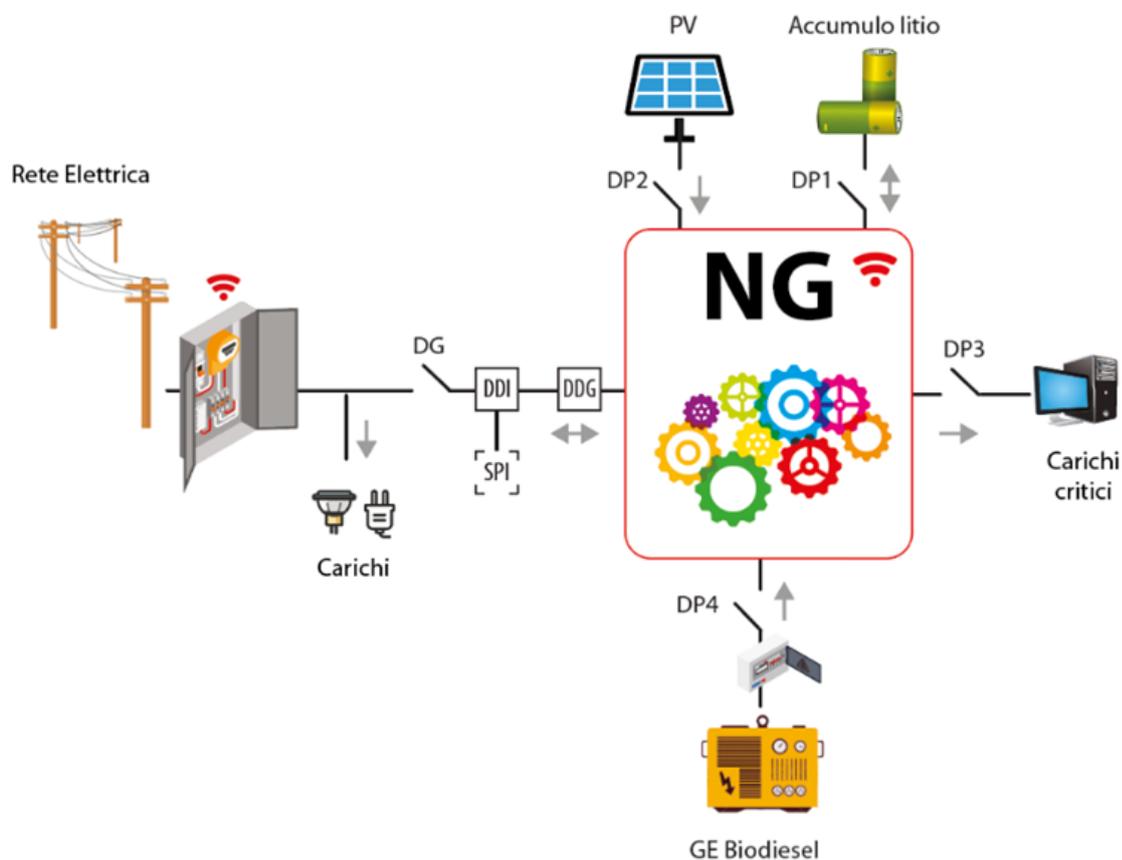
## REFERENCE

1. Basit MA, Dilshad S, Badar R, Sami ur Rehman SM. Limitations, challenges, and solution approaches in grid-connected renewable energy systems. *Int J Energy Res.* 2020;44:4132-4162.
2. Li Y, Wang K, Gao B, Zhang B, Liu X, Chen C. Interval optimization based operational strategy of integrated energy system under renewable energy resources and loads uncertainties. *Int J Energy Res.* 2021;45:3142-3156.
3. Xue X, Ai X, Fang J, Yao W, Wen J. Real-time schedule of integrated heat and power system: a multi-dimensional stochastic approximate dynamic programming approach. *Int J Electr Power Energy Syst.* 2022;134:107427.
4. Algieri A, Beraldi P, Pagnotta G, Spadafora I. The optimal design, synthesis and operation of polygeneration energy systems: balancing life cycle environmental and economic priorities. *Energy Convers Manag.* 2021;243:114354.
5. Punov P, Evtimov T, Chiriac R, Clenci A, Danel Q, Descombes G. Progress in high performance, low emissions, and exergy recovery in internal combustion engines. *Int J Energy Res.* 2017;41:1229-1241.
6. Hoang AT. Waste heat recovery from diesel engines based on organic Rankine cycle. *Appl Energy.* 2018;231:138-166.
7. Pham XD, Noor MM, Hoang AT. Comparative analysis on performance and emission characteristic of diesel engine Fueled with heated coconut oil and diesel fuel. *Int J Automot Mech Eng.* 2018;15:5110-5125.
8. European Parliament and Council. Directive (EU) 2018/2001. 2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=C ELEX%3A32018L2001>
9. European Parliament and Council. Directive (EU) 2018/2002. 2018. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L\\_2018.328.01.0210.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_2018.328.01.0210.01.ENG)
10. Seljak T, Buffi M, Valera-Medina A, Chong CT, Chiamonti D, Katrašnik T. Bioliquids and their use in power generation – a technology review. *Renew Sust Energy Rev.* 2020;129:109930.
11. Yang Y, Tian Z, Lan Y, Wang S, Chen H. An overview of biofuel power generation on policies and finance environment, applied biofuels, device and performance. *J Traffic Transport Eng (Engl Ed).* 2021;8:534-553.
12. Calvin K, Cowie A, Berndes G, et al. Bioenergy for climate change mitigation: scale and sustainability. *GCB Bioenergy.* 2021;13:1346-1371.
13. Wang X, Li C, Lam CH, et al. Emerging waste valorisation techniques to moderate the hazardous impacts, and their path towards sustainability. *J Hazard Mater.* 2022;423:127023.
14. Mai-Moulin T, Hoefnagels R, Grundmann P, Junginger M. Effective sustainability criteria for bioenergy: towards the implementation of the european renewable directive II. *Renew Sust Energy Rev.* 2021;138:110645.
15. Dehghani Madvar M, Aslani A, Ahmadi MH, Karbalaie Ghomi NS. Current status and future forecasting of biofuels technology development. *Int J Energy Res.* 2019;43:1142-1160.
16. Darzi M, Zamani Meymian N, Johnson D. Energy optimization of a micro-CHP engine using 1-D and 3-D modeling. *Appl Therm Eng.* 2021;191:116904.

## Integrazione di gruppo elettrogeno alimentato da biodiesel da OCE nel sistema utente attraverso la DC-nanoGrid

DI G. Barone, D. Menniti, A Pinnarelli, G. Polizzi, N. Sorrentino, P. Vizza - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale (DIMEG) - Università della Calabria

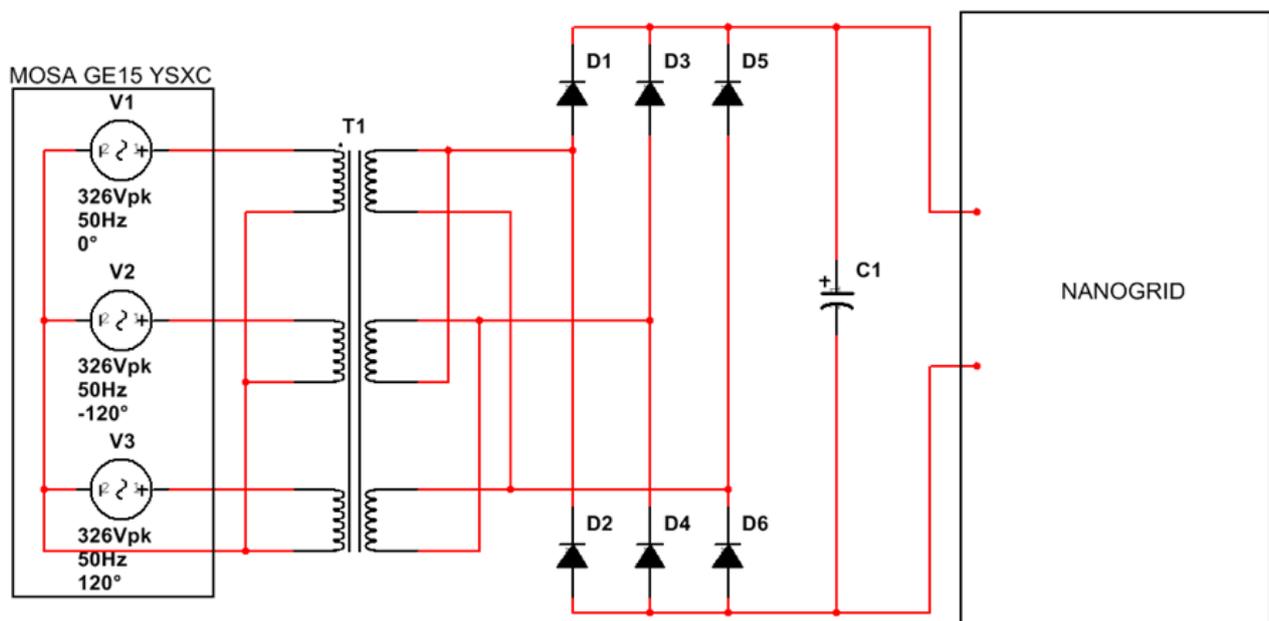
La **DC-nanoGrid** è un sistema ibrido che è in grado di interfacciare diverse sorgenti di energia, sistemi di accumulo, carichi elettrici critici e non e garantirne la connessione alla rete elettrica, se e quando presente. La configurazione della DC-nanoGrid utilizzata per interfacciare il gruppo elettrogeno, alimentato a biodiesel, è riportata in figura 1. In questa configurazione, sono collegati alla DC-nanoGrid: un impianto fotovoltaico da 3kW, un sistema di accumulo a Litio da 205V/16kWh, dei carichi critici con potenza fino a 2kW, il gruppo elettrogeno alimentato a biodiesel con un'apposita interfaccia, è inoltre presente l'interfaccia per la connessione della DC-nanoGrid alla rete elettrica da 3kW monofase. Il gruppo elettrogeno utilizzato nel progetto è il MOSA GE15 YSXC, di potenza nominale pari a 15kVA trifase.



**Figura 1:** Configurazione della DC-nanoGrid con gruppo elettrogeno, sono presenti: la rete elettrica, un accumulo al Litio, il gruppo elettrogeno, i carichi critici e un impianto fotovoltaico.

L'integrazione con la **DC-nanoGrid** è stata progettata in modo tale da **non sbilanciare** il gruppo elettrogeno (distribuire sulle tre fasi il prelievo di potenza da parte della DC-nanoGrid) e **garantire la disponibilità di energia in base alle necessità del carico e/o della comunità energetica**, quando il sistema di accumulo è ormai scarico o non è in grado di erogare la potenza richiesta, la produzione di energia dall'impianto fotovoltaico è nulla o insufficiente a soddisfare le richieste.

La soluzione progettuale adottata prevede l'impiego di un **trasformatore trifase** e un **raddrizzatore con filtro capacitivo**, che collega il gruppo elettrogeno alla DC-nanoGrid (come mostrato in figura 2) e mediante uno stadio DC/DC viene regolato il trasferimento di potenza dal gruppo elettrogeno alla DC-nanoGrid.



**Figura 2:** Schema di interconnessione tra gruppo elettrogeno e DC-nanoGrid.

Il convertitore DC/DC che interfaccia il gruppo elettrogeno alla DC-nanoGrid è controllato secondo la **logica DC Bus Signaling** (DBS) progettata [1], riportata in **Tabella 1**.

. La logica DBS è caratterizzata da diverse modalità di funzionamento, in ciascuna modalità le risorse collegate alla DC-nanoGrid hanno uno specifico comportamento. In particolare, per ciascuna modalità una sola risorsa ha il compito di operare da master converter (imporre la tensione del DC bus), mentre le altre risorse inseguono la tensione imposta dal master converter secondo le proprie possibilità.

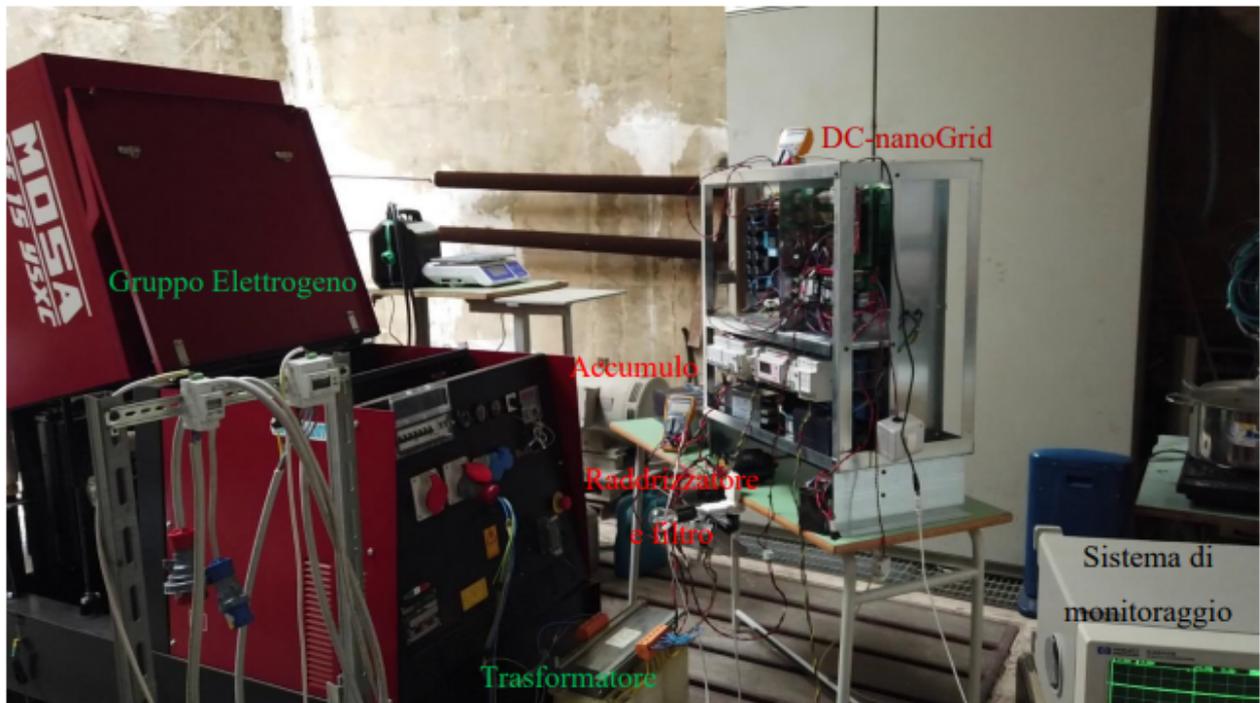
Quando il master converter non è più in grado di imporre la tensione del DC bus (ad esempio sistema di accumulo carico o scarico, mancanza di rete, ecc.), allora la tensione del DC bus varierà e una nuova risorsa assumerà il controllo del DC bus da master converter.

	Gruppo elettrogeno	Lithium battery	PEI	Lithium battery	PEI	PV
	350V	365V	380V	395V	410V	425V
	-	-	Assorbe da rete	-	Immette in rete	-
	Assorbe	Assorbe		Assorbe		Assorbe
	Immette	Immette		Immette		Immette
	MPPT	MPPT	MPPT	MPPT	MPPT	Vcostante
	Eroga Pmax	Eroga	-	Assorbe	Assorbe Pmax	Assorbe Pmax
	Regola la scarica				Regola la carica	Regola la carica
	Accumulo scarico				Accumulo carico	Accumulo carico
	Eroga	-	-	-	-	-

**Tabella 1:** Modalità di funzionamento della NG1 (logica DC Bus Signaling).

L'obiettivo della logica DBS implementata è quella di sfruttare le risorse energetiche disponibili (fotovoltaico, sistema di accumulo a Litio e rete) e solo in caso di necessità (deficit di produzione da fotovoltaico, assenza o insufficienza di energia accumulata o assenza di rete) utilizzare il gruppo elettrogeno. A tale scopo, nell'implementazione della logica DBS, al gruppo elettrogeno è assegnato il livello di tensione più basso da master converter, mentre in tutte le altre modalità di funzionamento il gruppo elettrogeno non eroga nulla, quindi resta connesso alla DC-nanoGrid, ma disattivato in modo tale da non sprecare risorse. Dunque, la logica DBS progettata è caratterizzata da 6 modalità di funzionamento, da 350V a 425V; la tensione più bassa è quella relativa al funzionamento del gruppo elettrogeno da master converter, quando le altre risorse sono insufficienti o assenti; quando la tensione è maggiore di quella minima, allora si hanno più risorse disponibili, a 365V il sistema di accumulo a Litio, operante da master converter, è in grado di soddisfare il fabbisogno dei carichi, anche in isola; quando la tensione del DC bus è regolata a 380V dal PEI, che opera da master converter in assorbimento, la rete è presente e con le risorse a disposizione (fotovoltaico) è possibile soddisfare il fabbisogno dei carichi; il DC bus è regolato (master converter) dal sistema di accumulo a Litio in carica a 395V quando si ha una produzione di fotovoltaico maggiore delle esigenze dei carichi ed è quindi possibile anche caricare il sistema di accumulo a Litio; la tensione del DC bus è invece regolata dal PEI in immissione a 410V quando la produzione del fotovoltaico è maggiore delle esigenze dei carichi ed il sistema di accumulo a Litio non è in grado di assorbire il surplus di produzione; infine, il DC bus è regolato dal fotovoltaico, che in questo caso non lavora più in MPPT, quando il surplus di produzione è tale da non poter essere accumulato, utilizzato per alimentare i carichi e non può essere immesso in rete, oppure si sta operando in isola rispetto alla rete.

In figura 3 è mostrato il set-up sperimentale con cui sono stati eseguiti i primi test per validare l'idea progettuale e verificare la corretta integrazione del gruppo elettrogeno con la DC-nanoGrid. Si possono osservare i principali componenti che permettono l'integrazione del gruppo elettrogeno con la DC-nanoGrid: il gruppo elettrogeno e la DC-nanoGrid, il trasformatore, il raddrizzatore con il filtro capacitivo, il sistema di accumulo.



**Figura 3:** Set-up sperimentale per test funzionamento gruppo elettrogeno e DC-nanoGrid: con rete elettrica, accumulo al Pb, gruppo elettrogeno e carichi critici.

---

#### REFERENCE

[1] Barone G., Brusco G., Menniti D., Pinnarelli A., Sorrentino N., Vizza P., Burgio A., Bayod-Rújula Á. A.. A Renewable Energy Community of DC Nanogrids for Providing Balancing Services. *Energies*, Vol. 14 (21), 7261, 2021

## **Applicazione dei green metrics alla produzione di biodiesel**

**Di Catia Giovanna Lopresto, Maria Gabriela De Paola, Vincenza Calabrò,-  
Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e  
Sistemistica (DIMES) - Università della Calabria**

La produzione di biodiesel da oli di scarto è una fase fondamentale del progetto ComESTo. Il ricorso agli oli esausti è strategico, perché questa materia prima non solo non compete con il settore alimentare e non comporta costi elevati di approvvigionamento, ma, allo stesso tempo, rende possibile la riduzione degli scarti liquidi e risolve la problematica relativa al loro smaltimento. Infatti, l'olio fritto è una delle fonti di inquinamento più pericolose per il pianeta e la sua "riqualificazione" per fini energetici è una questione molto attuale.

In generale, la produzione di biodiesel è stata ampiamente studiata negli ultimi decenni dalla comunità scientifica, che ne ha approfondito ogni aspetto: dal tipo di catalisi al rapporto tra i reagenti, dal pretrattamento dei reagenti alle condizioni operative ottimali, dall'impianto allo scale-up. Senza dubbio, il biodiesel rappresenta un'alternativa al diesel fossile, ma l'eco-sostenibilità della sua produzione deve essere adeguatamente valutata. È necessario, infatti, **ottimizzare il processo al fine di minimizzare l'impatto ambientale**, soprattutto in termini di **gestione dei residui post-reazione** e **consumo energetico**. Il ricorso a reazioni biocatalitiche e a condizioni operative miti (quali pressione e temperature ambiente) non rende un processo automaticamente sostenibile dal punto di vista sia ambientale che tecnico-economico. Affinché un processo sia fattibile, è necessario analizzarlo da diversi punti di vista [1]:

- **economico**, valutandone i costi, il margine di profitto, il tempo di ritorno dell'investimento, il mercato nel quale si inserisce, la competitività;
- **tecnico**, studiando la produttività e capacità dell'impianto, la robustezza del processo, la qualità del prodotto in base alla richiesta del mercato;
- **sociale**, valutando le ripercussioni lavorative sulla comunità locale, i benefici del prodotto sulla società e l'impatto ambientale dell'intero processo.

Per garantire la sostenibilità di un processo o prodotto e promuovere il passaggio da un'economia lineare a un'economia circolare, diventa fondamentale ricorrere ai principi delle cosiddette "green chemistry" e "green engineering", affermatesi negli ultimi due decenni [2]. **Green chemistry, green engineering** e **sostenibilità** sono spesso usati come sinonimi, ma in realtà sono concetti diversi sebbene legati tra loro [3].

La **green chemistry** si focalizza su come condurre reazioni e ottenere prodotti chimici nel modo più sostenibile possibile dal punto di vista ambientale, usando in modo efficiente materie prime preferibilmente rinnovabili, eliminando gli scarti ed evitando l'uso di sostanze tossiche e/o pericolose nella produzione e applicazione dei prodotti chimici [4-6]. La **green engineering** applica i principi ingegneristici ai processi produttivi, allo scopo di progettare, commercializzare e usare processi e prodotti fattibili economicamente e che minimizzino le fonti di inquinamento e i rischi per la salute umana e l'ambiente.

Per fare questo, si cerca di ottimizzare i processi, massimizzarne l'efficienza e condurre accurate *Life-Cycle Analysis* (LCA).

Infine, il **concetto di sostenibilità** cerca di integrare economia, ecologia e società, con la sfida di soddisfare i bisogni primari di una popolazione mondiale in continua crescita minimizzando l'impatto ambientale. Questo può essere ottenuto usando in modo più efficiente le materie prime e sostituendole il più possibile con fonti alternative rinnovabili.

Per applicare e valutare in modo oggettivo tali principi sono stati definiti alcuni parametri cruciali per determinare la sostenibilità e l'impatto ambientale della produzione di biodiesel e per valutare la soluzione migliore tra diverse alternative.

Nello specifico, tali parametri sono identificati dalla comunità scientifica come "**green metrics**", ovvero parametri che misurano gli aspetti di un processo chimico relativi ai principi della *green chemistry*. Si tratta di parametri quantitativi, che devono non solo essere valutati per misurare la sostenibilità di un processo, ma anche essere opportunamente interpretati e continuamente validati per guidare le scelte e migliorare i processi.

Essi possono essere raggruppati in **3 classi** a seconda che siano inerenti all'**efficienza dei materiali** (*atom economy, reaction mass efficiency, environmental factor, mass productivity*), all'**efficienza energetica** e alla **tossicità** [2]. Tutti i parametri appartenenti al primo gruppo sono basati sulla massa dei materiali, ma non tengono conto del loro impatto.

Sebbene siano molto semplici da calcolare e diano un'idea della sostenibilità di un processo in termini di scarto prodotto o solventi utilizzati, non forniscono informazioni sulla pericolosità e/o tossicità dei materiali coinvolti. Ad esempio, un processo che produce una quantità maggiore di scarto innocuo può risultare più sostenibile di un processo che produce poco scarto ma altamente tossico.

Pertanto, tali parametri forniscono una buona indicazione iniziale, ma non sono sufficienti a descrivere da soli la sostenibilità di un processo [7].

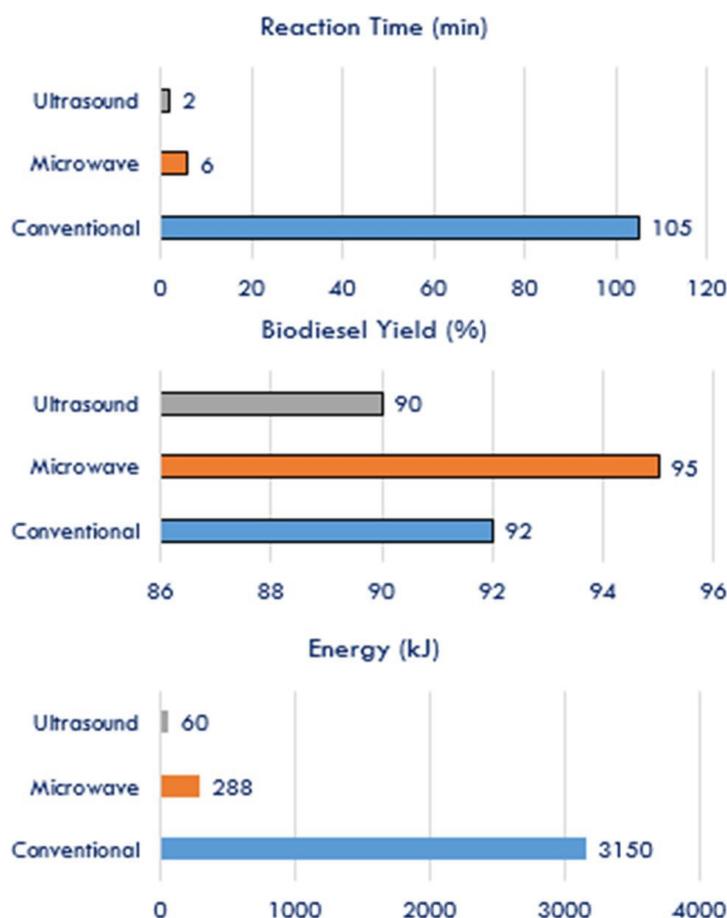
È evidente, quindi, che essi debbano essere interpretati insieme ad altre informazioni in modo da trovare un equilibrio tra sviluppo economico, impatto ambientale ed equità sociale.

L'applicazione dei *green metrics* è stata studiata in letteratura in pochissimi casi.

Ad esempio, Martinez-Guerra et al. [8] hanno valutato la produzione di biodiesel da oli esausti mediante transesterificazione basica al variare del tempo di reazione, della quantità di catalizzatore, del rapporto molare alcol/olio e del volume d'olio.

Lo studio dei **green metrics** ha rivelato che, nonostante l'etanolo sia spesso indicato come *green solvent* per la sua origine rinnovabile, il metanolo nella reazione di transesterificazione porta a migliori valori dei green metrics risultando più sostenibile. La produzione di biometanolo supererebbe l'impatto ambientale della produzione di metanolo da fonti non rinnovabili.

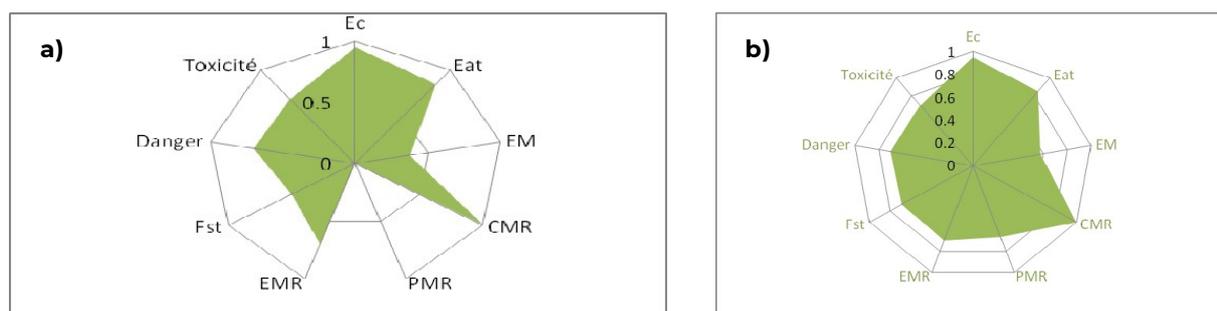
Il ricorso alle microonde e agli ultrasuoni - come metodi di riscaldamento alternativi a quello convenzionale - ha portato a una produzione di biodiesel più sostenibile, in quanto la reazione risulta più efficiente. Infatti, il recupero di prodotto è maggiore, la formazione del sottoprodotto è minore e il consumo di energia è più basso grazie ai minori tempi di reazione [9] (**Figura 1**).



**Figura 1:** [...]

Tale processo rispetta i principi della green chemistry in misura maggiore rispetto a quello tradizionale e diversi green metrics sono stati calcolati per valutarne la sostenibilità.

Un ulteriore studio ha analizzato la produzione di biodiesel da oli di soia dopo processi di frittura, provenienti da ristoranti universitari, con una resa dell'87% [10]. Sono stati calcolati **diversi green metrics** - quali *carbon efficiency, atom economy, environmental factor, reaction mass efficiency, material recovery parameter, fattore stechiometrico, pericolosità della reazione, tossicità e carcinogenicità* - e la media tra tutti i parametri ha portato a un valore di 64.44% (**green chemistry balance**), visivamente riportato nella **Figura 2a**). Il riciclo del metanolo in eccesso e dell'acqua di lavaggio porta a un migliore green chemistry balance pari al 75.83% che si ripercuote nella **Figura 2b**).



**Figura 2:** Green Chemistry Balance

I risultati ottenuti in un altro studio [11] hanno evidenziato che è necessario portare avanti un **approccio multi-obiettivo** che ottimizzi simultaneamente conversione, consumo energetico e green metrics.

## REFERENCE

- [1] Dunn PJ, Wells AS, Williams MT. Green Chemistry in the Pharmaceutical Industry. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; 2010.
- [2] Mulvihill MJ, Beach ES, Zimmerman JB, Anastas PT. Green chemistry and green engineering: A framework for sustainable technology development. *Annu Rev Environ Resour* 2011;36:271-93. doi:10.1146/annurev-environ-032009-095500.
- [3] Lapkin A, Constable DJC. Green Chemistry Metrics: Measuring and Monitoring Sustainable Processes. John Wiley & Sons, Ltd.; 2009. doi:10.1002/9781444305432.
- [4] Sheldon RA. E factors, green chemistry and catalysis: An odyssey. *Chem Commun* 2008;3352-65. doi:10.1039/b803584a.
- [5] Dicks AP, Hent A. Green Chemistry Metrics - A Guide to Determining and Evaluating Process Greenness. Springer; 2015. doi:10.1007/978-3-319-10500-0.
- [6] Anastas PT, Kirchhoff MM. Origins, current status, and future challenges of green chemistry. *Acc Chem Res* 2002;35:686-94. doi:10.1021/ar010065m.
- [7] Sheldon RA. Metrics of Green Chemistry and Sustainability: Past, Present, and Future. *ACS Sustain Chem Eng* 2018;6:32-48. doi:10.1021/acsschemeng.7b03505.
- [8] Martinez-Guerra E, Gude VG. Assessment of sustainability indicators for biodiesel production. *Appl Sci* 2017;7. doi:10.3390/app7090869.
- [9] Gude VG, Martinez-Guerra E. Green chemistry with process intensification for sustainable biodiesel production. *Environ Chem Lett* 2018;16:327-41. doi:10.1007/s10311-017-0680-9.
- [10] Kerras H, Merouani R, Nekkab C, Outili N, Meniai AH. Green chemistry metrics application to biodiesel production from waste vegetable oil. *10th Int Renew Energy Congr (IREC 2019)* 2019;10-4. doi:10.1109/IREC.2019.8754649.
- [11] Outili N, Kerras H, Nekkab C, Merouani R, Meniai AH. Biodiesel production optimization from waste cooking oil using green chemistry metrics. *Renew Energy* 2020;145:2575-86. doi:10.1016/j.renene.2019.07.152.

## LCA preliminare su Biodiesel da Oli da Cucina Esausti

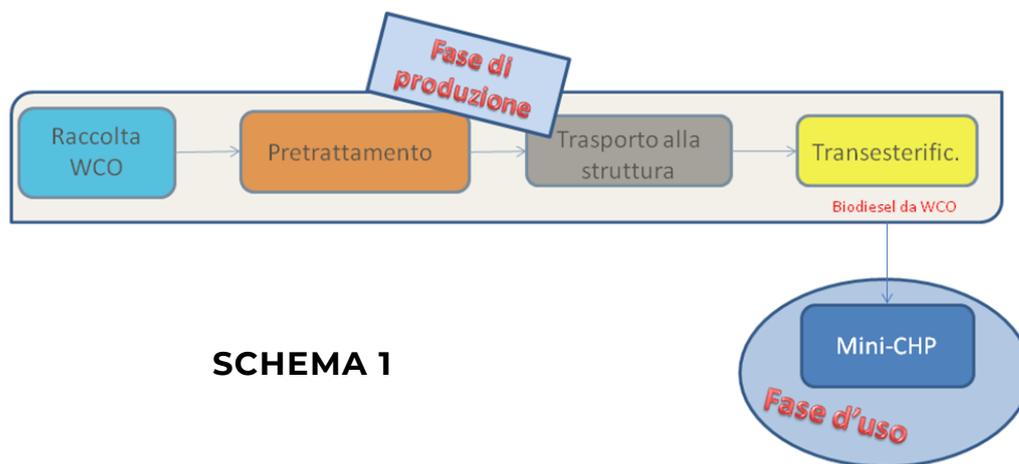
DI Elena Busi - Dipartimento di Biotecnologie, Chimica e Farmacia (Dipartimento di Eccellenza 2018 -2022), Università di Siena; Debora Cilio - Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Energetica e Gestionale, Università della Calabria

In linea con gli obiettivi progettuali per Progetto ComESto è l'Università di Siena, con il Dipartimento di Biotecnologie, Chimica e Farmacia, ad aver effettuato nelle attività 1.8 e 1.9 dell'OR1 (a cui si rimanda per un approfondimento) l'analisi LCA del Biodiesel, interpretato come sistema di accumulo di energia rinnovabile non convenzionale.

L'obiettivo primario dell'analisi è identificare i punti critici del processo e verificare in quali è possibile intervenire per ridurre emissioni e consumi in chiave di comunità.

L'approccio utilizzato nell'analisi è il "gate to gate", considerando la materia prima (l'Olio da Cucina Esausto) secondo la **procedura standard per il ciclo di vita dei rifiuti**.

Di seguito riportiamo i dati di un'analisi preliminare e i confini del sistema sono riportati nello Schema 1.



**SCHEMA 1**

La fase di produzione in esame consiste in **quattro stadi**:

1. Raccolta di OCE [in Inglese Waste Cooking Oil (WCO)]: l'Olio da Cucina Esausto viene raccolto, in appositi contenitori, da ristoranti, alberghi, industria agroalimentare e privati;
2. Pretrattamento: viene fornito a una società di pretrattamento e purificato meccanicamente per ridurre il contenuto di rifiuti solidi mediante decantazione e centrifugazione;
3. Consegna di olio trattato all'impianto di biodiesel: l'olio purificato viene trasportato su camion in un impianto di produzione di biodiesel;
4. Conversione in biodiesel mediante trans-esterificazione: lo stadio finale è la reazione di trans-esterificazione del trigliceride con un alcool (metanolo) in presenza di un catalizzatore, producendo una miscela di esteri alchilici di acidi grassi (biodiesel) e glicerina. L'estere metilico grezzo viene lavato per rimuovere tracce di metanolo, glicerina, catalizzatore, ecc., Quindi essiccato per diventare biodiesel utilizzabile in un motore.

Successivamente è stata inclusa nell'analisi anche la fase d'uso (in cui il biodiesel viene utilizzato in un micro-cogeneratore); a quel punto l'unità funzionale "kg di biodiesel", che nel nostro caso è il sistema d'accumulo di energia, è trasformata attraverso i valori di potere calorifico.

## Life Cycle Inventory (LCI) della fase di produzione

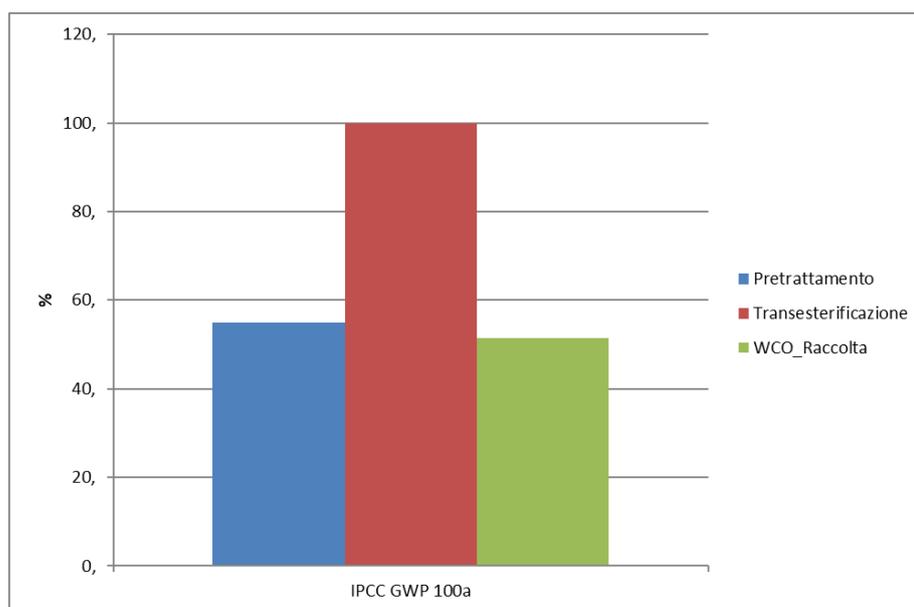
L'**inventario del ciclo di vita (LCI)** è un passaggio cruciale, poiché la qualità dell'intero studio dipende dalla rappresentatività, coerenza, accuratezza e specifiche geografiche dei dati raccolti, in conformità con gli standard ISO 14040. Gli ingressi e le uscite per ogni stadio sono stati ottenuti da fonti diverse. I dati locali primari sono stati ricavati da letteratura [1]; gli input operativi industriali medi, sono invece stati ricalcolati a partire dai processi presenti in Ecoinvent v. 3 per il sistema in studio, utilizzando il database aggiornato.

Nell'analisi sono inclusi anche il trattamento delle acque reflue e i relativi impatti ambientali, combustibili, macchinari, acqua, elettricità, prodotti chimici di processo, materiali di costruzione di impianti per la fase di conversione industriale, nonché i principali prodotti intermedi e finali. Tutti i valori sono calcolati con riferimento a un'unità funzionale di 1 kg di biodiesel, in relazione alla produzione annua.

Il primo confronto è finalizzato all'osservazione di quale delle fasi risulta più problematica dal punto di vista ambientale con opportuni metodi di calcolo.

**Figura 1:** Confronto fra le fasi di "Pretrattamento", "Transesterificazione" e "Raccolta OCE".

Metodo: IPCC 2013 GWP 100a V1.00



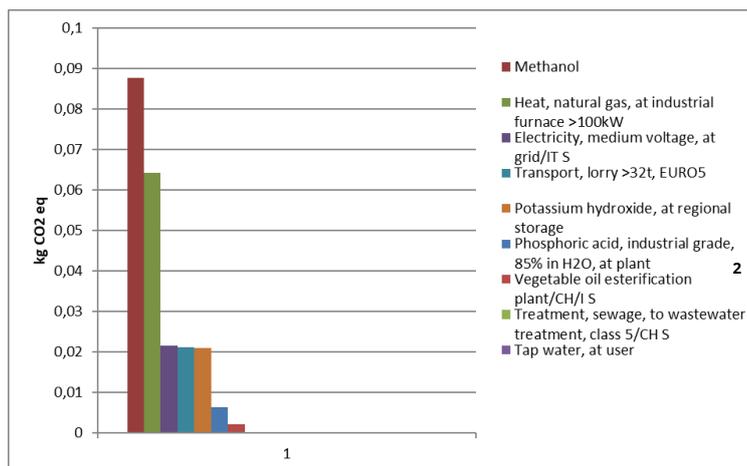
**FONTE:** Nostra Elaborazione

Appare evidente, dall'analisi della figura 1, che la fase di trans-esterificazione risulta essere quella a maggior impatto sull'**indicatore GWP (Global Warming Potential) espresso in kgCO<sub>2</sub>eq**

Osservando in dettaglio il profilo ambientale della fase di trans-esterificazione si possono evincere quali siano le sostanze ed i sotto processi che contribuiscono in maniera più pesante a questo risultato (v. figura 2). Al primo posto il metanolo (che si porta dietro tutta l'eredità ambientale dovuta alla sua estrazione, purificazione e trasporto), poi il contributo energetico legato all'energia per la produzione ed i trasporti.

**Figura 2:** Profili Ambientali della fase di Transesterificazione

Metodo: IPCC 2013 GWP 100a

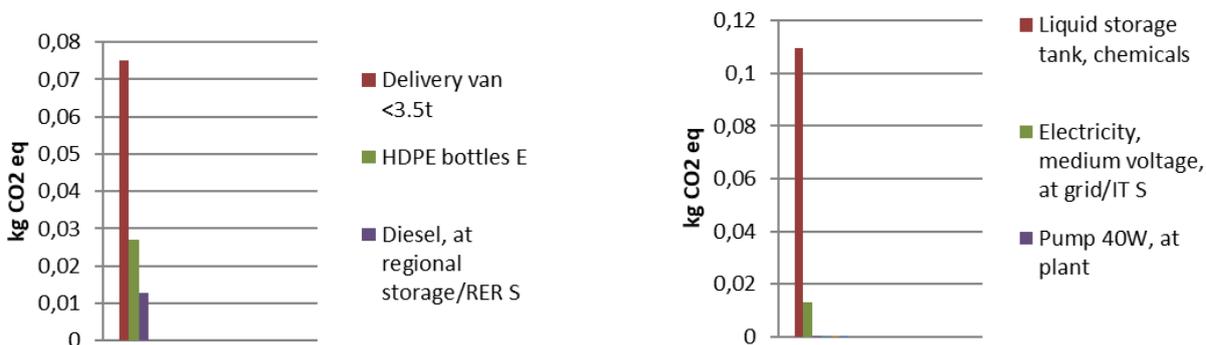


Fonte: Nostra Elaborazione

Per le altre due fasi gli impatti maggiori sono legati ai contenitori di acciaio utilizzati per lo stoccaggio, e da notare (particolarmente importante per l'analisi) al primo posto i trasporti per la fase di raccolta (v. figura 3).

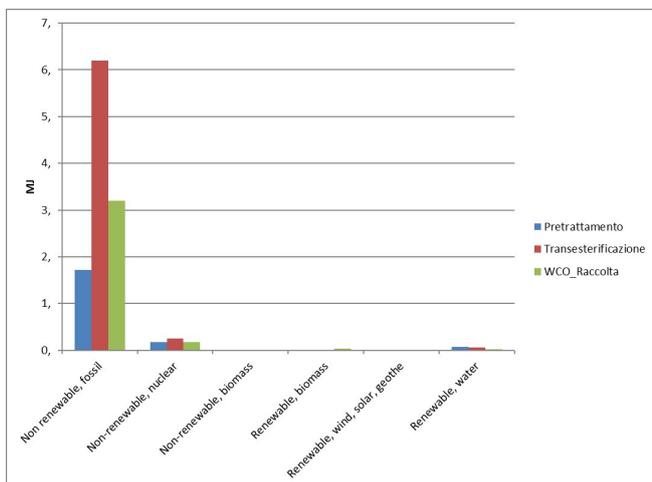
**Figura 3:** Profili ambientali delle fasi di "Raccolta OCE" a) e "Pretrattamento" b)

Metodo: IPCC 2013 GWP 100a



Fonte: Nostra Elaborazione

Anche applicando il **Cumulative Energy Demand (CED)**, che rappresenta l'uso diretto e indiretto di energia durante tutto il ciclo di vita, compresa l'energia consumata durante l'estrazione, la produzione e lo smaltimento delle materie prime e ausiliarie, la fase più impattante (in questo caso energivora) è la trans-esterificazione (v. figura 4).



**Figura 4:** Confronto "Pretrattamento", "transesterificazione" e OCE\_Raccolta

Metodo CED

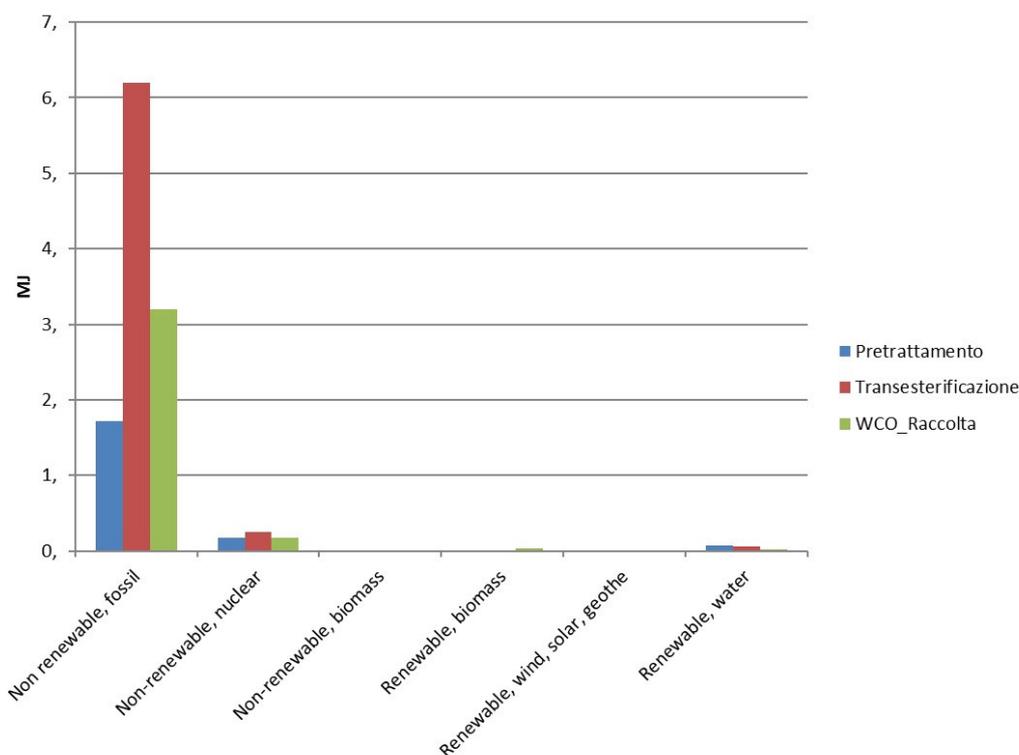
Fonte: Nostra Elaborazione

Il peso maggiore, per tutte e tre le fasi si ha sulla categoria d'impatto delle "fossili non rinnovabili" in cui, oltre ai consumi di Diesel per i trasporti, ricadono le eredità ambientali dei contenitori in acciaio (*tank for chemicals*) per la fase di purificazione e delle taniche di polietilene per la raccolta degli oli esausti di cucina.

I contributi minori alle categorie "Non-renewable, nuclear" e "Renewable, water" sono imputabili ai consumi elettrici sia direttamente legati agli input di inventario, sia derivanti dalle eredità ambientali dei processi a monte: infatti il mix energetico italiano è costituito da una componente idroelettrica e una quantità di nucleare principalmente importato dalla Francia. Dato confermato dal calcolo degli indicatori di impatto ambientale con il metodo ReCiPe MidPoint (fig.5).

**Figura 5:** Confronto "Pretrattamento", "transesterificazione" e OCE\_Raccolta

Metodo ReCiPe MidPoint Europe Recipe H



**FONTI:** Nostra Elaborazione

### Analisi di sensitività della fase di produzione

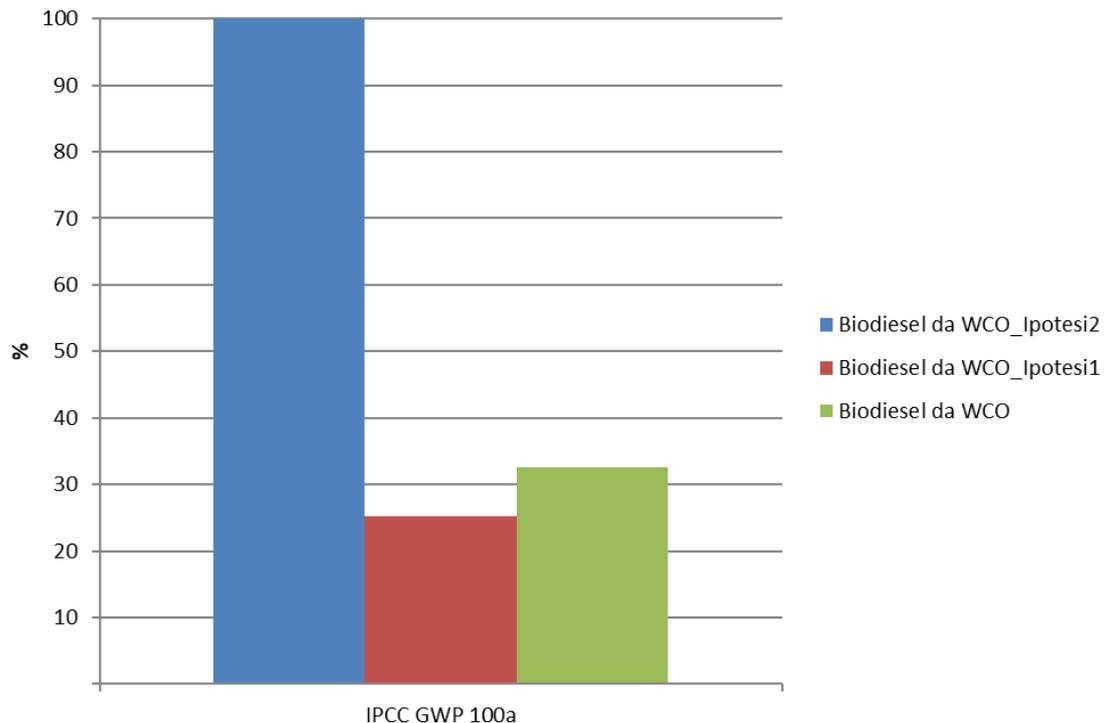
L'analisi di sensitività viene sviluppata a partire da due ipotesi "limite":

- **Ipotesi 1:** i cittadini portano volontariamente gli oli esausti accumulati in un unico punto dove avviene poi il pretrattamento. La fase quindi di raccolta non presenta emissioni da trasporti e consumi di combustibile, in quanto si presume che i cittadini non escano di casa al solo scopo di portare il rifiuto al punto unico.
- **Ipotesi 2:** le case sono distanti fra loro, non c'è un punto unico, e quindi è l'organizzazione della comunità energetica che si occupa della raccolta e della consegna degli OCE al sito per il pre-trattamento. Il percorso totale (che estrapolato dai dati era di circa 50 km) si allunga di un ordine di grandezza.

Dalla figura 6, appare evidente che l'impatto è maggiore è dovuto alla fase di raccolta dell'olio esausto (dato confermato anche con metodo ReCiPe EndPoint).

**Figura 6** Confronto di "Biodiesel da OCE\_ Ipotesi 2", "Biodiesel da OCE\_ Ipotesi 1" e Biodiesel da OCE

METODO: IPCC 2013 GWP 100a



**FONTE:** Nostra Elaborazione

Infine, nell'analisi dell'influenza del tragitto percorso sulle emissioni, si è proceduto alla stima di come queste cambino al variare della distanza da percorrere nella fase di raccolta degli oli e si conclude che la filiera di raccolta corta risulta vantaggiosa in chiave di riduzione delle emissioni di gas clima-alteranti sia in termini assoluti che di incrementi.

### Analisi della fase d'uso

Allargando i confini del sistema alla fase d'uso, cioè alla produzione di energia prodotta dal gruppo elettrogeno previsto dalla nanogrid, tutti gli impatti sono stati calcolati in funzione di 1 MJ di energia. L'inventario è stato quindi costruito usando come modello **un micro-CHP** (Combined Heat&Power) <sup>2</sup> presente nel database Ecoinvent e scalando tutti gli input e le emissioni in base alla potenza ed ai consumi del motore in uso. Il confronto fra i tre sistemi ottenuti alimentando il motore nella fase d'uso con tre diverse miscele (biodiesel da OCE al 10% in diesel, biodiesel da colza al 10% in diesel, diesel puro), utilizzando l'indicatore GWP Global Warming Potential espresso in kg CO<sub>2</sub> eq, mostra chiaramente che (anche se la percentuale in miscela è piccola) i biodiesel hanno un carico inferiore di CO<sub>2</sub>eq, e la migliore prestazione risulta essere del biodiesel da OCE.

---

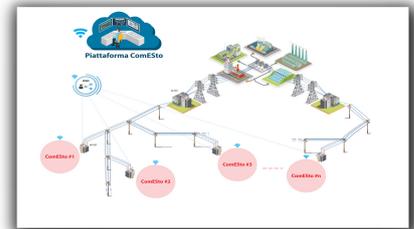
### REFERENCE

[1] M. Ripa, C. Buonauro, S. Mellino, G. Fiorentino, and S. Ulgiati "Recycling Waste Cooking Oil into Biodiesel: A Life Cycle Assessment" International Journal of Performability Engineering Vol. 10, No. 4, June, 2014, pp. 347-356

# EVENTI

## SECONDO WEBINAR COMESTO SMART METERING HARDWARE E CONTROLLO

12 NOVEMBRE 2021



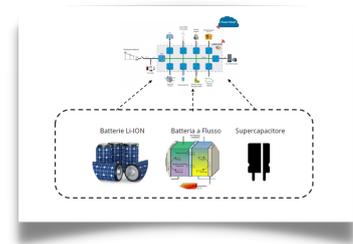
L'attenzione crescente sulle Comunità Energetiche Rinnovabili e le modalità di incentivazione per la promozione del processo (autoconsumo e condivisione dell'energia prodotta) accendono i riflettori sugli stili di consumo individuale e sull'importanza di una migliore consapevolezza degli stessi a favore delle dinamiche collettive.

In questo contesto diventano fondamentali la misurazione intelligente (**Smart Metering**) dei consumi, la granularità della trasmissione dei dati e la facilità di accesso degli stessi da parte dell'utente finale (anche attraverso l'utilizzo di applicazioni ad hoc predisposte).

Il modello di comunità energetica rinnovabile del progetto PON **Community Energy Storage. Gestione aggregata di sistemi di accumulo di Energia** (acronimo **ComESto**) basa le sue fondamenta sul paradigma dell'**accumulo distribuito** in cui tutte le tecnologie coinvolte (sistemi di generazione, sistemi di accumulo e carichi) sono integrati in una microrete domestica (la **DC-nanoGrid**) e gestiti attraverso una piattaforma in cloud (**Piattaforma ComESto**), permettendo, così, l'ottimale gestione dei sistemi integrati, fondamentale per lo sviluppo delle CER, e la possibilità per i membri partecipanti di raggiungere livelli di autoconsumo "istantaneo" molto elevati e con evidenti benefici sia a livello individuale che collettivo. Proprio per questo nel modello proposto lo smart metering e l'inseguimento dei carichi giocano un ruolo di primo piano.

# TERZO WEBINAR

## COMESTO SISTEMI D'ACCUMULO "CONVENZIONALI" 26 NOVEMBRE 2021



Nel modello di Comunità Energetica Rinnovabile (CER) proposto dal Progetto PON ComESto i sistemi di accumulo energetico (SAE), gestiti dalla DC-nanoGrid, giocano un ruolo di primo piano nell'ottimizzazione dell'energia condivisa e nell'autoconsumo collettivo all'interno della comunità.

Così come, ridefiniscono un percorso di più ampia partecipazione stimolando la nascita di una nuova figura in campo energetico rappresentata dal consumager – ovvero, il consumatore di energia dotato di sistema di accumulo integrato con una DC-nanoGrid – che ha la possibilità di partecipare attivamente all'attività della comunità e dividerne i benefici.

Il seminario - terzo di un ciclo di sei nati dalla collaborazione tra AEIT sezione Calabria, l'Università della Calabria e il partenariato del Progetto ComESto – è il primo dei due seminari programmati sul tema dei **sistemi di accumulo di energia finalizzati alla diffusione del paradigma dell'accumulo distribuito**.

Gli interventi previsti a partire da una breve introduzione sulle caratteristiche dei diversi sistemi di accumulo proposti - batterie Li-Ion, Batteria a Flusso e i Supercapacitori - descriveranno le attività progettuali finalizzate all'integrazione degli stessi con la DC-nanoGrid.

The screenshot shows a Zoom meeting with several participants in a grid view. In the foreground, there is a presentation slide titled "SEMINARIO ON LINE" for "COMESTO SISTEMI D'ACCUMULO 'CONVENZIONALI'" on November 26, 2021. The slide includes a program of events:

Time	Topic	Speaker
15:00	Introduzione al Lavoro	Nicola Sorrentino
15:00 - 15:15	Sistemi di accumulo agli Ioni di Litio: tecnologia consolidata	Edoardo Macchi
15:15 - 15:30	Integrazione attraverso la nanogrid	Federica
15:30 - 15:45	La batteria a Flusso e la sua integrazione in reti DC	Paola Tedeschi
15:45 - 16:00	Integrazione di sistemi di storage supercapacitivi in reti DC	Walter Saraceno
16:00 - 16:15	TI E DISCUSSIONE FINALE	-

The slide also lists the speakers: Nicola Sorrentino (Università della Calabria), Edoardo Macchi (FBK), Chiara Zilbergrin (Università della Calabria), and Walter Saraceno (AEIT Manifestazioni). Logos for AEIT Calabria, AEE, and COMESTO are also visible.

# QUARTO WEBINAR

## COMESTO SISTEMI D'ACCUMULO "NON CONVENZIONALI" 14 GENNAIO 2022

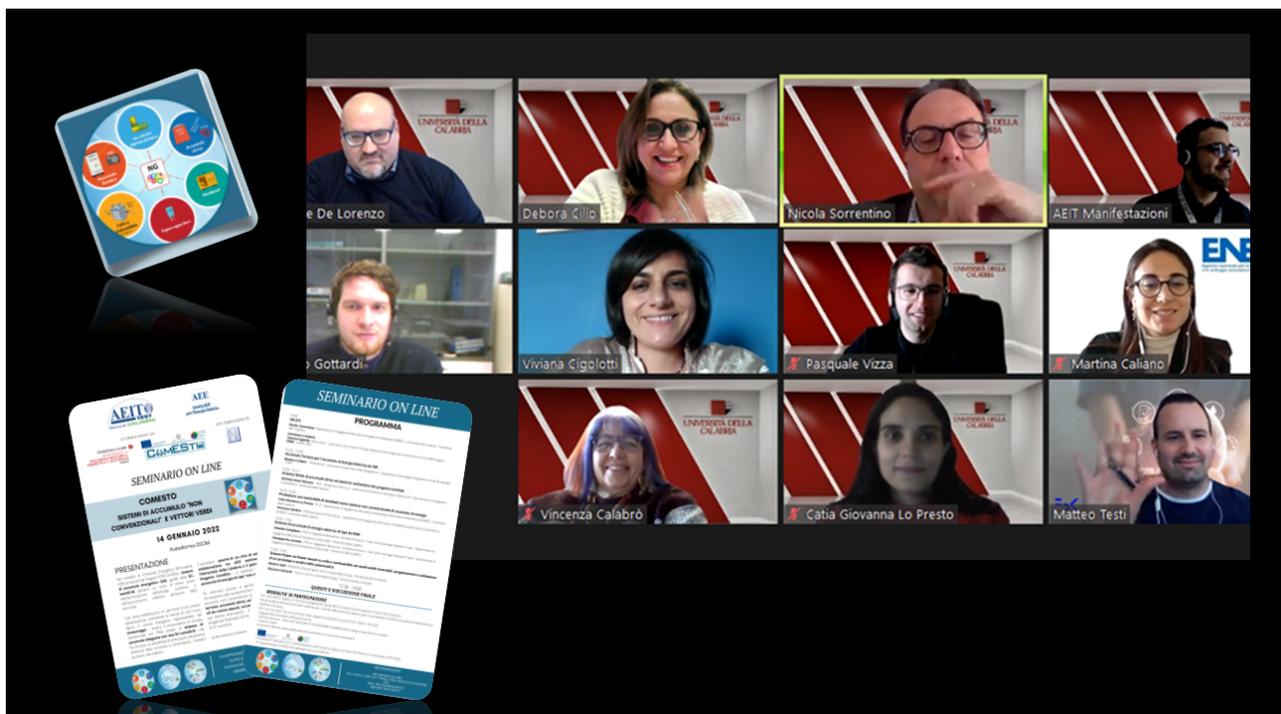


Nel modello di Comunità Energetica Rinnovabile (CER) proposto dal Progetto PON ComESto i **sistemi di accumulo energetico (SAE), gestiti dalla DC-nanoGrid**, giocano un ruolo di primo piano nell'ottimizzazione dell'energia condivisa e nell'autoconsumo collettivo all'interno della comunità.

Così come ridefiniscono un percorso di più ampia **partecipazione**, stimolando la nascita di una nuova figura in campo energetico rappresentata dal consumager – ovvero, il consumatore di energia (residenziale e/o PMI) dotato di sistema di accumulo integrato con una DC-nanoGrid – che ha, dunque, la possibilità di contribuire attivamente all'attività della comunità e dividerne i benefici sia diretti che indiretti.

Il seminario - **quarto di un ciclo di sei nati dalla collaborazione tra AEIT sezione Calabria, l'Università della Calabria e il partenariato del Progetto ComESto** – è stato dedicato ai sistemi di accumulo di energia di tipo "non convenzionale".

Gli interventi a partire da una breve introduzione sulle caratteristiche dei diversi sistemi di accumulo non convenzionali proposti - **accumulo termico, accumulo idrico, accumulo biodiesel da oli da cucina esausti, accumulo a Idrogeno nelle sue diverse declinazioni** - hanno descritto gli avanzamenti delle attività progettuali finalizzate all'integrazione degli stessi con la DC-nanoGrid.



## IN QUESTO NUMERO

**Simone Tegas** - Project Manager - **E-Distribuzione**

**Daniele Menniti** - Professore Ordinario di Sistemi Elettrici per l'Energia - Responsabile Scientifico - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

**Debora Cilio** - Sociologa dell'Ambiente e del Territorio - Ph.D in Scienza Tecnologia e Società - Assegnista di Ricerca - Coordinatrice OR9 - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale (DIMEG) - **Università della Calabria**

**Maria Gabriela De Paola** - Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES) - **Università della Calabria**

**Ivan Mazza** - Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES) - **Università della Calabria**

**Rosy Paletta** - Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES) - **Università della Calabria**

**Catia Giovanna Lopresto** - Dottoranda di Ricerca in Life Science and Technology - Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES) - **Università della Calabria**

**Vincenza Calabrò** - Professore Ordinario in Ingegneria Chimica - Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES) - **Università della Calabria**

**Diego Perrone** - Assegnista di Ricerca - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

**Angelo Algieri** - Professore Associato - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

**Pietro Paolo Morrone** - Professore Associato - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

**Luigi Falbo** - Dottorando di Ricerca - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

**Giuseppe Barone** - Ricercatore - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

**Daniele Menniti** - Professore Ordinario - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

**Anna Pinnarelli** - Ricercatrice - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

**Gaetano Polizzi** - Dottorando di Ricerca - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

**Nicola Sorrentino** - Professore Associato - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

**Pasquale Vizza** - Ricercatore - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

**Catia Giovanna Lopresto** - Dottoranda di Ricerca in Life Science and Technology - Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES) - **Università della Calabria**

**Vincenza Calabrò** - Professore Ordinario in Ingegneria Chimica - Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES) - **Università della Calabria**

**Maria Gabriela De Paola** - Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES) - **Università della Calabria**

**Elena Busi** - Specialista di Ricerca, Laboratorio di LCA & LCC - Dipartimento di Biotecnologie, Chimica e Farmacia (Dipartimento di Eccellenza 2018-2022) - **Università degli Studi di Siena**

**Debora Cilio** - Sociologa dell'Ambiente e del Territorio - Ph.D in Scienza Tecnologia e Società - Assegnista di Ricerca - Coordinatrice OR9 - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale (DIMEG) - **Università della Calabria**

**Immagine Copertina:** Laboratorio per i Sistemi Elettrici e le Energie Rinnovabili (LASEER) - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

**Editor Newsletter: Debora Cilio Ph.D** - Sociologa dell'ambiente e del Territorio - Assegnista di Ricerca - Coordinatrice OR9 - Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale - **Università della Calabria**

## ORGANIGRAMMA PROGETTO ComESTo

**Responsabile  
Scientifico (RS)  
Daniele Menniti**

Università della Calabria

**Project Manager (PM):  
Simone Tegas**  
E-Distribuzione

**Responsabile Rapporti Istruttori: Leonardo Padovano** - E-Distribuzione

**PROJECT EXECUTIVE BOARD (PEB): Simone Tegas** - E-Distribuzione (PM); **Daniele Menniti** - Università della Calabria (RS); **Giorgio Graditi** - ENEA; **Anna Pinnarelli** - Università della Calabria; **Domenico Cimmino** - Evolvere; **Luigi Crema** - Fondazione Bruno Kessler; **Francesco Dura** - E-Distribuzione; **Leonardo Padovano** - E-Distribuzione.

**GRUPPO OPERATIVO DI PROGETTO (GOP): Project Manager; Responsabile Scientifico;** *R. Basosi, M.C. Baratto* (Università di Siena) e *W. Greco* (Università della Calabria) Leader **OR1**; *E.G. Macchi* (Fondazione Bruno Kessler) Leader **OR2**; *V. Cigolotti* (ENEA) e *R. Agostino* (Università della Calabria) Leader **OR3**; *A. Pinnarelli* (Università della Calabria) Leader **OR4**; *N. Sorrentino* (Università della Calabria) e *D. Cimmino* (Evolvere) Leader **OR5**; *F. Dura* (E-Distribuzione) Leader **OR6**; *A. Burgio* (Evolvere) e *M. Lepore* (TEN Project) Leader **OR7**; *F. Dura* (E-Distribuzione) Leader **OR8**; *W. Greco* (Università della Calabria) Leader **OR9**

## LINK DI PROGETTO

### Newsletter Progetto ComESto Febbraio 2022

Sito WEB ComESto: <http://www.comesto.eu/>

E-Mail: [info@comesto.eu](mailto:info@comesto.eu)

Pagina Facebook: [Progetto Comesto](#)

Twitter: [Progetto Comesto](#)

Canale YouTube: [Progetto Comesto](#)

Linkedin: [Progetto Comesto](#)



UNIONE EUROPEA  
Fondi Strutturali  
e di Investimento Europei



Ministero dell'Istruzione,  
dell'Università e della Ricerca



PON  
RICERCA  
E INNOVAZIONE  
2014 - 2020



partnership

e-distribuzione

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE



UNIVERSITÀ  
DI SIENA



FONDAZIONE  
BRUNO KESSLER



<http://www.comesto.eu/>



[info@comesto.eu](mailto:info@comesto.eu)



[Progetto Comesto](#)



[Progetto Comesto](#)