

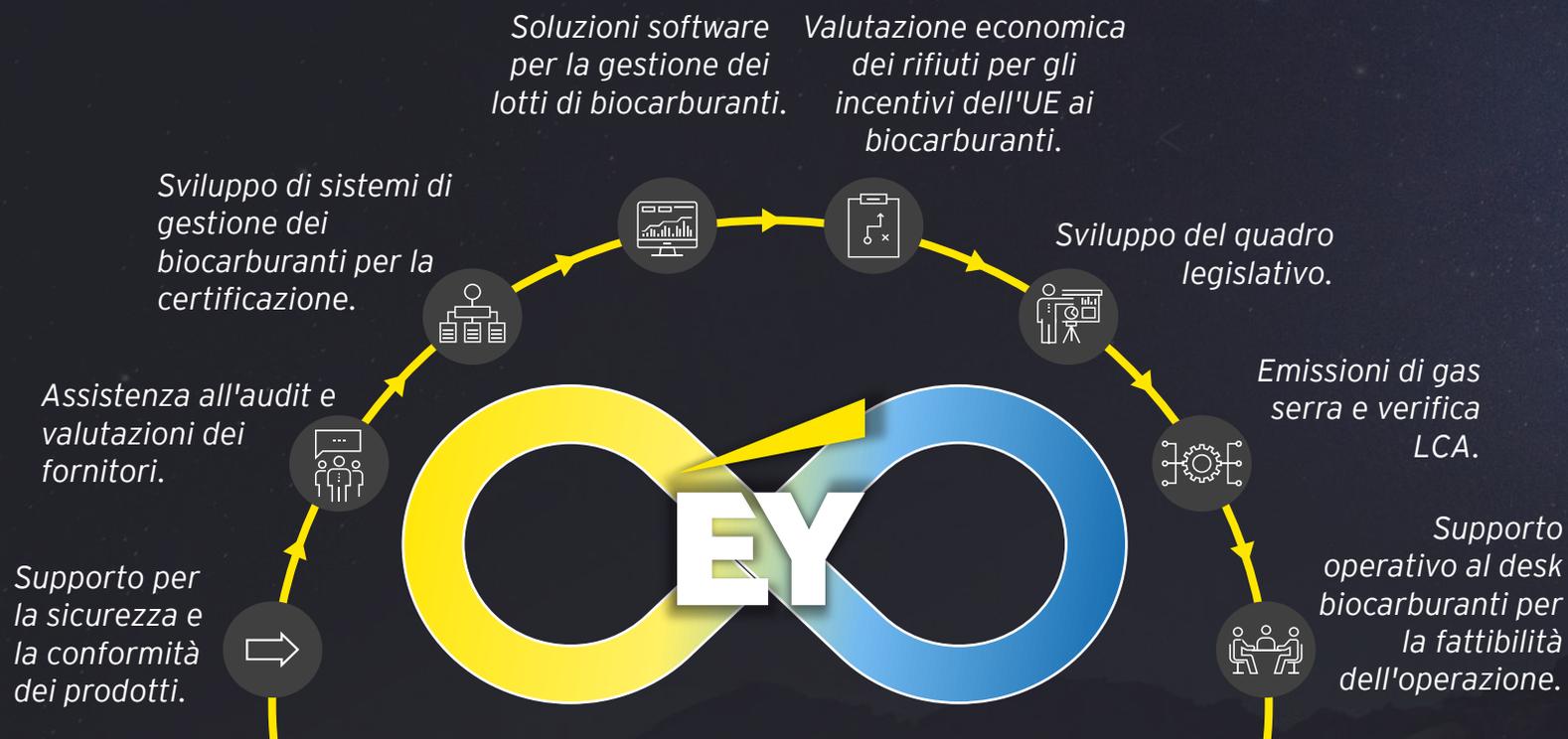


***Sostenibilità dei  
biocarburanti ed applicazione  
delle tecniche per la  
determinazione del contenuto  
biogenico***



# Progetti EY Biofuels

**Consulenza strategica** e supporto per promuovere il business dei combustibili alternativi, che comprende **SAF, biocarburanti e bioprodotti.**



# 50+

Esperti in materia di progetti di biocarburanti

# 30+

Principali operatori economici supportati lungo l'intera filiera dei biocarburanti

# +500%

Crescita del team in 6 anni.

# Agenda

---

1

Biocarburanti:  
cosa sono

2

Normativa: Direttive e  
regolamenti del  
settore

3

Certificazione di  
Sostenibilità dei  
Biocarburanti

4

Relazione tra  
contenuto biogenico  
e sostenibilità

5

Carbonio fossile vs  
Carbonio Biogenico

6

Caso pratico e  
conclusioni

A glass globe with a green plant growing from it, set against a background of green grass and a bright sun. The globe is the central focus, with a small green plant sprouting from the top. The background is a soft-focus green field with a bright sun in the upper right corner, creating a bokeh effect. A yellow and green frame surrounds the text on the left side of the image.

# Introduzione ai Biocarburanti

*Cosa sono e le principali applicazioni*

# Combustibile liquido a basso tenore di carbonio

Una soluzione pronta all'uso

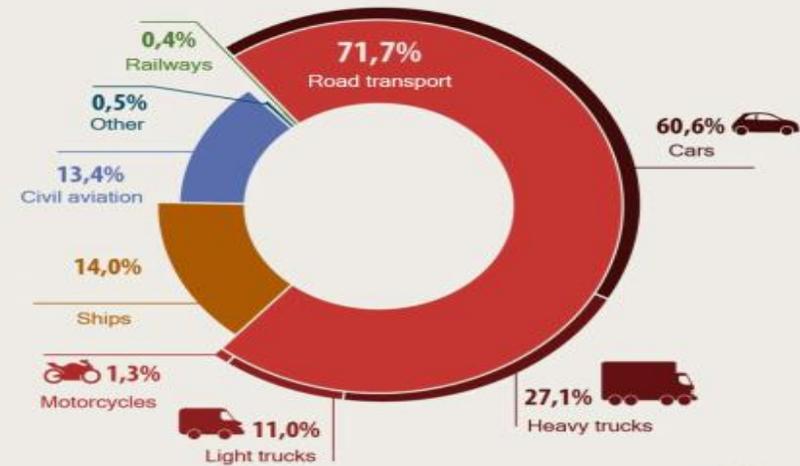


I trasporti rappresentano circa il 30% del consumo totale di energia ed il 25% delle emissioni totali di CO2 in Europa

Ad oggi, il trasporto rappresenta un problema per la **sicurezza dell'approvvigionamento in Europa** (e non solo) a causa della forte dipendenza dal petrolio unita all'aumento della domanda da parte di settori come la logistica e la distribuzione, che continuano ad essere in rapida crescita.

## EMISSIONS PRODUCED BY TRANSPORT IN THE EU

Breakdown of greenhouse gas emissions by transport mode (2019)



Source: European Environment Agency, 2022

### **Investire in combustibili liquidi a basse emissioni di carbonio significa:**

- Entrare in un mercato in via di sviluppo (specialmente per il marittimo e l'avionico) ma in rapida crescita,
- Contribuire al conseguimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni GHG del settore dei trasporti
- Garantire l'approvvigionamento di carburante sostenibile dell'UE



# Combustibile liquido a basso tenore di carbonio

Una soluzione pronta all'uso



Biocarburante sostenibile significa: «**Carburante liquido o gassoso per il trasporto prodotto da biomassa**», dove per biomassa si intende la frazione biodegradabile di prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura, dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani.

## Misure UE per la decarbonizzazione dei trasporti

### ◆ **Trasporto su strada:**

- ✓ ETS per trasporti su strada e edifici
- ✓ Aumento della quota di carburanti rinnovabili (RED III ed atti delegati)
- ✓ Rimozione dei vantaggi fiscali per i combustibili fossili
- ✓ Revisione delle infrastrutture per combustibili alternativi

### ◆ **Trasporto marittimo:**

- ✓ **ETS marittimo:** dal 2024 obbligo di acquisto di quote di emissione
- ✓ **FuelEU Maritime:** riduzione progressiva delle emissioni (-80% entro il 2050)

### ◆ **Trasporto aereo:**

- ✓ **ReFuelEU Aviation:** obbligo di carburanti sostenibili (SAF), dal 2% nel 2025 al 70% nel 2050

### ◆ **Investimenti e finanziamenti:**

- ✓ Oltre **100 miliardi €/anno** per supportare la transizione nei trasporti

# Biocarburanti



## Prima Generazione

I biocarburanti di questa categoria derivano da biomasse commestibili, principalmente zuccheri e trigliceridi, includendo colture alimentari come mais, grano, canna da zucchero, soia e olio di palma.



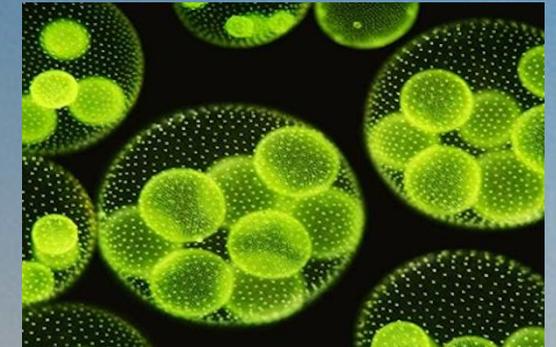
## Seconda generazione

Prodotti da biomassa non commestibile, questi biocarburanti includono materiali lignocellulosici e rifiuti, come paglia di cereali, bagassa di canna da zucchero, residui forestali e oli non commestibili.



## Terza generazione

I biocarburanti da alghe garantiscono rese elevate in tempi brevi e con meno risorse rispetto alle colture terrestri. Possono essere coltivate in ambienti diversi, come acqua di mare, stagni all'aperto e fotobioreattori.



## Quarta generazione

Questa generazione sfrutta l'ingegneria genetica per migliorare gli organismi utilizzati nei biocarburanti, ottimizzando le vie metaboliche per aumentarne resa ed efficienza.

# Generazioni di biocarburanti

## Confronto tra generazioni

### Prima generazione

### Seconda generazione

### Terza generazione

### Quarta generazione

#### Vantaggi

Facili da produrre con tecnologie agricole consolidate. Infrastruttura e mercato sviluppati.

Utilizza scarti e colture non alimentari evitando la competizione con il cibo e riducendo l'uso di nuovi terreni, favorendo una produzione più sostenibile.

Non competono con le risorse alimentari, crescono su terreni non coltivabili e assorbono CO2 industriale, con un potenziale impatto di carbonio negativo.

Biocarburanti basati su ingegneria genetica per migliorare resa ed efficienza. Utilizzo di vari substrati per lo sviluppo di biocarburanti con proprietà superiori.

#### Sfide

Competizione con le risorse alimentari, a favore della deforestazione. Benefici ambientali ridotti dalle emissioni legate all'uso del suolo.

Produzione più complessa e costosa per la necessità di pre-trattamento dei materiali. Potenziale problema di approvvigionamento risorse.

La coltivazione delle alghe è complessa e costosa, richiedendo progressi tecnologici per renderle redditizie.

L'uso di OGM affronta ostacoli normativi, di accettazione pubblica e sfide tecniche legate alla stabilità degli organismi. Potenziali rischi ambientali.

#### Esempi

**Bioetanolo:** Prodotto attraverso la fermentazione microbica dell'amido e di colture ricche di zucchero.  
**Biodiesel:** Derivato da oli vegetali attraverso transesterificazione, che converte i trigliceridi in esteri grassi.

**Biomassa lignocellulosica:** include materiali come paglia di mais, bucce di riso e miscanto, ricchi di cellulosa, emicellulosa e lignina.  
**Oli non commestibili:** provenienti da piante come la Jatropha e olio da cucina esausto.

**Microalghe:** organismi unicellulari ad alto contenuto lipidico, adatti alla produzione di biodiesel.  
**Macroalghe:** alghe marine multicellulari utilizzate in vari settori.

**Microrganismi geneticamente modificati:** batteri, lieviti e alghe ingegnerizzati per produrre bioetanolo, biobutanolo etc.  
**Piante Geneticamente Modificate:** modificate per aumentare la produzione di lipidi e carboidrati.

# RFNBO e RCF

## Due nuove tecnologie di combustibile "green"

**Carburante Rinnovabile di Origine Non Biologica (RFNBO):** carburanti liquidi o gassosi utilizzati per i trasporti il cui contenuto energetico proviene da fonti energetiche rinnovabili diverse dalla biomassa

**Combustibili derivanti da carbonio riciclato:** combustibili liquidi e gassosi prodotti a partire dal riciclaggio di flussi di rifiuti liquidi o solidi di origine non rinnovabile o dal gas proveniente dal trattamento dei rifiuti e dai gas di scarico di origine non rinnovabile.

Green H2



Power to X



Rifiuti plastici misti



CO2  
(post-industriale)



Gli RFNBO, oltre a metano, metanolo, etanolo, etere dimetilico, benzina, cherosene e diesel, comprendono anche gli e-fuel, ossia i carburanti sintetici liquidi o gassosi prodotti mediante processi ad alta intensità energetica che utilizzano energia elettrica rinnovabile (non energia elettrica proveniente dalla rete).

La fonte del carbonio è ancora più rilevante per il calcolo dell'impatto climatico degli RCF, perché contribuiscono ad aumentare la concentrazione di CO2 nell'atmosfera quando vengono convertiti in combustibile e bruciati.

# Verso la sostenibilità

## Sostenibilità per un'ampia gamma di prodotti e settori



### SETTORE AEREO

Il programma CORSIA dell'ICAO impone all'industria aeronautica di compensare le emissioni di gas serra legate alla crescita a partire dal 2021. CORSIA, ora volontaria, prevede una seconda fase obbligatoria (2027-2035), che interesserà direttamente la maggior parte delle compagnie aeree.

RefuelEU Aviation è invece il regolamento europeo che mira alla decarbonizzazione del settore dell'aviazione.



### SETTORE MARITTIMO

L'IMO ha già varato nell'ambito della Strategia Iniziale, nuove misure, investimenti e incentivi a breve, medio e lungo termine:

- Estensione della normativa ETS al settore dello shipping
- Pagamento dei crediti di carbonio
- Promozione di combustibili alternativi sostenibili
- Revisione delle direttive in materia di tassazione dell'energia
- Nuove infrastrutture per i combustibili alternativi e le energie rinnovabili

FuelEU Maritime è invece il Regolamento europeo che mira alla decarbonizzazione del settore marittimo.



### SETTORE AUTOMOTIVE

La normativa europea ha imposto obblighi specifici per l'intera filiera dei biocarburanti, dei bioliquidi e del biometano nel settore del trasporto automobilistico.

Per dimostrare la conformità ai requisiti di sostenibilità della Direttiva (e dei relativi atti delegati) e, nei casi previsti dai singoli Stati, per poter accedere anche alle concessioni, gli operatori economici devono ottenere una specifica certificazione.



### APPLICAZIONI INDUSTRIALI

Molti prodotti e sottoprodotti derivanti da un approccio di economia circolare e bioeconomia possono essere certificati e utilizzati in altri settori ad alta intensità energetica. Si tratta di una certificazione volontaria per i mercati, che non sono soggetti a normative specifiche, quali:

- i mercati dei biocarburanti (non UE) e della bioenergia;
- alimenti e mangimi;
- Applicazioni agricole;
- applicazioni chimico/tecniche.

In questo modo, l'intera filiera è pienamente conforme agli standard di tracciabilità, sociali e ambientali.

# Applicazioni

## Tipologie di biocarburante applicabili ai settori del trasporto

### Aviation Fuels

#### ATJ

Alcoli come etanolo o butanolo, derivati da materiali rinnovabili, convertiti in carburante per aviazione tramite fermentazione e catalisi.

#### FT-SPK

Gas da biomassa, gas naturale o carbone convertiti in idrocarburi liquidi tramite il processo Fischer-Tropsch.

#### PtL

Idrogeno ottenuto da elettrolisi e sintetizzato con CO2 in gas di sintesi, poi convertito in carburante tramite reattore FT o sintesi del metanolo; la CO2 proviene da rifiuti o atmosfera.

#### HEFA

Prodotto da oli vegetali, grassi animali, oli di scarto idroprocessati in carburante per aviazione.

### Maritime Fuels

#### Ammonia

Prodotta da combinazione di idrogeno e azoto è una soluzione interessante grazie all'assenza di contenuto di carbonio, (esenzione dai costi delle tecnologie di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS)).

#### E-metanolo rinnovabile

Carburante sintetico di particolare interesse prodotto da idrogeno verde e CO2 rinnovabile.

#### Biometano

L'alta maturità tecnologica lo rende un'opzione valida per sostituire il GNL. Presenti alcune difficoltà logistiche e di distribuzione, essendo un combustibile gassoso.

#### Idrogeno

L'uso diretto di H2 verde tramite celle a combustibile (FC) e motori a combustione interna (ICE) è un'opzione soprattutto per brevi percorrenze (ad esempio, navigazione domestica).

### Automotive Fuels

#### Biodiesel

Prodotto da oli vegetali o grassi animali mediante transesterificazione. Può sostituire il diesel nei veicoli con poche o nessuna modifica del motore.

#### HVO

Prodotto dall'idrolavorazione di grassi o oli vegetali, ottenendo un diesel di alta qualità. È un'alternativa sostenibile grazie alle minori emissioni di GHG e alla compatibilità con i motori diesel esistenti.

#### Biometano

Gas naturale rinnovabile prodotto attraverso la digestione anaerobica di materiali organici come residui agricoli, letame animale, fanghi di depurazione e rifiuti alimentari.

#### Bioetanolo

Combustibile rinnovabile ricavato da fonti vegetali come mais e canna da zucchero. Può essere utilizzato da solo o miscelato con la benzina nei veicoli.

A glass globe with a green plant growing from it, set against a background of green grass and a bright sun. The globe is the central focus, with a small green plant sprouting from the top. The background is a soft-focus green field with a bright sun in the upper right corner, creating a bokeh effect. A yellow and green frame is overlaid on the left side of the image.

# Normativa

*Direttive e regolamenti per la  
decarbonizzazione del settore dei trasporti*

# Strategia europea di decarbonizzazione

## Principali direttive e regolamenti

Nel contesto del **Green Deal europeo**, l'energia rinnovabile rappresenta un pilastro fondamentale della transizione verso un'energia più pulita

### Delivering on the EU climate and energy ambition



# Renewable Energy Directive

La RED III è una proposta legislativa dell'Unione Europea che aggiorna la direttiva RED II con l'obiettivo di accelerare la transizione verso un sistema energetico a basse emissioni di carbonio, aumentando la quota di energie rinnovabili nel mix energetico dell'UE.

## Atti delegati:

- ❑ (UE) 2023/1185: metodologia di calcolo emissioni GHG per RFNBO e RCF;
- ❑ (UE) 2023/1640: metodologia di calcolo del contenuto biogenico in batch co-processati;
- ❑ (UE) 2022/996 e (UE) 2019/807: determinazione delle materie prime a rischio ILUC basso/alto;
- ❑ (UE) 2024/1405: revisione dell'Allegato IX della RED II (biocarburanti avanzati).

	TARGET	RED II	RED III
	Target energie rinnovabili	32%	42,5% (+2,5%)
	a) Riduzione dei gas serra	-	14,5%
	b) Quota di Energia rinnovabile trasporti	14%	29%
	Biocarburanti avanzati	In 2022 In 2025 In 2030	- 1,0% 4,5% +1,0% di RFNBOs
	RFNBOs	Advanced+ RFNBOs RFNBOs Maritime sector	- 5,5% 1,2%
	Biocarburanti da colture alimentari		+ 1% rispetto 2020 Limitato a 7%
	UCO e grassi animali		Limitato a 1,7%

# ReFuelEU Aviation

È un'iniziativa normativa pionieristica volta a promuovere l'uso di carburanti sostenibili per l'aviazione all'interno dell'Unione Europea, promuovendo una strategia unificata per decarbonizzare il settore dell'aviazione. Essa mira a evitare un panorama frammentato di normative, garantendo condizioni di parità, e tiene conto delle diverse capacità e condizioni degli Stati membri dell'UE nella transizione verso un'aviazione più verde.

## Aeroporti

- ✓ Garantire che gli aeromobili possano accedere al carburante con il contenuto di SAF richiesto dal regolamento sviluppando le infrastrutture necessarie.

## Operatori aerei

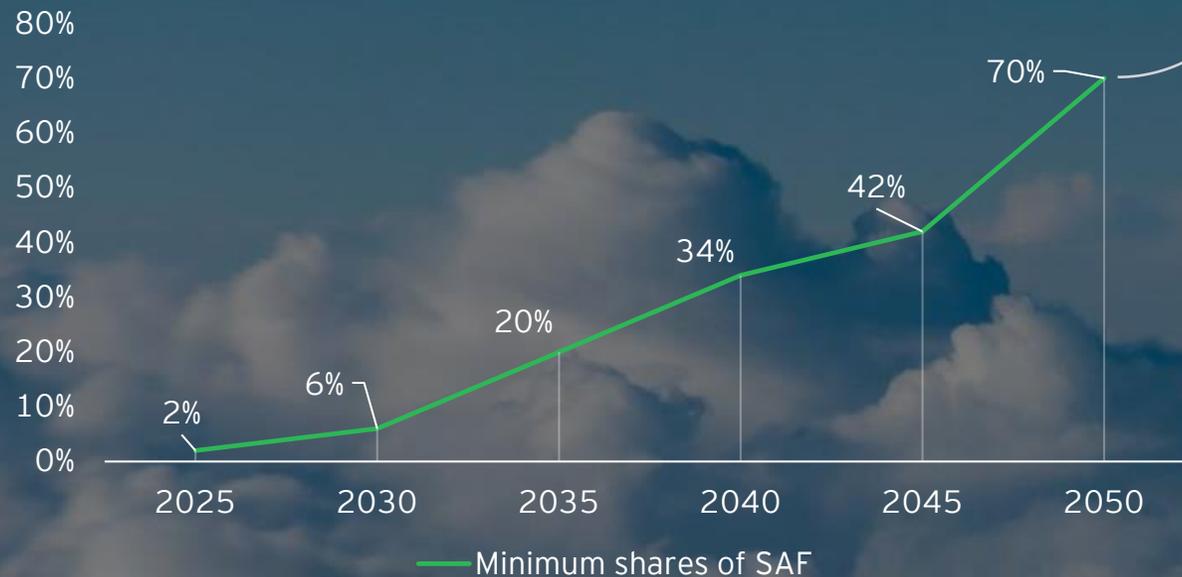
- ✓ Gli operatori aerei devono acquistare almeno il 90% delle loro necessità annuali di carburante da un aeroporto dell'Unione.
- ✓ Riportare l'uso di SAF alle autorità.

## SAF fornitori

- ✓ Rifornire gli aeroporti dell'Unione con la quota minima di SAF richiesto.
- ✓ Riportare i volumi di SAF nell'UDB.
- ✓ Mantenere tracciabilità delle informazioni tramite il bilancio di massa.
- ✓ Fornire informazioni sui SAF agli operatori aerei.

# ReFuelEU Obiettivi

## SAF % Dal 2025 Al 2050



Le quote minime di SAF escludono materie prime come colture alimentari, palma e derivati della soia, garantendo un'attenzione particolare alle fonti sostenibili.

# 3%

Tetto massimo per i biocarburanti per l'aviazione non inclusi nell'allegato IX, parte A o B, della direttiva sulle energie rinnovabili.



La carenza di fornitori di carburante nella quota di carburanti sostenibili per l'aviazione deve essere compensata nel periodo di riferimento successivo.

# Settore Marittimo - Contesto e megatrend

*Il settore dell'industria marittima e le potenziali evoluzioni future*

## Industria marittima

- **75%** degli scambi con l'estero (commercio extra-UE);
- il **31%** degli scambi intra-UE;
- **70%** in termini di valore del trading globale;
- l'**11%** delle emissioni totali di CO2 dell'UE derivanti dal settore dei trasporti
- **3-4%** delle emissioni complessive di CO2 dell'UE.

Le merci spedite via mare potrebbero raddoppiare nei prossimi decenni e, con esse, le esternalità ambientali.

## CO2

### Azioni di riduzione

Tra le azioni mirate finalizzate alla transizione ecologica e alla riduzione delle emissioni nel settore marittimo si segnalano:

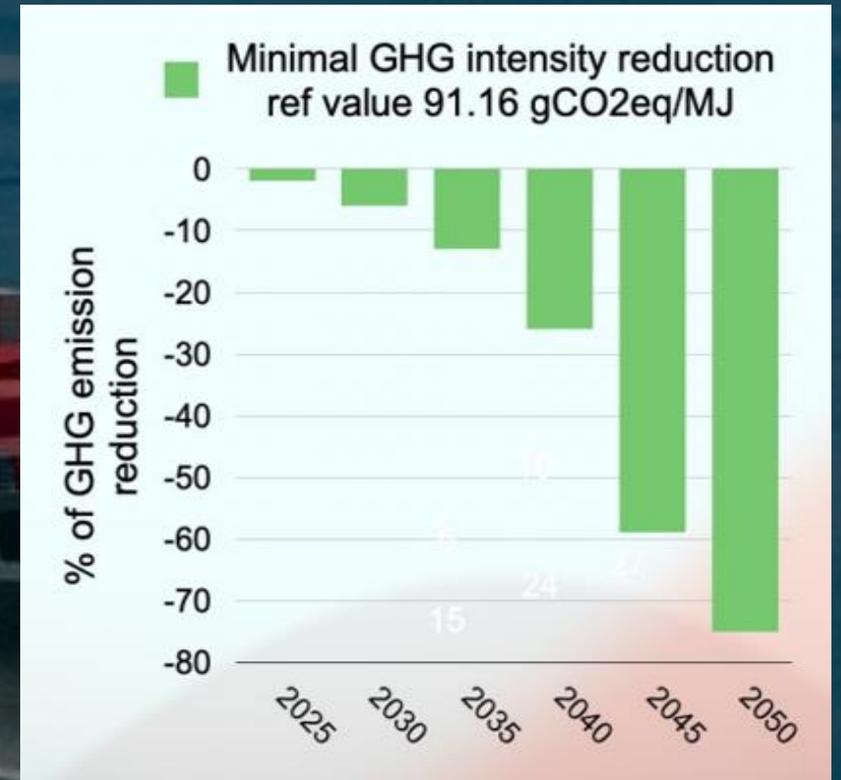
- **Utilizzo di combustibili liquidi a basse emissioni di carbonio per grandi navi;**
- **Elettificazione di piccole navi;**
- **Misure di efficienza energetica;**
- **Elettificazione dei porti**

## Settore marittimo AS-IS

Combustibili fossili. L'olio combustibile pesante (**HFO**), il gasolio per uso marittimo (**MGO**), l'olio combustibile a bassissimo tenore di zolfo (**VLSFO**) e l'uso di gas naturale liquefatto (**GNL**) forniscono attualmente fino al **99% della domanda finale di energia del settore**. Se il settore del trasporto marittimo internazionale fosse un paese, sarebbe il sesto o il settimo più grande emettitore di CO2, paragonabile alla Germania.

# MaritimeEU

- **Riduzione delle emissioni:** Obiettivi minimi di riduzione dell'intensità dei gas serra per tutte le navi sopra le 5.000 tonnellate di stazza.
- **Energie rinnovabili:** Solo il 50% dell'energia usata in porti non UE è conteggiata. Le energie rinnovabili nel settore marittimo contribuiscono al massimo del 13% degli obiettivi RED.
- **RFNBO:** Obiettivo dell'1% di RFNBO entro il 2031, con introduzione di un sottocontingente obbligatorio dal 2034 in caso di mancato raggiungimento.
- **Aggregazione delle emissioni:** Le emissioni di gas serra di più navi possono essere aggregate per il calcolo complessivo.
- **Penalità:** Sanzioni in caso di inosservanza degli obiettivi di riduzione delle emissioni.





# Certificazione di Sostenibilità dei Biocarburanti

*Schemi volontari e requisiti nazionali*

# Certificazione dei biocarburanti

*Per la neutralità carbonica in tutti i modi di trasporto e in tutte le applicazioni energetiche*

Ma la produzione su larga scala di biocarburanti genera preoccupazioni sulla loro sostenibilità: emissioni reali di gas serra, perdita di biodiversità, cambiamenti nell'uso del suolo, aspetti sociali, competizione con il cibo.

**I biocarburanti devono essere sostenibili**



Criteria di utilizzo del suolo



Risparmio di gas serra



Buone condizioni ambientali

## **La certificazione:**

È uno strumento per distinguere i prodotti sostenibili (biocarburanti, intermedi, materie prime) da quelli che non lo sono

- fornisce garanzie e conformità su tutta la filiera dei biocarburanti: tutte le organizzazioni della filiera devono essere certificate.

***La tracciabilità e la sostenibilità delle materie prime, dei prodotti intermedi e dei biocarburanti è certificata***

# Processo di certificazione

## Come ottenere la certificazione



1

Identificare il mercato

2

Scegliere uno Schema Volontario (VS)

3

Scegliere un Certification Body (CB)

4

Registrarsi al VS

5

Preparazione per l'audit

6

Certificazione

# Preparati per l'audit

## Documenti principali

### File GHG

fornisce informazioni dettagliate sulle emissioni di gas serra (GHG) associate alla produzione e all'uso di biocarburanti;

### Manuale

Descrive i principali processi del sistema di gestione dei biocarburanti con particolare riferimento alla divisione dei ruoli e delle responsabilità, alla tracciabilità, al bilancio di massa e ai requisiti di calcolo dei GHG

### Procedure e Registri

Composto da:

- Lista di distribuzione
- Piano di audit
- Registro delle Non Conformità
- Piano di formazione ed elenco dei partecipanti alla formazione

### Risk Analysis

Identificazione e valutazione dei rischi connessi alle attività relative ai biocarburanti;

### Mass Balance

Si tratta di un sistema di contabilità che consente agli operatori di tracciare i lotti in entrata e in uscita e di frazionare e **miscelare lotti di biocarburante sostenibile e non sostenibile**, purché venga garantito che la quantità di materiale sostenibile in ingresso corrisponda a quella in uscita. Questo approccio consente di **certificare il contenuto sostenibile di un prodotto senza la necessità di mantenerlo fisicamente separato**, garantendone la tracciabilità.

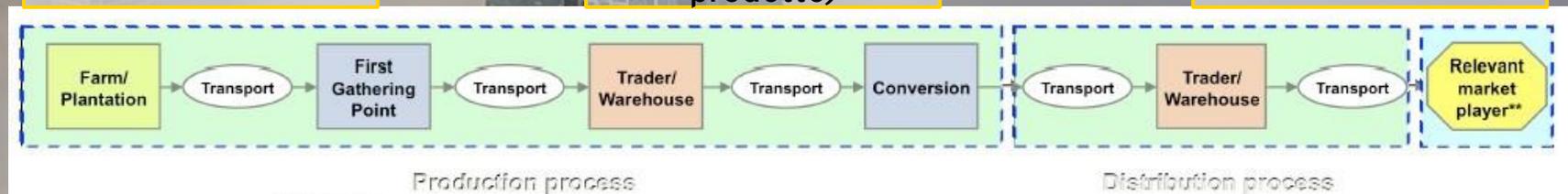
# Quanti certificati?



Certificato dell'operatore

Sustainability Declaration (certificazione di prodotto)

CIC

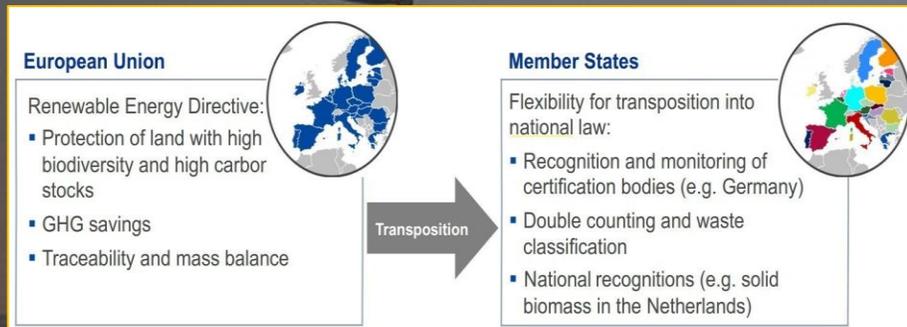


# Legislazione locale

## Criteria nazionali degli Stati membri dell'UE e requisiti aggiuntivi

### NORME NAZIONALI

- Oltre ai requisiti della direttiva RED e FQD, e quindi alle linee guida degli schemi volontari di certificazione, gli operatori della filiera devono rispettare anche la legislazione nazionale del paese in cui operano. Le Direttive infatti sono spesso «trasposte» ed attuate in maniera differente a livello nazionale.



Ciò significa che ogni operatore economico certificato è tenuto a conformarsi alla direttiva europea ma, allo stesso tempo, a seconda del mercato finale del biocarburante, essere in grado di soddisfare i requisiti nazionali.

### REQUISITI AGGIUNTIVI IN CASO DI PRODOTTI BLENDATI

- Quando i biocarburanti vengono miscelati con carburanti fossili, le informazioni sulla *sostenibilità* e le caratteristiche di GHG assegnate alla miscela *devono riflettere la quota fisica di biocarburanti nella miscela*.
- Il *test C14 potrebbe essere richiesto* per confermare il contenuto biogenico della miscela, secondo la normativa nazionale.

**Esempio Olanda:** Il soggetto obbligato è tenuto a dimostrare la quantità fisica di biocarburante in una consegna di carburante tramite campionamento e analisi. Questo quadro si applica:

- 
- HVO/HEFA
  - Bio-naftalina
  - Bio-olio combustibile
  - Bio-metanolo
  - Bio-LNG
  - bio-MTBE
  - carburanti co-processati, ecc.

Questo quadro non si applica al FAME, bioetanolo ed ETBE.

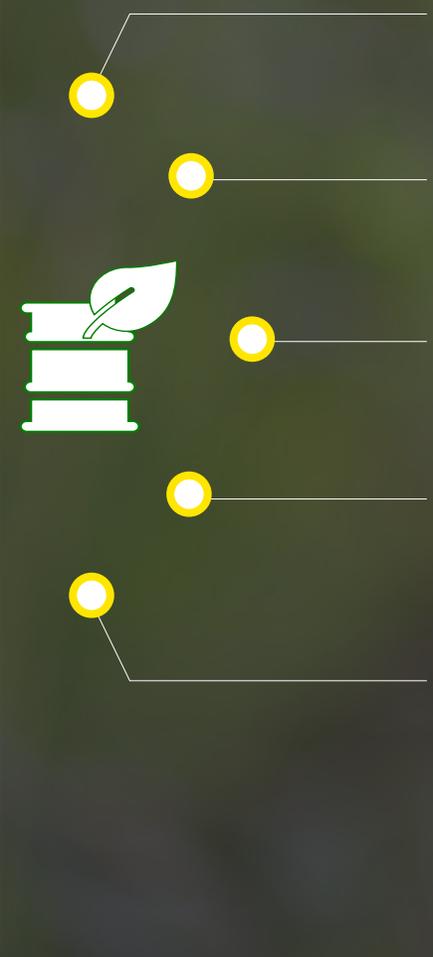


L'importanza del contenuto  
biogenico per il  
riconoscimento della  
sostenibilità

*Normativa di riferimento*

# Prodotti blendati o co-processati

## Riconoscimento della sostenibilità



**Non tutti i biocarburanti sono drop-in** → Solo alcuni possono essere utilizzati al 100% nei motori esistenti senza modifiche.

**Necessità di blending** → Molti biocarburanti vengono miscelati con il corrispondente combustibile fossile per garantire compatibilità e performance.

**Fattori che influenzano il blending** → Le percentuali di miscelazione dipendono sia da limiti tecnologici che da regolamenti normativi.

**Sostenibilità e mercato dei crediti** → Il riconoscimento della sostenibilità non si basa solo sulla quota di materiale rinnovabile nel blend, ma anche su un sistema di crediti di sostenibilità.

**Co-processing e mass balance** → Nel caso di co-processing, si applicano le regole dell'Atto Delegato della RED. Altrimenti, il metodo del **mass balance** può essere seguito, salvo specifiche normative nazionali.

# Quadro normativo

## *La determinazione del Contenuto Biogenico nei Biocarburanti*

### NORMATIVA EUROPEA

La **Direttiva UE 2018/2001 (RED II)** stabilisce i requisiti di sostenibilità per biocarburanti, bioliquidi e combustibili da biomassa. All'articolo 30 si prescrive l'utilizzo di un sistema di equilibrio di massa per monitorarne la **conformità** con tali criteri e assicurarne la **tracciabilità** lungo la supply chain in caso la partita sia mescolata con altri carburanti non sostenibili.

La **determinazione del contenuto biogenico è necessaria per verificare la correttezza** di quanto determinato con bilancio di massa, così da assicurare la corretta contabilizzazione della quota di biocarburante.

La **Direttiva 98/70/EC**, conosciuta come **Fuel Quality Directive**, ha il fine di assicurare norme **per la qualità di petrolio, diesel e biocarburanti nei trasporti su strada**.

All'articolo 4 è specificato che:

- il diesel che entra nel mercato europeo deve soddisfare i requisiti di qualità elencati nell'Annex II, con riferimento alla riduzione delle emissioni di gas serra;
- È necessario fornire adeguate informazioni ai consumatori sul **contenuto di biocarburanti nel diesel**.

### STANDARD EUROPEI

- **EN 228:2004 e EN 590:2004**: per la qualità rispettivamente di benzina e gasolio venduti in UE; dispongono requisiti di proprietà fisiche e chimiche, di composizione, di emissioni.

# Quadro normativo

## Co-processo

Il **co-processing** si riferisce a una unità di raffineria in cui le materie prime di biomassa sono trattate insieme a quelle di origine fossile per la produzione di carburante finale.

### ATTO DELEGATO

Regolamento UE 2023/1640: La linea guida per la determinazione della quota rinnovabile in un carburante coprocessato.

Tale regolamento è il compimento di quanto prescritto nella **Direttiva 2018/18/2001** per il Parlamento europeo e del Consiglio, art 28 par. 5, dove si richiede l'adozione di **atti delegati** con specificazione delle metodologie per determinare la quota di biocombustibili e di biogas per il trasporto derivanti da biomassa trattata con combustibili fossili in un **processo comune**.

Gli operatori economici possono determinare il contenuto biogenico attraverso 3 metodi:

- Bilancio energetico o di massa (art 2 e 3);
- Metodo della resa (art 4);
- Test del radiocarbonio (art 5).

All'art 6 è specificato che per il test del radiocarbonio si deve utilizzare l'ASM, o l'LSC se il contenuto atteso di biocombustibile è almeno pari all'1%, secondo gli **standard** quali **ASTM D6866** o **CEN/TS 16640**.

Deve essere utilizzato periodicamente su ogni batch per verificare l'accuratezza degli altri metodi, ogni 4 mesi o in occasione di un cambiamento significativo della composizione del feedstock



# Carbonio fossile e carbonio biogenico

*Definizioni e metodologie di calcolo*

# Differenza tra Carbonio Fossile e Biogenico

## Introduzione - L'importanza del carbonio

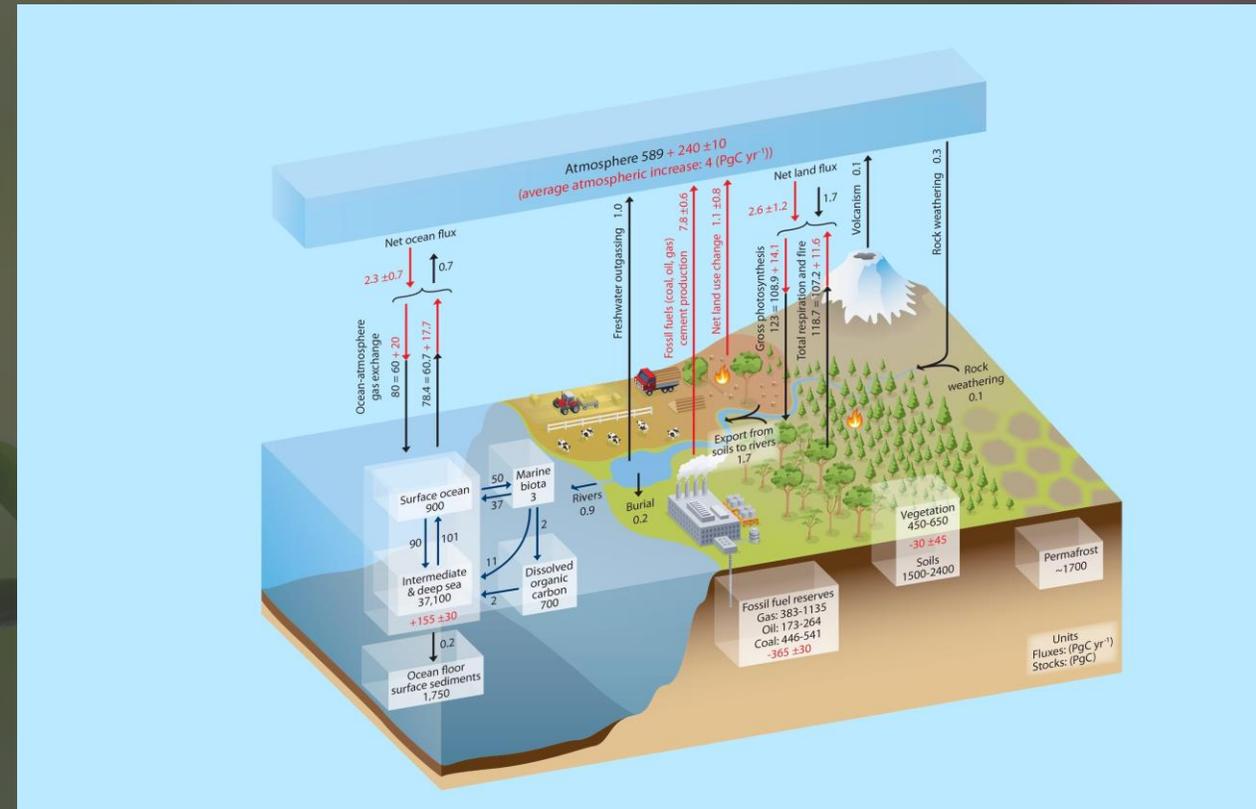
Il carbonio grazie alla sua versatilità chimica, può formare molti composti, dai semplici idrocarburi alle complesse molecole organiche degli organismi viventi.

### Ruolo nel Ciclo del Carbonio

➤ Il ciclo del carbonio è un processo biogeochimico che coinvolge l'interscambio di carbonio tra la geosfera, l'idrosfera, la biosfera e l'atmosfera. Questo ciclo è fondamentale per mantenere l'equilibrio del clima terrestre e per sostenere la vita. Ad esempio, il carbonio è assorbito dalle piante durante la fotosintesi, trasformando la CO<sub>2</sub> atmosferica in biomassa. Questa biomassa è poi consumata dagli animali e decomposta dai microrganismi, rilasciando nuovamente CO<sub>2</sub> nell'atmosfera.

### Principali campi di studio del Carbonio

- **Geologia del Petrolio e del Carbone:** è un componente chiave nei combustibili fossili. La comprensione della formazione e della distribuzione dei giacimenti di petrolio e carbone è essenziale per l'industria energetica. (Ad esempio, la grafite, un allotropo del carbonio, è utilizzata come lubrificante secco e materiale refrattario nei processi industriali.)
- **Mitigazione del Cambiamento Climatico:** I geologi svolgono un ruolo cruciale nello studio dei serbatoi di carbonio, come le foreste e gli oceani, e nel monitoraggio delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Tecniche come il sequestro del carbonio, che prevede l'iniezione di CO<sub>2</sub> in formazioni geologiche profonde, sono fondamentali per ridurre l'impatto delle emissioni antropogeniche



# Differenza tra Carbonio Fossile e Biogenico

## Definizioni - Carbonio Fossile e Carbonio Biogenico

### Carbonio Fossile

- **Definizione:** Il carbonio fossile si trova nei combustibili fossili come petrolio, carbone e gas naturale, formatisi milioni di anni fa dalla decomposizione di materiale organico sotto alte pressioni e temperature.
- **Formazione:** I combustibili fossili si formano in milioni di anni. Piante e animali morti si accumulano in strati di sedimenti e, sotto pressioni e temperature elevate, si trasformano in carbone, petrolio e gas naturale.
- **Impatto Ambientale:** La combustione dei combustibili fossili rilascia grandi quantità di CO<sub>2</sub>, contribuendo all'effetto serra e al riscaldamento globale. L'estrazione e l'uso di questi combustibili causano inquinamento, perdita di biodiversità e degrado del suolo.



### Carbonio Biogenico

- **Definizione:** Il carbonio biogenico proviene da fonti biologiche recenti, come piante e animali, ed è parte del ciclo naturale del carbonio.
- **Ciclo Naturale:** Le piante assorbono CO<sub>2</sub> durante la fotosintesi e lo rilasciano quando muoiono e si decompongono. Questo ciclo bilancia rapidamente le emissioni e l'assorbimento di CO<sub>2</sub>.
- **Sostenibilità:** La biomassa è una fonte di energia sostenibile perché il carbonio rilasciato durante la combustione è bilanciato da quello assorbito dalle piante durante la crescita. Può essere usata per produrre biocarburanti, riducendo le emissioni di gas serra.



### Confronto

**Origine:** Il carbonio fossile proviene da fonti antiche e non rinnovabili, mentre il carbonio biogenico proviene da fonti recenti e rinnovabili.

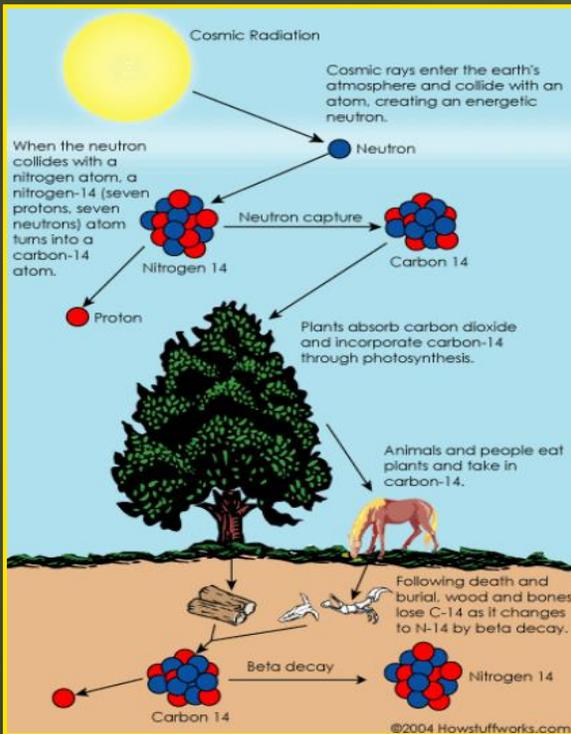
**Tempo di Formazione:** Il carbonio fossile si forma in milioni di anni, mentre il carbonio biogenico è parte di un ciclo rapido che avviene in pochi anni o decenni.

**Impatto Ambientale:** Le emissioni di CO<sub>2</sub> dal carbonio fossile non sono bilanciate e contribuiscono al cambiamento climatico. Al contrario, le emissioni di CO<sub>2</sub> dal carbonio biogenico sono bilanciate dall'assorbimento durante la crescita delle piante, rendendolo una fonte di energia più sostenibile.

# Il radiocarbonio in natura

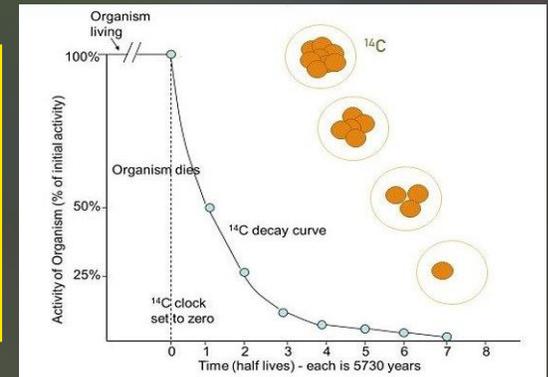
## il suo utilizzo per la determinazione del contenuto rinnovabile nei biocarburanti

Isotopes of carbon	Mass number (A)	No. of protons	No. of neutrons	Abundance on earth
Carbon-12 ( $^{12}\text{C}$ )	12	6	6	99 %
Carbon-13 ( $^{13}\text{C}$ )	13	6	7	1 %
Carbon-14 ( $^{14}\text{C}$ )	14	6	8	trace amounts

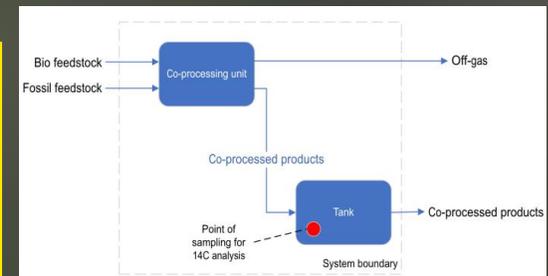


Il carbonio sulla Terra esiste in tre principali forme isotopiche, vale a dire carbonio-12 (isotopo stabile), carbonio-13 (isotopo stabile) e carbonio-14 (debolmente radioattivo). Tutti e tre gli isotopi hanno un numero diverso di neutroni e sono presenti in diversa abbondanza. Gli esseri viventi, durante la loro vita, assorbono anidride carbonica dall'atmosfera trattenendo il Carbonio 14 o  $^{14}\text{C}$ ; questo è prodotto nell'atmosfera attraverso l'interazione tra raggi cosmici e azoto.

La concentrazione di carbonio-14 diminuisce della metà ogni 5730 anni (emivita del carbonio-14) dopo la fine della vita degli organismi. In tal senso, i giacimenti petroliferi formati centinaia di milioni di anni fa non contengono carbonio-14.



L'analisi del rapporto tra Carbonio - 12 e Carbonio - 14 è ad oggi il metodo più semplice ed accurato per la determinazione del contenuto rinnovabile dei biocarburanti, considerando la grande variabilità delle biomasse di origine che li compongono.



# Applicazioni del metodo della datazione del carbonio-14

## Campi di Utilizzo del Carbonio-14

Il metodo del carbonio-14 è ampiamente utilizzato in vari campi:

- **Archeologia:** Per datare reperti archeologici come ossa, legno e tessuti (famoso lo studio condotto sulla Sacra Sindone di Torino)
- **Geologia:** Per studiare cambiamenti climatici e datare sedimenti carboniosi "recenti"
- **Scienze ambientali:** Per tracciare il ciclo del carbonio e studiare l'inquinamento
- **Biomedicina:** Per ricerche su processi biologici e medici
- **Settore petrolchimico:** Determinazione del contenuto rinnovabile dei biocarburanti miscelati e co-processati con prodotto fossile

Principio della datazione: misurazione del rapporto  $^{14}\text{R}$

$$^{14}\text{R} = \frac{^{14}\text{C}}{\text{C}_{\text{tot}}} = \frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}} = 10^{-12}$$

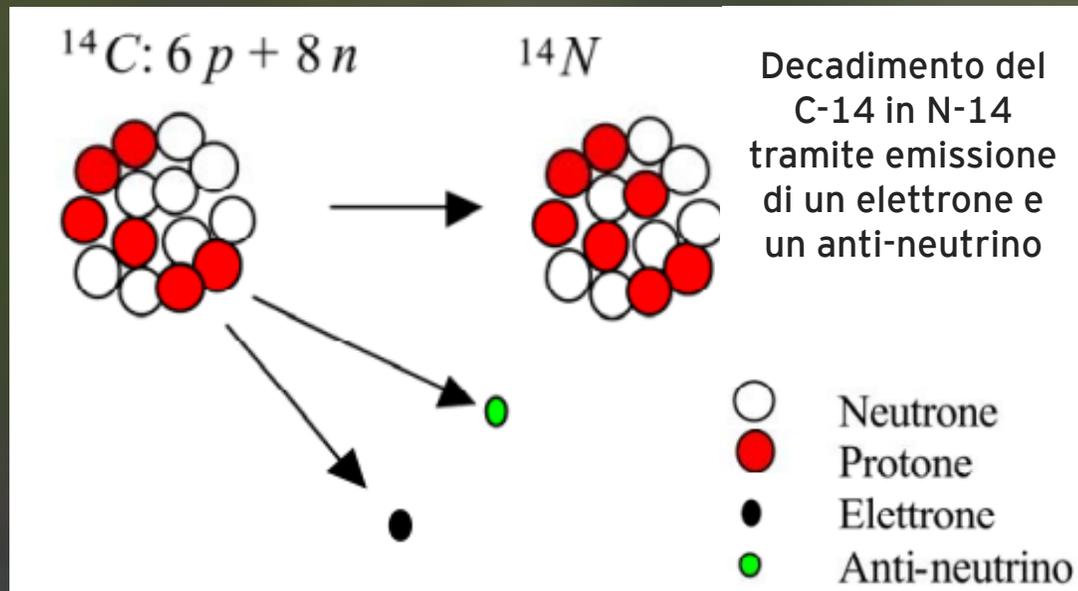
# Calcolo del C-14

## Metodologia

Il carbonio-14 e l'azoto-14 hanno stesso numero di massa (protoni + neutroni), ma essendo elementi diversi differiscono per il **numero di protoni** (6 nel Carbonio, 7 nell'azoto); il C-14 è radioattivo poichè decade emettendo radiazioni  $\beta$ , ovvero particelle che derivano dalla **trasformazione di un neutrone in un protone**: il neutrone **perde** una carica elettrica negativa (**un elettrone**) e assume di conseguenza una carica positiva, trasformandosi in un protone. Dal nucleo fuoriesce anche un anti-neutrino.



Il nuclide finale ha uguale numero di massa del nuclide radiattivo (**protoni + neutroni è ancora pari a 14**) ma non è più un suo isotopo, ovvero carbonio, perché ha diverso numero atomico (protoni).



- Contatore proporzionale, es. Geiger: **misura gli e-** prodotti dal decadimento  $\beta$ ; indirettamente, si risale al n° di carboni decaduti

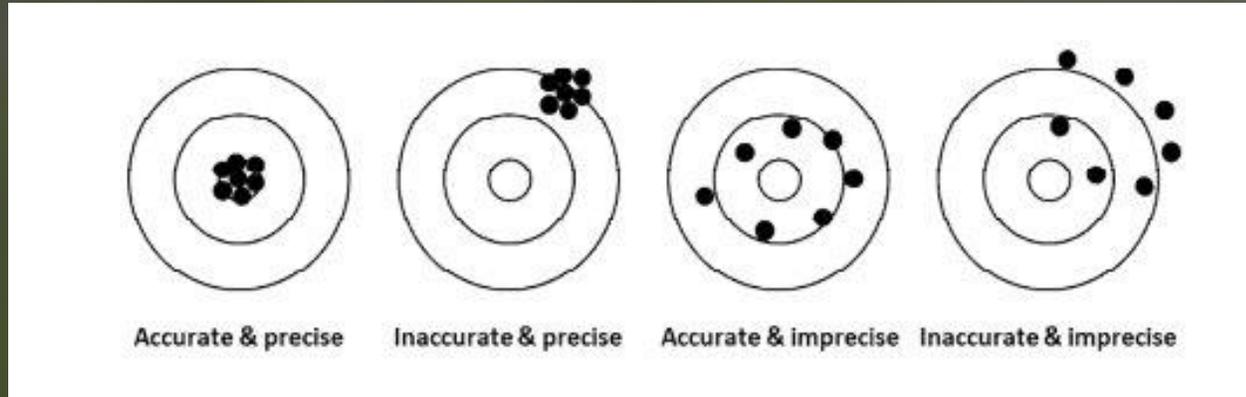
- Spettrometria di massa: misura direttamente la **concentrazione del carbonio-14**



# Calcolo del C-14

## Requisiti necessari per l'analisi

Sono necessarie sia **accuratezza** che **precisione** per poter avere un risultato affidabile.



- **Accuratezza:** la prossimità, Intesa come inverso dello scarto, tra il valore vero che si vuole determinare e il valore ottenuto in una misurazione;
- **Precisione:** la prossimità tra due misure consecutive di uno stesso valore, indice di ripetibilità dello strumento.

- Una misurazione può essere precisa, se ripetendo la misurazione si ottengono risultati simili, ma se non è anche accurata si otterranno sempre valori lontani da quello corretto.
- Secondo gli standard ASTM, il massimo errore totale accettabile per i metodi per l'analisi del Carbonio 14 è  $\pm 3\%$ .
- **L'ASM e l'LSC permettono di ottenere risultati che rientrano in questa percentuale.**

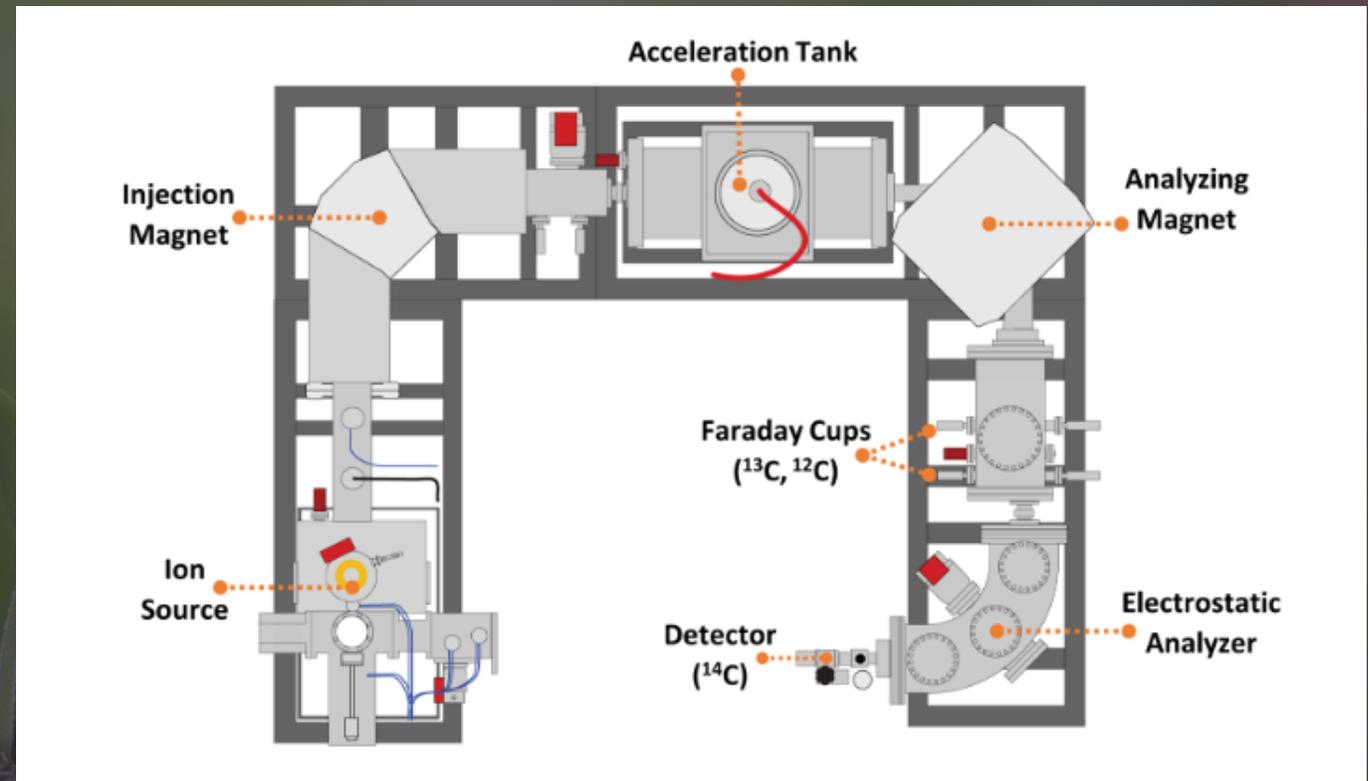
# Calcolo del C-14

## La Spettrometria di Massa con Acceleratore (AMS)

Lo spettrometro di massa con acceleratore è la **tecnica principale per l'analisi del carbonio-14** negli studi paleontologici, geologici o archeologici preistorici, avendo un errore di analisi del 2-5% comparabile al contatore Geiger che si traduce in una incertezza di pochi anni (nel caso di materiali recenti) o millenni. A differenza del contatore Geiger però **è in grado di contare tutti gli atomi di  $^{14}\text{C}$  nel campione, non solo i pochi che decadono durante la misurazione**; di conseguenza può essere utilizzata con campioni molto più piccoli, come semi di piante, fornendo risultati molto più rapidamente.

L'eventuale presenza nel campione di carbonio di età differente rispetto a quello da analizzare, provoca una misurazione non accurata. La **contaminazione** è causata da errato campionamento o da contatto con materia organica biodegradata presente nel suolo:

- Con carbonio fossile: invecchiamento apparente
- Con carbonio recente: ringiovanimento apparente



# Calcolo del C-14

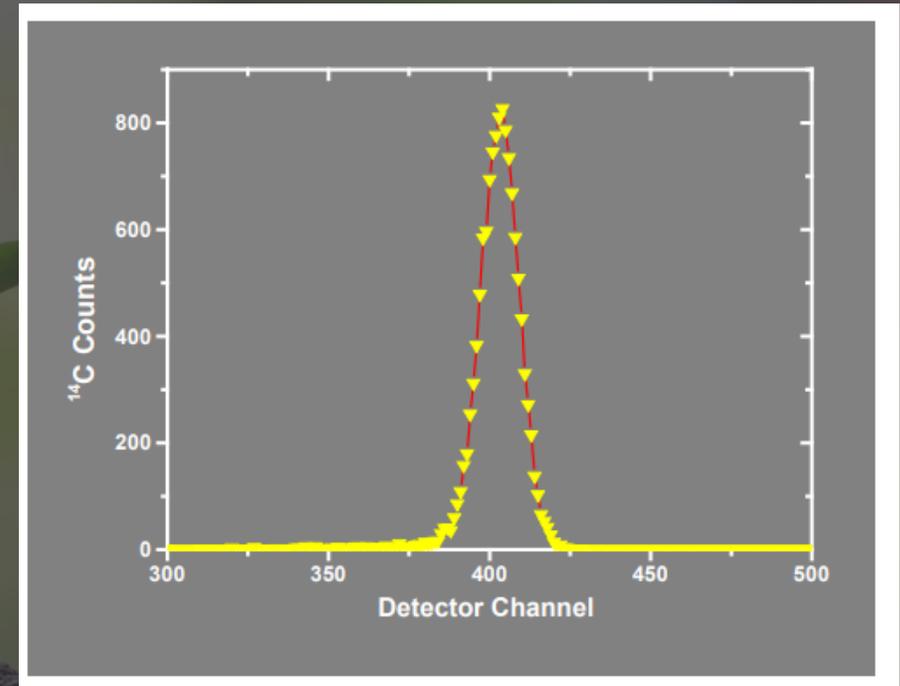
## La Spettrometria di Massa con Acceleratore (AMS)

### Come funziona

1. Preparazione del campione: combustione (per poter separare i prodotti tramite cromatografia), seguita da grafitizzazione della  $\text{CO}_2$  in C elementare a  $600\text{ }^\circ\text{C}$ .
2. Sorgente: la grafite è convertita in una corrente di ioni. Viene eliminato  $^{14}\text{N}$  che non forma ioni negativi.
3. Acceleratore: gli ioni sono accelerati attraverso l'imposizione di un campo elettrico; permette di eliminare eventuali isobari interferenti che hanno massa =14 come il  $^{14}\text{C}$  (es  $^{12}\text{CH}_2$ ,  $^{13}\text{CH}$ ), che durante l'accelerazione diventano ioni positivi e arrivano al rivelatore in tempi diversi.
4. Rivelatore: sono selezionati solo gli ioni  $^{14}\text{C}^{3+}$ . La corrente di tali ioni viene convertita in un segnale di corrente elettrica.

### Risultati

L'AMS seleziona solamente il picco relativo al C14, e ne misura la quantità che è direttamente proporzionale al numero dei conteggi.

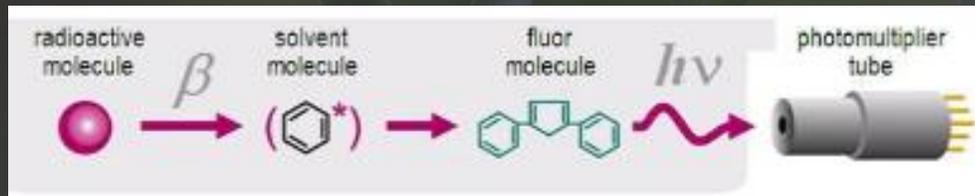
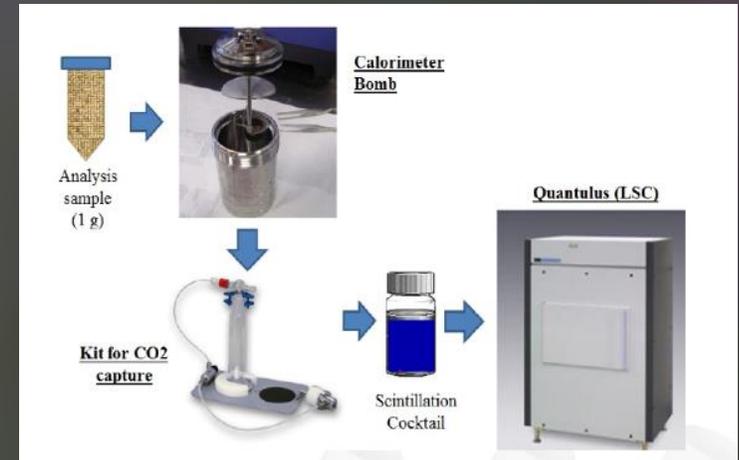


# Confronto con altri metodi di analisi C-14

## LSC

La **Liquid scintillation counting (LSC)** è un metodo analitico che implica l'uso di uno spettrometro LSC per la misura del  $^{14}\text{C}$  in campioni organici. Il metodo si basa **sulla quantificazione dei fotoni emessi durante l'interazione tra le particelle beta derivate dal decadimento del  $^{14}\text{C}$  e lo scintillatore** (sostanze che quando vengono urtate da particelle o radiazioni ionizzanti assorbono energia e la riemettono sotto forma di luce).

- Il **metodo indiretto** con benzene prevede la combustione del campione in esame con formazione di  $\text{CO}_2$ , la quale viene convertita attraverso vari passaggi in benzene; segue l'addizione di fluoro (responsabile della scintillazione) e analisi nel contatore LSC.
- Il **metodo diretto** prevede l'addizione di fluoro e solvente a diverse concentrazioni al campione, senza combustione. I campioni così preparati sono analizzati dallo strumento.



# Caso pratico

*Applicazione del calcolo del C14*



# Caso pratico

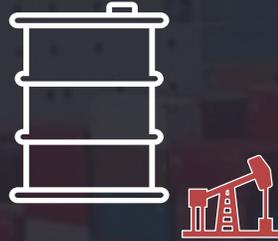
## Blending di biodiesel con VLSFO

ACQUISTO FAME



50 MT of UCOME

DISCARICA IN TANK  
VLSLO



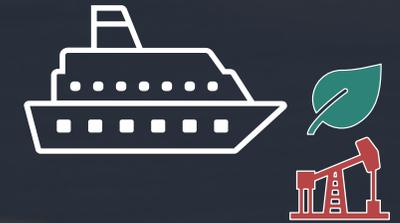
Discarica completa  
di 50 mt

BLENDING FAME E  
VLSFO



Blendato con 550  
mt di vlsfo

VENDITA PRODOTTO  
BLENDATO



Caricato su una bunker-  
barge un totale di 200  
mt di "vlsfo con fame  
fino al 24%"

### Domanda del cliente:

Siamo interessati a capire se questa operazione di miscelazione è conforme da un punto di vista della sostenibilità e come gestire le prove di sostenibilità.

# Caso pratico

## Blending di biodiesel con VLSLO - Mass Balance o C14?

### REQUISITI ISCC

- Mass Balance registration of the fossil part, in case of blending activities, **is considered only if relevant.**
- La registrazione del mass balance della parte fossile, in caso di attività di miscelazione, **è considerata solo se pertinente.**
- When biofuels are blended with fossil fuels, the information about the sustainability and GHG characteristics assigned to the blend shall correspond to the **physical share of the bio-based fuels in the blend.**
- Quando i biocarburanti vengono miscelati con i carburanti fossili, le informazioni relative alla sostenibilità e alle caratteristiche dei gas a effetto serra assegnate alla miscela devono corrispondere alla **quota fisica dei carburanti bio-based nella miscela.**
- For a blend of biofuels or bioliquids with fossil fuels (e.g. E10 or B7), **sustainability declarations can only be issued for the amount of bio-based material that is in the blend.**
- Per una miscela di biocarburanti o bioliquidi con carburanti fossili (ad esempio E10 o B7), **le dichiarazioni di sostenibilità possono essere emesse solo per la quantità di materiale bio-based presente nella miscela.**
- When biogenic and fossil material are stored jointly in the same physical compartment (i.e. one individual tank or a pipeline) **then the equivalent to the amount of the biogenic input can be claimed as sustainable.**
- Quando il materiale biogenico e fossile è immagazzinato congiuntamente nello stesso compartimento fisico (cioè in un singolo serbatoio o in un oleodotto), allora **si può considerare sostenibile l'equivalente della quantità di input biogenico.**

### CONSIDERAZIONI PRATICHE

- Applicare il "Metodo del Mass Balance" per tracciare e determinare la quota di prodotto sostenibile/biogenico in una miscela di carburante.

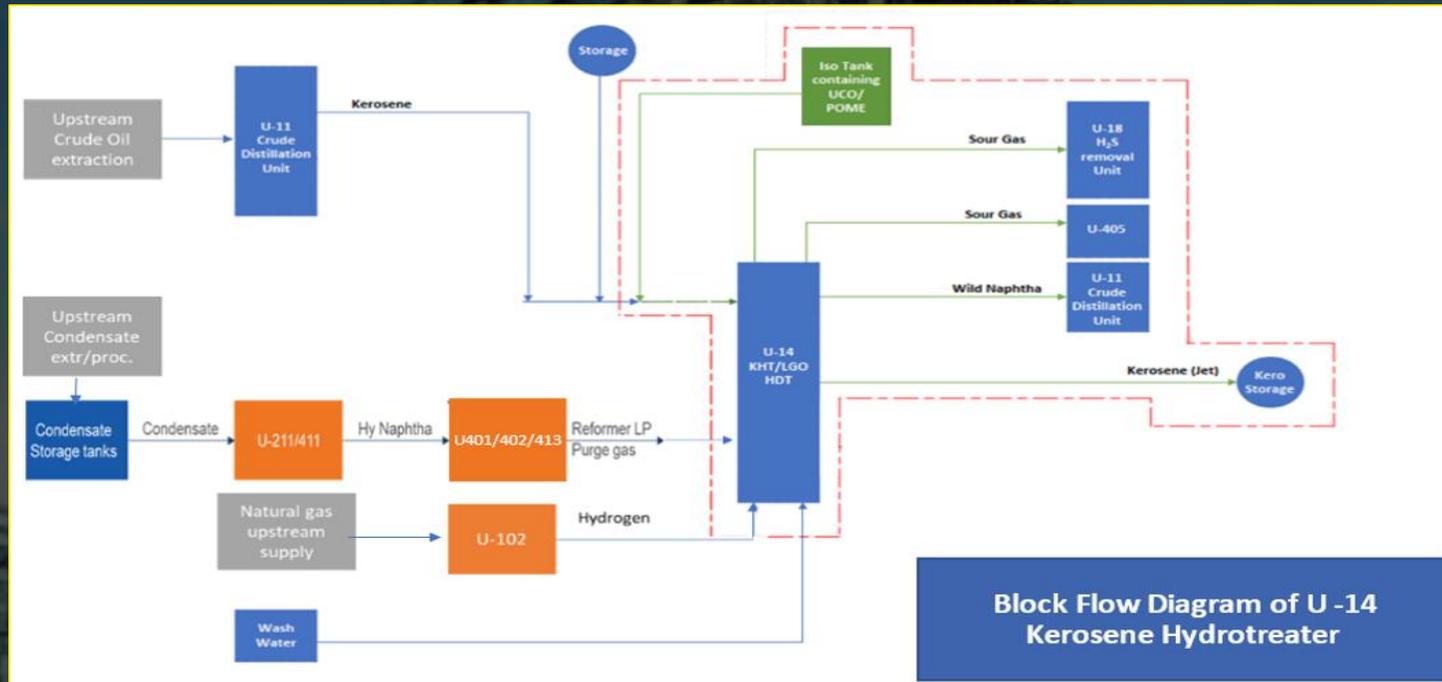
Tank		Loading		Sustainability	
Sust	50	phys	200	Sust	50
Fossil	550			Fossil	150
BI %	9%				

- Applicare il "Metodo del Mass Balance", rispettando però la percentuale di miscelazione e il test ipotetico C14, per tracciare e determinare la quota di prodotto sostenibile/biogenico in una miscela di carburante.

Tank		Loading		Sustainability	
Sust	50	phys	200	Sust	18
Fossil	550			Fossil	182
BI %	9%				

# Caso pratico

## Co-processing tra UCO e Fossil Kerosene - applicazione del C14



Applicazione del metodo di bilancio energetico per il calcolo del contenuto biogenico.

RESULTS			
Bio Content % [MJ]	C <sub>14</sub> Analysis result	Delta Energy content vs C14	Reference to be chosen (bio content vs C14)
0,410%	0,450%	8,853%	0,450%

Verifica del contenuto biogenico tramite analisi C14, in linea con atto delegato:

### Deviazione consentita:

- 3% rispetto all'approccio di bilancio di massa/energia (1% dopo il primo anno).

### Frequenza di applicazione:

- Variazione del 5% nella materia prima biogenica, parametri di processo e/o composizione prodotto finale;
- Ogni 4 mesi (requisito vincolante);
- Se richiesto dalla legislazione nazionale (cioè dalla controparte).

Utilizzata sostenibilità in uscita pari al prodotto tra quantità in input, % contenuto biogenico C14 e resa di processo.

RM INPUT TO CO-PROCESS (UNIT 14)						
Hydrogen input [mt]	Hydrogen input %	Fossil input [mt]	% Fossil input	Sust. Bio Product Qty [mt]	Sust. Bio Product Qty [%]	Total Input [mt]
314,800	1,848%	16.629,743	97,65%	85,660	0,503%	17.030,203

OUTPUT FROM CO-PROCESS								
Total Output [mt]	Yield % Jet Fuel	Jet Fuel [mt]	Yield % Naphtha	Naphtha [mt]	Yield % H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S [mt]	Yield % Fuel gas	Fuel gas [mt]
17.030,202	95,6%	16284,798	2,2%	368,743	0,03%	4,840	2,18%	371,821



# Conclusioni e soluzioni future

*Vantaggi e svantaggi del test C14,  
incertezze normative e sfide future*

# ASM & LSC

## Limiti e svantaggi

### ASM

### LSC

#### Vantaggi

- Tempo di preparazione campione: circa 2 ore
- Quantità campione: necessari solo pochi mg
- Tempo di analisi: da 10 a 30 minuti
- Rumore di fondo: basso (eliminazione del segnale di tutte le isobare)
- Sensibilità e precisione: alta

- Livello tecnico: analisi semplice, in particolare in LSC diretto, adatta a qualunque laboratorio
- Ingombro: richiede poco spazio
- Costo: basso sia per la strumentazione (circa 50 mila euro) che per l'analisi (da 300 euro)
- Rischio di contaminazione: basso
- Riproducibilità: il maggior numero di campioni permette di avere un valore maggiormente rappresentativo

#### Svantaggi

- Livello tecnico: analisi avanzata, pochi laboratori sono in grado di poterla eseguire
- Ingombro: richiede molto spazio
- Costo: elevato per lo strumento (a partire da 1 milione di euro), e moderato per l'analisi (da 500 euro)
- Rischio di contaminazione: elevato, bisogna prestare molta attenzione nella preparazione del campione
- Riproducibilità: scarsa, la complessa preparazione del campione rende difficoltoso ripetere l'analisi

- Tempo di preparazione campione: poco nel caso di LSC diretto, fino a 6 h per LSC indiretto
- Tempo di analisi: da 1 a 12 ore
- Rumore di fondo: elevato a causa di interferenze
- Sensibilità e precisione: scarsa
- Pericolosità: i liquidi scintillanti sono sostanze pericolose che richiedono misure di sicurezza specifiche e attenzione nello smaltimento

Attualmente solo l'**AMS** e il metodo **LSC indiretto** con benzene sono approvati tra i metodi ASTM per l'analisi del Carbonio 14 e sono contemplati nel **Regolamento 2023/1640 EU**.

# Confronto con altri metodi di analisi C-14

## *Nuove metodologie in fase di ricerca*

---

La **tecnica SCAR (Saturated-absorption Cavity Ring-down spectroscopy)** misura il tempo di decadimento della luce in una cavità ottica. Quando la luce attraversa un campione, viene assorbita, alterando la velocità di decadimento. La concentrazione di C14 è calcolata con precisione grazie alla sua unica transizione energetica, distinta da quella del C12.

L'accoppiamento della Spettrometria di massa con **l'ablazione laser (LA-MS)** può migliorare in termini di tempo e difficoltà la fase di campionamento; il laser ad alta potenza infatti permette una rapida estrazione di ioni, i quali sono automaticamente iniettati nell'MS per l'analisi.

Le **tecniche di rivelazione al grafene** prevedono l'utilizzo di questo materiale come rivelatore efficiente del C14, in grado di poter fornire misure sensibili e ad alta risoluzione; dotato di alta conduttività ed elevata superficie, il grafene è un amplificatore di segnali molto deboli come quelli generati dal decadimento del C14.

Le **tecniche con rivelatori a base di semiconduttori** quali il Silicio, in grado di rivelare direttamente le particelle beta emesse durante il decadimento del C14, possono essere promettenti per la realizzazione di dispositivi portatili e di facile utilizzo per analisi rapide.

# Conclusioni

## Sfide e soluzioni future

### STRUMENTI E METODOLOGIE

Migliorare la sensibilità nel caso di biomassa coprocessata inferiore al 5%

 La determinazione del contenuto di carbonio biogenico di questo caso è imprecisa.

 L'utilizzo di specchi IR con maggior indice di riflessione possono migliorare la performance dell'analizzatore del C14-SCAR.

Messa a punto di sistemi compatti

 Gli strumenti ASM sono ingombranti e difficili da utilizzare;

 Lo snellimento della strumentazione ne amplierebbe il campo di utilizzo.

Migliorare la precisione nel caso di blending

 Le biomasse hanno datazioni molto variabili in funzione della loro natura; può essere recente - pochi mesi o anni - come nel caso di biomasse da agricoltura, oppure più lontana nel tempo - centinaia di anni - nel caso di biomasse derivate da residui forestali. Questo rende la datazione di biomassa blendata è complessa.

Riduzione dei costi

 Sviluppo di materiali maggiormente economici per la realizzazione dello strumento.

### NORMATIVA E LINEE GUIDA

Ridurre la frammentazione normativa

 Ogni Stato membro applica approcci differenti al calcolo del C14, creando incertezze per gli operatori del settore

 Allineare i quadri normativi con i requisiti di certificazione per facilitare l'espansione del mercato

Linee guida poco chiare

 Mancano indicazioni univoche su metodologie di campionamento, analisi e interpretazione dei risultati, ostacolando l'armonizzazione del mercato.

 Fare maggiore chiarezza su alcune regole e garantire un approccio armonizzato al calcolo del C14 e alle regole di sostenibilità.

Potenziare la R&S per l'efficienza dei processi e una strategia a lungo termine

 Investire in ricerca e sviluppo per migliorare l'efficienza e il rendimento del co-processo, incrementandone le percentuali di blending

 Sviluppare una roadmap futura che integri i progressi tecnologici con gli aggiornamenti normativi

Introdurre politiche di supporto

 Per la transizione ecologica, è fondamentale considerare non solo i biocarburanti drop-in, ma anche le soluzioni blendate, che possono contribuire in modo immediato e scalabile alla riduzione delle emissioni  
Implementare incentivi fiscali e mandati di miscelazione per incoraggiare gli investimenti

**Grazie per  
l'attenzione!**

**Q&A**

