

## Analisi energetica e ambientale del processo

Il presente documento ha lo scopo di fornire dettagli relativi agli aspetti di consumi energetici e di emissioni di biossido di carbonio in atmosfera derivanti dal processo di pirolisi che permette la trasformazione di plastica in combustibile analogo al gasolio.

Lo scopo del documento è duplice. Si intende con esso confrontare la convenienza sia economica che energetica a impiegare materie prime seconde a base di poliolefine per la produzione di combustibile al posto di forme alternative di impiego. A tale proposito saranno analizzati due processi:

- La termovalorizzazione
- Il riciclo tradizionale della plastiche

Per completezza si riporta come introduzione la descrizione del processo produttiva fornita nel Business Plan consegnato in data 21 luglio 2015.

### *Il processo Sintol*

Il processo produttivo per la realizzazione di carburanti BTZ consiste nel trattamento, mediante pirolisi catalitica anaerobica brevettata, di materia prima (materia plastica prima secondaria uni 10667/18) ottenuta dal riutilizzo di materie plastiche. Il processo si svolge all'interno di un impianto e non prevedrà fasi lavorative ulteriori (rispetto a quelle svolte all'interno dello stesso), pertanto senza rischi di compromissioni ambientali. Il materiale prodotto, olio combustibile BTZ, si identifica come alternativa al gasolio essendo conforme alle specifiche tecniche UNI 6579 sui combustibili da riscaldamento. Lo stesso sarà inoltre in grado di soddisfare i requisiti richiesti per essere inserito tra i biocarburanti di terza generazione, cosiddetti avanzati (decreto ministeriale dello sviluppo economico del 10/10/2014 gazzetta ufficiale del 27/10/2014 n. 280), di origine non vegetale. Ciò permetterà la salvaguardia di territori agricoli dedicati alle attività Food.

Il progetto imprenditoriale della SINTOL SRL, impresa start-up qualificabile come start-up innovativa ai sensi de Art. 25 del D.L. 179/2012, consiste nell'avvio dell'attività di produzione di carburanti sintetici di 2° generazione, nello specifico idrocarburi combustibili, attraverso un processo di trattamento di materie plastiche mediante tecnologia di pirolisi catalitica brevettata.

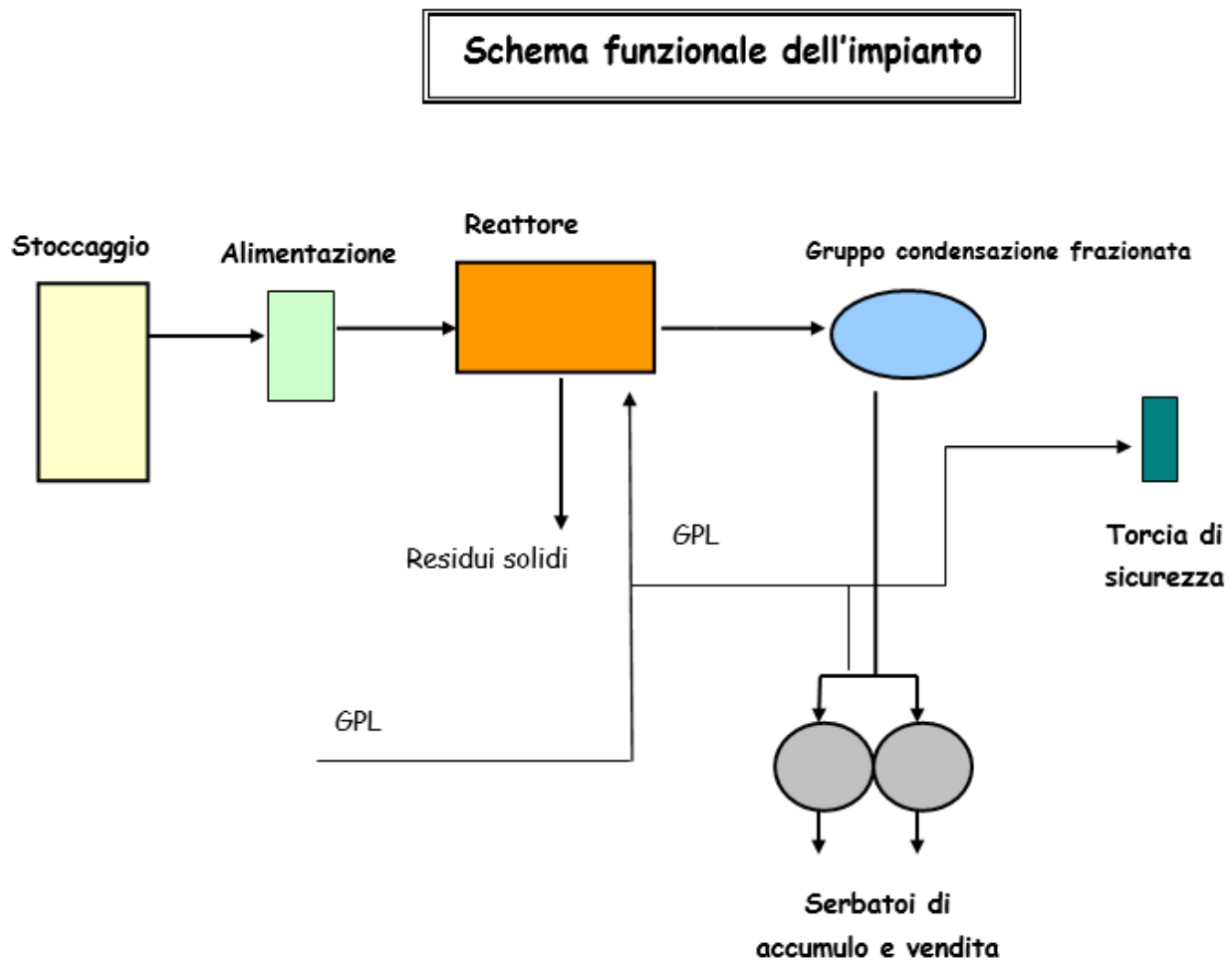
La materia prima utilizzata nel processo sarà costituita interamente da materia prima-seconda ottenuta dal riciclaggio di rifiuti plastici. Specificatamente verranno utilizzati residui plastici poliolefinici. Per tale motivo il prodotto ottenuto è classificato "biocarburante avanzato" ai sensi del decreto MISE 10/10/2014.

La pirolisi è un processo che consiste nel riscaldare in assenza di ossigeno un materiale contenuto in un adeguato reattore. A seguito del riscaldamento a circa 450 °C la plastica si decompone in vapori di idrocarburi condensabili in forma liquida.

I vapori vengono quindi avviati a una batteria di condensatori muniti di idonei circuiti di raffreddamento e scambiatori di calore. In tali condensatori, avviene la condensazione dei vapori in liquido e il liquido viene raccolto e stoccato in serbatoi.

Nel processo è impiegato un catalizzatore la cui funzione è quella di indirizzare la reazione verso i prodotti di maggior interesse quali appunto gli idrocarburi con caratteristiche affini a quelle dei gasoli tradizionali.

La pirolisi è una reazione endotermica, cioè che richiede calore, è necessario quindi utilizzare del combustibile quale GPL o metano per iniziare il riscaldamento. Tuttavia, una parte degli idrocarburi prodotti non è gasolio, bensì proprio GPL in forma gassosa, per cui il processo utilizza interamente questo stesso sottoprodotto per sopperire alle sue necessità energetiche. Una torcia di emergenza consente la combustione controllata del GPL in caso di malfunzionamento, permettendo l'esercizio dell'impianto in sicurezza.



*Figura 1: Rappresentazione schematica del processo di trattamento delle materie plastiche di Sintol srl.*

Benché il processo sia semplice, l'ottenimento di un prodotto effettivamente utilizzabile richiede competenze tecnico ingegneristiche non banali. Ad esempio, la principale differenza del processo tecnologico adottato rispetto ai potenziali concorrenti sul mercato risiede innanzi tutto nell'uso di un catalizzatore che non viene perduto durante la lavorazione e un sistema di condensazione che riesce a separare le frazioni utili da quelle indesiderate.

Un secondo e più importante elemento di differenza è la riduzione delle fasi di lavorazione del prodotto: la tecnica di pirolisi catalitica disponibile sul mercato consente di ottenere un semilavorato particolarmente denso che per essere immesso sul mercato necessita di altre fasi di lavorazione tra cui la più importante è costituita dal riscaldamento ad adeguate temperature al fine di rendere il prodotto più liquido; oppure essere raffinato ulteriormente mediante ad esempio idrogenazione, cracking catalitico, etc... Inoltre, spesso tali prodotti non sono conformi alle specifiche tecniche dei gasoli, per cui la reale utilizzabilità è quantomeno dubbia. L'utilizzo della nuova tecnica permetterà invece di ottenere a fine processo un

prodotto finito, potenzialmente idoneo per livello di densità e purezza ad essere utilizzato direttamente nei processi di produzione di energia termica.

Grazie all'impiego del catalizzatore e alla tipologia dell'impianto e delle sue componenti, il gasolio prodotto è conforme agli standard previsti per i gasoli da riscaldamento. Il primo sbocco commerciale è quindi quello dei gasoli uso riscaldamento.

A seguito dell'installazione della colonna di frazionamento, oggetto della richiesta del contributo, sarà possibile aumentare ulteriormente la qualità del gasolio prodotto rendendolo conforme alle specifiche dei gasoli da autotrazione. In tale caso sarà quindi possibile vendere il gasolio come "biocarburante avanzato". La colonna di frazionamento è una componente impiantistica molto comune nelle raffinerie e nei petrolchimici. Consiste in una colonna al cui interno sono presenti dei piatti che consentono una distillazione frazionata delle componenti della miscela di idrocarburi. In tal modo quindi, è possibile ottenere quel grado di purezza del gasolio necessario al rispetto degli standard previsti.

La colonna verrà integrata nell'impianto sostituendo la batteria di condensatori, ma non ne muterà l'assetto generale di funzionamento.

### Prime considerazioni ambientali

Come spiegato nel precedente paragrafo, si evidenzia come il fabbisogno energetico del processo è basso poiché la materia prima impiegata (plastica) durante la fase di pirolisi viene scomposta in GPL, idrocarburi di varia lunghezza e scarti solidi. Il GPL alimenta l'impianto mantenendo in temperatura il reattore.

L'apporto di vettori energetici esterni è basso. In particolare questi ammontano a:

- GPL di avvio impianto
- Energia elettrica (potenza impegnata ecc, consumi stimati annui ecc)

### Confronto con termovalorizzazione

#### Processo Sintol srl

##### Emissioni prodotte

Il processo Sintol invece ha:

- **Trasporti in-bound:** la plastica in ingresso proviene da Settimo Torinese che dista circa 27 km da Front Canavese ove sorgerà l'impianto Sintol. Le emissioni di CO<sub>2</sub> per km sono stimate in genere a 200 g/km. Considerando che con un viaggio possono essere trasportate circa 10 – 15 tonnellate  
$$200 \text{ g/km} \times 27 \text{ km}/10 \text{ t} = 0,54 \text{ kg di CO}_2$$

- **Consumo GPL:** secondo alcuni dati statistici il consumo di un litro di GPL produce un'emissione nell'atmosfera di circa 1.610 g di CO<sub>2</sub>. Nel processo Sintol vengono prodotti per tonnellata di plastica in ingresso circa 100 kg di GPL. Il GPL ha densità di 0,56 kg/l e quindi l'emissione a kg risulta pari a 2.875 g/kg GPL. Complessivamente si considerino emissioni per:  
$$2875 \text{ g CO}_2 / \text{Kg}_{\text{GPL}} \times 100 \text{ Kg}_{\text{GPL}} = 287,5 \text{ kg di CO}_2$$

- **Consumo elettricità:** i consumi sono stati calcolati conoscendo la potenza impegnata di 15 KW. In un ciclo di produzione da 24 ore vengono impiegate 10 tonnellate di plastica. Di conseguenza il consumo specifico di energia elettrica per tonnellata in ingresso è di:  
$$24 \times 15 \text{ kW} / 10 \text{ t} = 36 \text{ Kwh}$$

Secondo dati ENEL, ogni MWh di energia elettrica prodotta in Italia genera emissioni per 700 kg di CO<sub>2</sub> /Mwh<sub>el</sub>. Complessivamente si considerano emissioni per:

$$36 \text{ KWh} \times 700 \text{ kg/MWh} = 25,2 \text{ kg di CO}_2$$

- **Trasporti out-bound:** considerando sempre un'emissione di 200 g di CO<sub>2</sub>, si consideri un viaggio medio di 2000 km e la medesima capacità di carico dei camion, considerando che ogni tonnellata in ingressi dà origine a 800 kg di prodotto finito:

$$200 \text{ g/km} \times 2000 \text{ km} / 10 \text{ t} \times 0,8 = 32 \text{ kg di CO}_2$$

Complessivamente quindi ogni tonnellata di plastica processata da Sintol srl produce emissioni di CO<sub>2</sub> per:

Tabella 1: Sintesi emissioni CO<sub>2</sub> del processo Sintol

| Fonte di emissione  | Emissioni CO <sub>2</sub> per 1 tonnellata prodotta |
|---------------------|---|
| Trasporti In-bound  | 0,54  |
| GPL per pirolisi    | 287,5 kg  |
| Energia elettrica   | 25,5 kg   |
| Trasporti Out-Bound | 32 kg   |
| <b>Totale</b>       | <b>345,54 kg</b>                                    |

#### Emissioni evitate

Si tratta essenzialmente di emissioni dovute alla produzione e al trasporto di gasolio nella forma tradizionale: Il computo di questo indicatore è stato realizzato a partire dalla seguente comparazione (Figura 2).

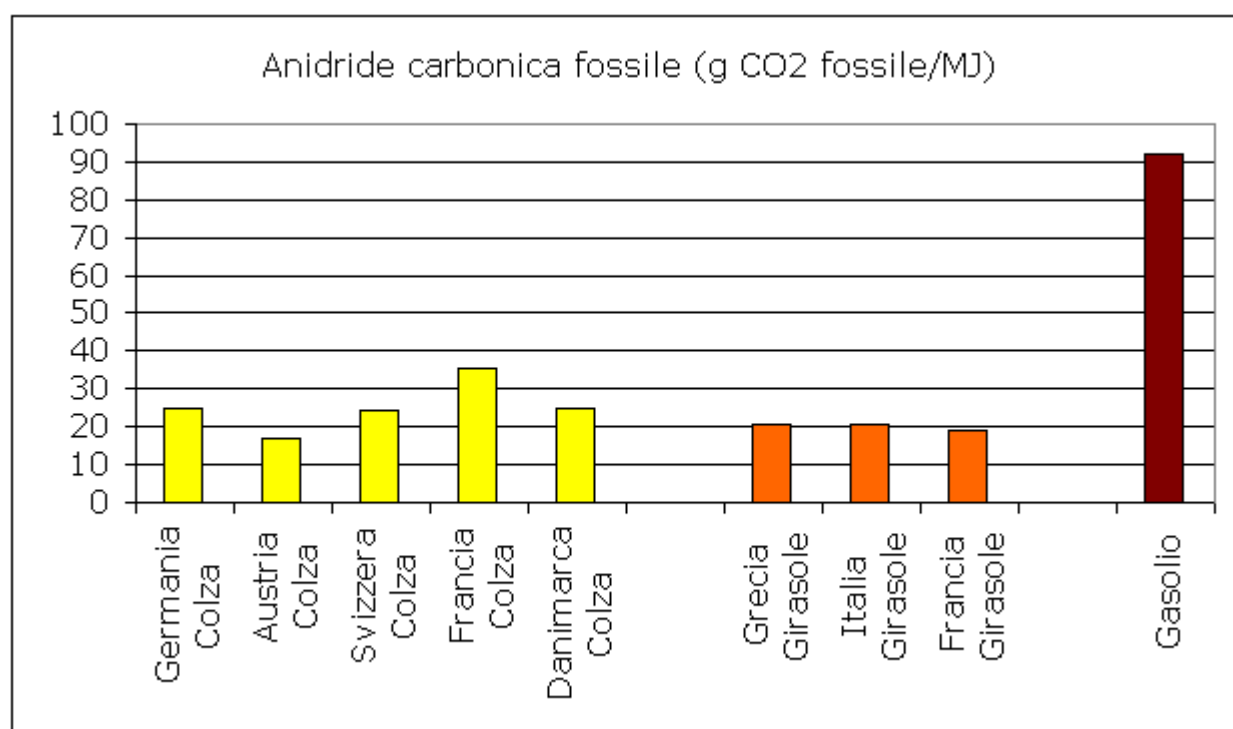


Figura 2: Comparazione Gasolio tradizionale con Biodiesel. Le emissioni sono intese su tutta la filiera. Fonte: Comitato Termotecnico Italiano (<http://www.cti2000.it/biodiesel/index.php?contid=38>)

Come si può notare dalla Figura 2, l'impatto in termini di emissione di CO<sub>2</sub> del gasolio è di circa 92 g CO<sub>2</sub>/MJ. Essendo il potere calorifico del gasolio pari a 42 MJ/kg si evince che ogni kg di gasolio produce globalmente un'emissione per 3.864 g (circa 3,8 kg). In questo computo sono giustamente considerate le emissioni relative alla combustione. Alcuni dati statistici relativi alle emissioni di gasolio per autotrazione

stimano tale dato in 2.650 g per litro di gasolio consumato. La densità del gasolio è pari a 0,85 kg/l e quindi il consumo di grammi a kg di gasolio è 3.117.

La differenza tra le emissioni globale e quelle relative alla sola combustione può essere considerata una ragionevole approssimazione delle emissioni di anidride carbonica dovute alla filiera produttiva. Tale valore risulta quindi pari a:

$$3864 - 3.117 = 747 \text{ g CO}_2/\text{ kg prodotto}$$

Questo valore rappresenta le emissioni cessanti grazie al processo Sintol. Una tonnellata di materiale in ingresso produce circa 0,8 tonnellate di gasolio quindi le emissioni di CO<sub>2</sub> sono date da:

$$747 \text{ g} * 800 \text{ kg} = 597 \text{ kg di CO}_2$$

A queste vanno aggiunte quelle di GPL non acquistato come combustibile:

$$747 \text{ g} * 100 \text{ kg} = 74,7 \text{ kg di CO}_2$$

Inoltre deve considerarsi che solo il 50 % del GPL prodotto per il processo viene effettivamente impiegato per l'autoalimentazione dello stesso. La restante parte (circa 50 kg) viene impiegata per la produzione di energia elettrica tramite motore tradizionale. Questa energia verrà impiegata per soddisfare il fabbisogno energetico del processo e la restante parte verrà immessa in rete. Al netto di rendimenti del motore, è possibile generare 5 kWh per ogni kg di GPL combusto. Ogni Mwh prodotto consente un risparmio di emissioni pari a 700 kg di CO<sub>2</sub>. Di conseguenza, le emissioni evitate grazie alla produzione di energia elettrica sono:

$$5 \text{ kwh/kg}_{\text{GPL}} * 50 \text{ kg}_{\text{GPL}} * 700 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{MWh} = 175 \text{ kg di CO}_2$$

Quindi, complessivamente le emissioni evitate dal processo sono:

*Tabella 2: Sintesi Emissioni Evitate dal processo Sintol.*

| <i>Fonte di emissione evitata</i> | <i>Quantità di CO2 evitate per 1 t in ingresso</i> |
|-----------------------------------|--|
| <i>Gasolio non prodotto</i>       | 597 kg   |
| <i>GPL non prodotto</i>           | 74,7 kg  |
| <i>Energia elettrica</i>          | 175 kg   |
| <i>Totale</i>                     | <b>846,7 kg</b>                                    |

Complessivamente quindi il bilancio risulta:

- Emissioni processo: 345,54 kg di CO<sub>2</sub>
- Emissioni cessanti da gasolio prodotto: 846,7 kg

Il netto **risultante** è una **riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> per circa:**

$$354,54 - 846,7 = - 492,16 \text{ kg di CO}_2 \text{ ogni tonnellata prodotta.}$$

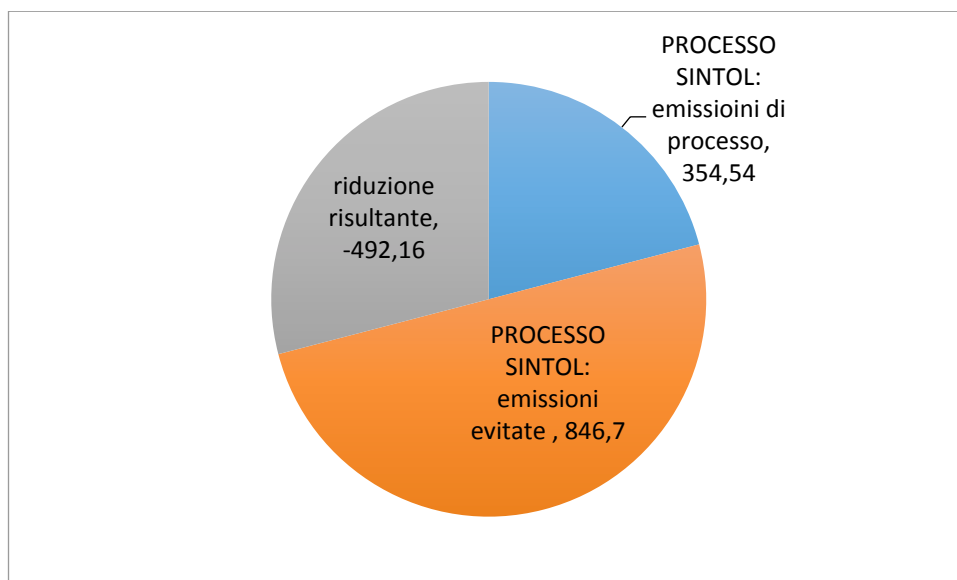


Figura 3: Rappresentazione grafica della quantità di CO2 evitata. Dati in KgCO2/Ton input.

Lo stabilimento Sintol consentirà quindi nei suoi primi di anni di attività una riduzione netta di emissioni di CO2 per 1.700 tonnellate di anidride carbonica.

### Confronto con la termovalorizzazione

Premessa. Come già detto, la termovalorizzazione risulta vantaggiosa quando si tratta di bruciare sostanze di origine mista, fossile e organica. Maggiore è la prevalenza di organico, maggiore è il vantaggio derivante dalla termovalorizzazione. Nel caso di materiale plastico è necessario, per effettuare un confronto fair, partire dallo stesso materiale in input, ossia 100 % plastica. Di conseguenza la percentuale proveniente da organico è **nulla** e ciò impatta seriamente sull'emissione di CO2. Si sottolinea inoltre il fatto che il limite delle plastiche da packaging riciclabili è stimato essere tra il 35% e 50% ([http://www.plasticseurope.org/documents/document/20150617095930-plasticseurope\\_view\\_paper\\_circular\\_economy\\_june\\_2015\\_final.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20150617095930-plasticseurope_view_paper_circular_economy_june_2015_final.pdf), <http://www.plasticseurope.org/information-centre/press-releases/press-releases-2015/restricting-landfilling-must-be-the-priority.aspx>, <http://www.plasticseurope.org/plastics-sustainability-14017/circular-economy.aspx>). Esistono cioè dei rifiuti, all'interno della categoria MSW (municipal solid waste, rifiuti solidi comunali), contenenti plastica in varia percentuale, per cui il riciclo non comporta benefici da un punto di vista economico e ambientale, con le tecnologie a oggi disponibili. Per tali rifiuti il miglior trattamento risulta essere il recupero energetico ed è qui che entra in gioco la termovalorizzazione. La termovalorizzazione è quel processo che permette attraverso la combustione del rifiuto di recuperare il contenuto energetico del rifiuto sotto forma di energia elettrica e termica. Il grande vantaggio della termovalorizzazione consiste nella possibilità di bruciare una vasta gamma di rifiuti che vanno da quelli organici e quelli fossili. In questa seconda categoria rientrano le materie plastiche mentre fanno parte della prima i rifiuti di origine animale e vegetale.

Dal punto di vista ambientale, la combustione del rifiuto genera emissioni di CO2. Tuttavia siccome in attuali termovalorizzatori, circa due terzi della materia in input è di origine organica, non vengono considerate le emissioni derivanti da questi rifiuti ma solo da quelli fossili, tra cui le materie plastiche.

Infatti un kg di PET bruciato rilascia in atmosfera circa 2,3 kg di CO2. Di conseguenza, una tonnellata bruciata comporta l'emissione di 2,3 t.

Per contro da 1 tonnellata di PET possono essere prodotti:

- 1,5 MWh elettrici



## Conclusioni

Da ciò risulta come sistema di riciclo della materia plastica, il processo Sintol sia vantaggioso dal punto di vista economico, inteso come valorizzazione della materia prima seconda in ingresso ed ambientale non solo perché porta ad una riduzione di emissioni di CO2 sebbene ridotta rispetto a quella del biodiesel tradizionale da biomassa, cui però non sono conteggiati i vantaggi derivanti del fatto di non inserirsi nella filiera alimentare.

## Quadro di riferimento normativo riguardante il destino dei rifiuti e conseguenti osservazioni.

Si riportano come informazioni di background, dati riguardanti il trattamento dei rifiuti in Europa.

A fine 2015 la Comunità Europea (C.E.) intende proporre una nuova strategia di economia circolare, al fine di sviluppare un'economia più competitiva ma soprattutto maggiormente autosufficiente per quanto riguarda la dipendenza da materie prime, in questo momento, importate (Roadmap: [http://ec.europa.eu/smartregulation/impact/planned\\_ia/docs/2015\\_env\\_065\\_env+\\_032\\_circular\\_economy\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/smartregulation/impact/planned_ia/docs/2015_env_065_env+_032_circular_economy_en.pdf), Consultation: [http://ec.europa.eu/environment/consultations/closing\\_the\\_loop\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/consultations/closing_the_loop_en.htm)). Nel luglio 2014 la C.E. adotta il pacchetto sull'Economia Circolare (Circular Economy Package) con l'intento di promuovere lavoro, crescita e investimenti in un quadro di sviluppo sostenibile. Questo pacchetto racchiude e implementa, tra gli altri documenti, diverse politiche operanti nel campo dei rifiuti, emanate in precedenza. Queste sono:

- Waste Framework Directive (2008/98/EC)
- Landfill Directive (99/31/EC)
- Packaging and Packaging Waste Directive (94/62/EC)

Il principio cardine è di valorizzare i prodotti di scarto poiché fonte di materie prime e quindi evitare lo spreco d'importanti risorse naturali con l'abbandono in discarica. Con la direttiva 2008/98/EC Waste Framework Directive, la Comunità Europea stabilisce i concetti e le definizioni riguardanti la gestione dei rifiuti oltre che per stimolare campagne di sensibilizzazione dell'opinione pubblica riguardo alla riduzione della produzione di rifiuti. Inoltre è stato inizialmente introdotto l'obiettivo di portare almeno al 50% il tasso di riciclo di rifiuti casalinghi e al 70% il riciclo di rifiuti nel campo delle costruzioni entro il 2020. In seguito è stato imposto il divieto di deposito in discarica di materiale riciclabile entro in 2025. Negli anni successivi l'emanazione della Waste Framework Directive, diversi paesi dell'EU hanno introdotto norme o iniziative volte a soddisfare le linee guida di quest'ultima. Alcune di queste norme sono state riconosciute dall'EU come esempi di "buona pratica", per quanto riguarda l'Italia si ricorda Eco-Point Initiative for Bulk Good Sales e Piedmont Home Composting Campaigning.

Complessivamente riteniamo che il processo Sintol, in grado di recuperare petrolio da scarti plastici, si possa ritenere un processo produttivo che opera in un quadro di economia circolare.



## Aspetti normativi in materia di biodiesel

Attualmente non esiste un unico standard internazionale in materia di biodiesel; ne esistono molti diversi a livello locale, con conseguente limitazione sul commercio internazionale. La normativa per i biocarburanti mette in luce tutta una serie di caratteristiche che il combustibile deve avere e le di prove di affidabilità come: la perdita per evaporazione, stoccaggio e movimentazione, miscele, corrosività, ossigenazione, inquinamento, uso per riscaldamento e caldaie, motori diesel e altri argomenti. Tali norme sono state sviluppate da American Petroleum Institute (API), ASTM International, British Standards Institution (BSI), Comitato europeo di normalizzazione (CEN), Canadian General Standards Board (CGSB), danese Standards Association (DS) e la International Organization for Standardization (ISO). Queste norme garantiscono l'utilizzo del biodiesel nei motori convenzionali. ASTM D6751 (USA) e EN 14214:2003 (UE) sono i due standard più utilizzati (Knothe 2005). ASTM D6751 stabilisce che tutti i prodotti di biodiesel possono essere stoccati puri o in miscela mantenendo inalterate le prestazioni (Lee et al. 2004).

La commissione Europea (EC) è il corpo esecutivo dell'Unione Europea responsabile di proporre e implementare nuove legislazioni nell'intera regione. La legislazione primaria che influenza l'utilizzo dei biocombustibili include la Direttiva sui Biocombustibili (2003/30), il Pacchetto sull'Energia e il Cambiamento Climatico (CCP) e la Direttiva sulla Qualità dei Combustibili (2009/30). Il CCP impone una quota minima del 20 % di energie rinnovabili nel mix totale di energie entro il 2020. Una clausola aggiuntiva richiede che una soglia minima obiettivo del 10% di consumi di energie rinnovabili sia nel settore dei trasporti (biocombustibili). La Direttiva sulla Qualità dei Combustibili (FQD) richiede che tutti i fornitori di combustibili raggiungano entro il 2020 una riduzione di emissioni di gas Serra (GHG) pari al 6 % in tutte le categorie di combustibili con lo scopo di incoraggiare i consumi di biocombustibili grazie al loro maggiore rating in termini di riduzione GHG rispetto agli analoghi combustibili fossili. La Direttiva Energia Rinnovabile (RED), parte integrante del CCP, specifica inoltre i requisiti di sostenibilità dei biocombustibili utilizzabili nell'UE. Tali requisiti impongono riduzione di emissioni gas serra e di sfruttamento del suolo. La normativa vigente impone una riduzione minima del 35 % comparata con i combustibili fossili. Dal 2017, la riduzione di GHG dovrà essere di almeno il 60 % per le nuove installazioni. Infine, la Commissione Europea ha pubblicato nel 2012 la proposta di cambiamento di Sfruttamento Indiretto del suolo che cerca una transizione dai cosiddetti bio-combustibili di prima generazione verso i biocombustibili avanzati composti da biomassa priva di interferenze con la filiera alimentare. Ciò indica un intento dell'Unione Europea di spostarsi sempre più verso questo tipo di biocombustibili, limitando sempre più l'impiego di quelli di prima generazione dopo il 2020.

Tale concetto trova una perfetta attuazione pratica nel prodotto Sintol decreto MISE 10/10/2014.