



*Mario Marchionna,
Ugo Romano
Eni SpA
San Donato Milanese (MI)
mario.vito.marchionna@eni.it*

BIOCARBURANTI **EVOLUZIONE DEI PRODOTTI** **E DELLE TECNOLOGIE PER** **LA LORO PRODUZIONE**

Dopo una breve introduzione sulle motivazioni del recente interesse per l'impiego di biocarburanti nell'autotrazione, vengono trattati i due principali rappresentanti, il bio-etanolo e il bio-diesel sia riguardo gli aspetti di prodotto che quelli di processo. Viene poi data una rassegna degli approcci emergenti più innovativi.

Nessuna delle fonti energetiche disponibili (fonti fossili, come petrolio, gas naturale, carbone, fonti rinnovabili, come l'energia solare, eolica, idrica, ecc., materiali fissili) è capace di soddisfare, tal quale, le diverse necessità della società, ad esempio quella della mobilità e dei trasporti. È quindi generalmente necessario introdurre forme di energia che possano garantire un miglior collegamento tra la disponibilità di fonti energetiche e la particolare utilizzazione richiesta: è proprio in questo ambito che i vettori energetici giocano il loro ruolo peculiare. Il vettore energetico è una forma di energia secondaria che si presta a essere trasportata (spesso mediante apposite reti) fino al luogo di utilizzazione: è costituito da una sostanza trasportabile che possa facilmente rilasciare l'energia in essa contenuta (come nel

caso dei combustibili solidi, liquidi o gassosi, il vapore, l'acqua calda, ecc.) o anche dall'elettricità.

Le diverse fasi che sono coinvolte dalla generazione all'uso finale di un vettore energetico ne costituiscono il 'ciclo di vita'. Le operazioni fondamentali sono: a) generazione a partire dalla fonte primaria; b) trasporto; c) stoccaggio (quando richiesto); d) distribuzione; e) impiego finale con conseguente impatto sull'ambiente, sia in termini di emissioni, sia in termini di efficienza della conservazione dell'energia originariamente contenuta nella fonte primaria (lungo tutto il ciclo di trasformazione, sia nel processo di produzione del vettore che nel suo impiego finale) (Fig. 1).

La connessione delle fonti energetiche al mercato comporta innanzitutto scelte sulla natura delle fonti ma anche scelte tecnologiche e

strategiche per quanto riguarda i processi per produrre i vettori, la logistica delle fonti e dei vettori, gli usi finali e, certo non ultima, l'efficienza energetica complessiva.

I vettori si distinguono anche per la diversa forma fisica: gassosa per metano e idrogeno; gas liquefatto per GPL (Gas di Petrolio Liquefatto); liquida per tutti i derivati del petrolio e i biocombustibili; solida per alcuni altri combustibili; meno facilmente definibile nel caso dell'energia elettrica.

La disponibilità di fonti energetiche per la produzione del vettore e la varietà di impieghi ne rappresentano senza dubbio i punti di forza, tuttavia, ancora più decisive risultano le fasi intermedie di stoccaggio e distribuzione. Sulla base di quanto riportato, si può dedurre che i vettori liquidi semplificano notevolmente le fasi di trasporto e stoccaggio, risultando di gran lunga più attraenti rispetto a quelli gassosi e solidi. È stata questa probabilmente una delle chiavi di volta dell'impiego del petrolio come fonte primaria, in quanto non solo è relativamente economica e disponibile in grande quantità ma anche capace di dar luogo prevalentemente a vettori liquidi assai apprezzati, soprattutto nel campo dell'autotrazione.

In questo ambito, è innegabile che vettori liquidi innovativi come i biocarburanti (etanolo e bio-diesel) presentano caratteristiche quasi ideali come vettori energetici. Inoltre, tali biocarburanti rispondono a molte delle attese per trasformare fonti rinnovabili alternative al petrolio in carburanti per autotrazione perché da una parte possono permettere di dar luogo a una minor produzione netta di biossido di carbonio per energia consumata, anche se sull'entità di questo argomento vi è tuttora un acceso dibattito [1], e dall'altra consentono una sostituzione, almeno parziale, dei derivati del petrolio. Parallelamente, le legislazioni europea e statunitense hanno di recente favorito la rapida espansione dell'impiego di questi biocarburanti: in Europa la percentuale minima di biocarburanti dovrà essere del 2% entro il 2005 e del 5,75% entro il 2010 (Direttiva 2003/30/CE), mentre negli Stati Uniti la legge (che però verrà verosimilmente ulteriormente implementata) richiede che non meno di 7,5 miliardi di galloni di biocarburanti (soprattutto etanolo) siano introdotti nell'autotrazione entro il 2012. Il grande successo di questi carburanti è favorito anche dalle significative detrazioni fiscali che li rendono economicamente più competitivi nei confronti dei carburanti da fonti fossili, essendo il loro costo di produzione in genere più alto. L'elevato prezzo del petrolio e miglioramenti tecnologici nella loro catena di produzione potrebbero però ridurre tale divario.

Nel seguito, si affronterà più nel dettaglio l'argomento ponendo particolare interesse all'evoluzione dei prodotti e delle tecnologie per la loro produzione.

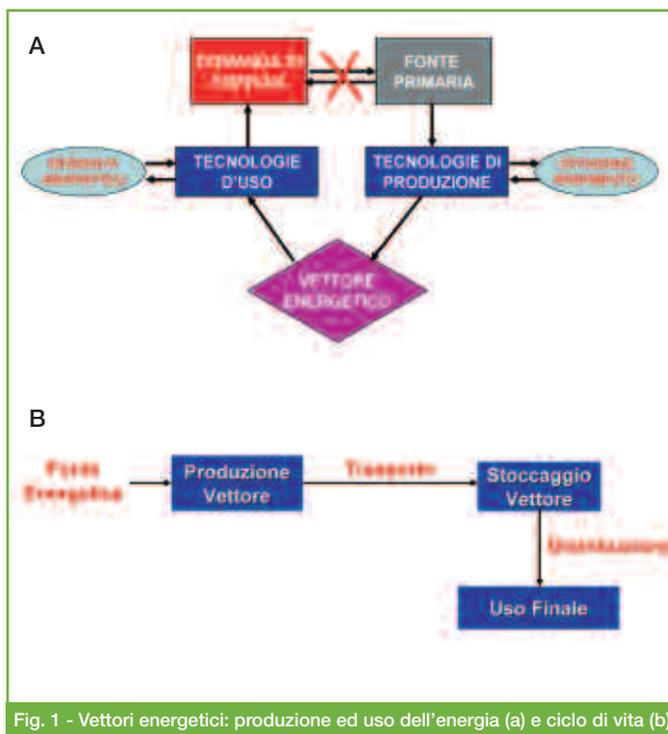


Fig. 1 - Vettori energetici: produzione ed uso dell'energia (a) e ciclo di vita (b)

Biocarburanti: situazione corrente

Per biomassa s'intende ogni sostanza organica derivante, direttamente o indirettamente, dalla fotosintesi clorofilliana. Il termine "biomasse" indica dunque sostanze di natura molto eterogenea, quali scarti dell'agricoltura, dell'allevamento e dell'industria, residui agricoli e forestali, rifiuti urbani civili e industriali (umidi e secchi), legname da ardere, reflui degli allevamenti o, infine, specie vegetali coltivate *ad hoc*.

La biomassa, opportunamente trasformata, può avere molteplici impieghi:

- conversione in energia termica e/o elettrica;
- produzione di bio-carburanti (es. bio-diesel e bio-etanolo);
- altri usi non energetici, qui non considerati poiché esulano dagli scopi del presente documento (impiego come prodotto per l'industria e l'agricoltura: fibre tessili, fertilizzanti, cellulosa/carta, ecc.).

Ad oggi, le biomasse soddisfano il 15% circa (1.230 Mtep/a, tep = ton equivalente petrolio) degli usi energetici primari del mondo. L'utilizzo di tale fonte mostra un forte grado di disomogeneità fra i vari Paesi. Quelli in via di sviluppo ricavano mediamente circa il 40% della propria energia dalle biomasse (1.075 Mtep/a) fino a raggiungere, in molti casi, il 90% del fabbisogno energetico totale (combustione di legno, paglia e rifiuti animali).

Invece, nei Paesi industrializzati le biomasse contribuiscono appena per il 3% agli usi energetici primari (155 Mtep/a). In particolare, gli USA ricavano il 3,2% della propria energia dalle biomasse, equi-

valente a 70 Mtep/a, mentre l'Europa complessivamente il 3,7% (corrispondente a circa 40 Mtep/a), con punte del 20% in Finlandia, del 16% in Svezia e del 13% in Austria. Con il 2% del proprio fabbisogno coperto dalle biomasse, l'Italia è al di sotto della media europea. L'Unione Europea (UE) ha deciso di sviluppare le biomasse anche per raggiungere l'obiettivo di produrre entro il 2012 il 12% dell'energia ottenuta da fonti rinnovabili. La strategia dell'UE è volta a rispettare gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra e a contenere la dipendenza dalle importazioni dai Paesi produttori di idrocarburi, attraverso la valorizzazione di risorse localmente disponibili, quali le biomasse.

Attualmente, i processi di conversione della biomassa in energia termica e/o elettrica sono di tipo termo-chimico, ossia sono basati sull'azione del calore che permette le reazioni chimiche necessarie a trasformare la materia in energia, e prevedono l'impiego di biomasse con rapporto carbonio/azoto superiore a 30 ed un contenuto di umidità inferiore al 30%. In dettaglio, le biomasse più adatte per l'uso termo-elettrico sono la legna, i suoi derivati (segatura, trucioli, ecc.) e i sottoprodotti agricoli di tipo ligno-cellulosico (paglia, ecc.).

Come già anticipato nel paragrafo precedente, la produzione di bio-carburanti per il settore trasporti rappresenta un altro rilevante impiego della biomassa ai fini energetici. Per tale scopo è necessario un processo di conversione di tipo bio-chimico, che ricava energia per reazione chimica dovuta al contributo di enzimi e microrganismi, quali la fermentazione alcolica (bio-etanolo) e l'esterificazione degli oli (bio-diesel). Per alimentare tali processi sono idonee prevalentemente le biomasse di origine agricola (es. oli, zuccheri, cereali) e, in misura minore, quelle ligno-cellulosiche.

L'impiego della biomassa per la produzione di bio-carburanti sarà analizzato in dettaglio nel seguito.

Bio-etanolo

Il bio-etanolo presenta caratteristiche affini a quelle della benzina e può essere ricavato da qualunque materia prima vegetale contenente zuccheri (es. canna da zucchero) o trasformabile in zuccheri (es. mais e cellulosa). Il bio-etanolo è il bio-carburante più diffuso a livello mondiale: attualmente se ne producono oltre 35 miliardi di litri (mld lt), di cui 17 in Brasile e 15 negli Stati Uniti. A titolo

di confronto, nel mondo si consumano circa 1.200 mld lt di benzina, pertanto l'incidenza (in volume) del bio-etanolo su base mondiale è di circa il 3%.

Il bio-etanolo, che presenta un numero di ottano molto elevato, viene utilizzato in miscela con la benzina di origine minerale [2]. Esistono però limiti tecnico-motoristici alla percentuale massima di bio-etanolo che può essere miscelato con benzina: fino al 5% senza modifiche al motore, fino al 10% con leggere modifiche (carburazione) e fino al 25% con significative modifiche al motore (carburazione, iniezione, pompa, filtri, ecc...). Solo in Brasile e, in misura minore, in alcune aree degli USA, e recentemente anche in UE, il bio-etanolo è utilizzato allo stato pressoché puro (all'85%, c.d. E85) in veicoli costruiti *ad hoc*^a. Nella maggior parte dei casi il bio-etanolo viene utilizzato in concentrazioni inferiori: in miscela al 5% (Europa, normativa standard EN228) o al 10% (USA, c.d. *gasohol* o E10).

Il bio-etanolo allo stato puro e la benzina contenente etanolo vanno trasportati in condotte dedicate o veicoli idonei al fine di evitare il contatto con l'acqua che l'etanolo tende ad assorbire, con riflessi negativi sulle prestazioni motoristiche. Le miscele benzina/bio-etanolo sono inoltre più volatili della benzina^b, con implicazioni sul rispetto delle specifiche, in particolare nei periodi estivi e nei Paesi con temperature più elevate.

Il bio-etanolo può essere impiegato anche per la produzione di ETBE^c, additivo utilizzato per incrementare il numero di ottano e il contenuto di ossigeno delle benzine. In particolare, nell'Unione Europea il bio-etanolo è utilizzato prevalentemente per la produzione di bio-ETBE che può essere miscelato nella benzina con gli attuali standard al massimo al 15%^d.

Una significativa esperienza pionieristica fu acquisita dal Gruppo Eni già nei primi anni Novanta con la produzione a Ravenna di più di 100.000 t di ETBE [3].

Per quanto detto l'ETBE è preferibile al bio-etanolo, in quanto non è miscibile con l'acqua, non presenta problemi logistici e, inoltre, non innalza il grado di volatilità della benzina [4]; in miscela con benzina è quindi un vettore energetico migliore dell'etanolo. Tuttavia le produzioni di bio-ETBE potrebbero essere limitate dalla relativa indisponibilità in raffineria di correnti C₄ conte-



photo by alta laval

nenti l'isobutene necessario per il processo. Le produzioni di bio-etanolo e di bio-ETBE contribuiscono inoltre ad aumentare un già crescente *surplus* di benzina dell'Europa (oltre 50 mld lt al 2005) [5], a causa dell'evoluzione attesa dei consumi per il processo di dieselizzazione (domanda decrescente di benzina e crescente di gasolio). Gli operatori del settore petrolifero sarebbero obbligati, quando possibile, a riposizionare i quantitativi di benzina spiazzati dal bio-etanolo nelle aree extra-europee (es. USA), con aggravii di costo logistico.

Bio-diesel

Il bio-diesel ha caratteristiche del tutto affini al gasolio da autotrazione [6] ed è ricavato da oli vegetali (es. colza, girasole e palma), da oli di scarto e dal grasso animale. Al contrario dell'etanolo, il bio-diesel è oggi commercializzato quasi esclusivamente in Europa (3,6 mld lt su un consumo di gasolio di circa 200 mld lt, incidenza inferiore al 2%). In linea teorica, il bio-diesel può essere utilizzato nei motori diesel anche allo stato puro. Tuttavia il tradizionale processo di produzione del bio-diesel rilascia quantità non trascurabili di idrocarburi insaturi e di acidi deboli organici, che nel lungo termine (e per concentrazioni di bio-diesel superiori al 20-30%) potrebbero determinare la corrosione degli iniettori e dei materiali plastici utilizzati nella componentistica (es. guarnizioni). Le attuali specifiche UE (EN590), in fase di revisione, al momento consentono un contenuto massimo di bio-diesel nel gasolio del 5%.

Al contrario del bio-etanolo, il trasporto del bio-diesel non richiede accorgimenti particolari e risulta anzi più sicuro di quello del gasolio in quanto il bio-diesel si incendia a una temperatura più elevata (punto di infiammabilità più alto). Inoltre il bio-diesel non presenta i problemi tecnici del bio-etanolo (volatilità e igroscopicità), mentre ha invece il difetto di avere un punto di scorrimento (*pour point*)[®] più elevato del gasolio tradizionale e il suo impiego in Paesi caratterizzati da climi rigidi è delicato. D'altro canto il suo elevato potere lubrificante è



assai apprezzato perché permette di ridurre l'impiego di additivi soprattutto per i gasoli privi di zolfo. Nell'Europa-Occidentale, le produzioni di bio-diesel contribuirebbero a contenere il crescente deficit di distillati medi (circa 40 mld lt al 2005). In Europa, il bio-diesel presenta però una modesta resa per ettaro coltivato.

Processi e costi di produzione

Il processo produttivo di bio-etanolo da colture zuccherine comprende la fermentazione alcolica, che trasforma gli zuccheri in alcool etilico, e la successiva distillazione dell'etanolo (energeticamente assai intensiva) [7]. Mangimi per animali sono il sottoprodotto dell'intero processo. Le colture amidacee (es. cereali) e cellulose (es. paglia) richiedono un'ulteriore fase a monte per la trasformazione degli amidi in zuccheri (Fig. 2).

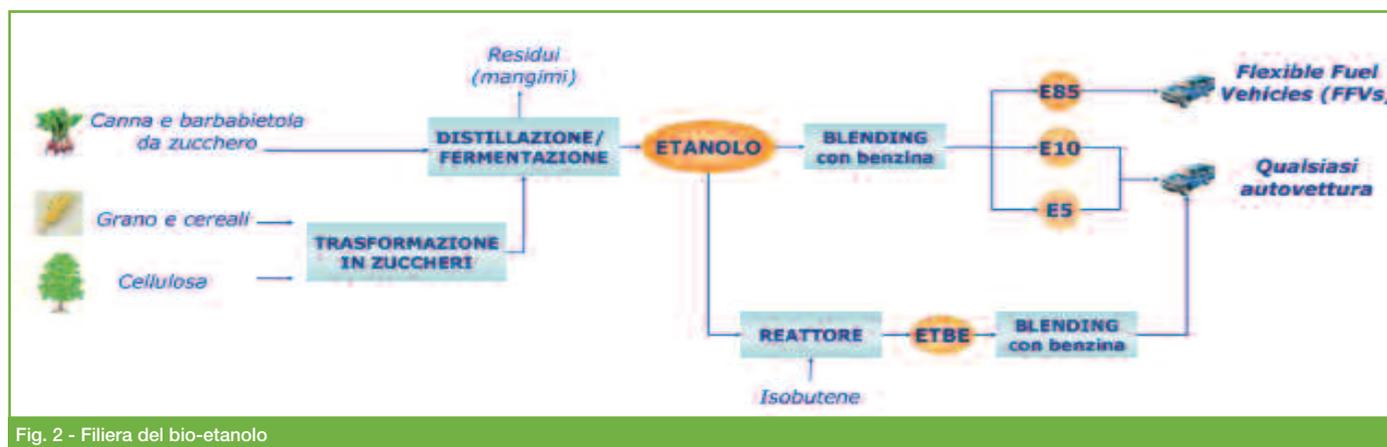


Fig. 2 - Filiera del bio-etanolo

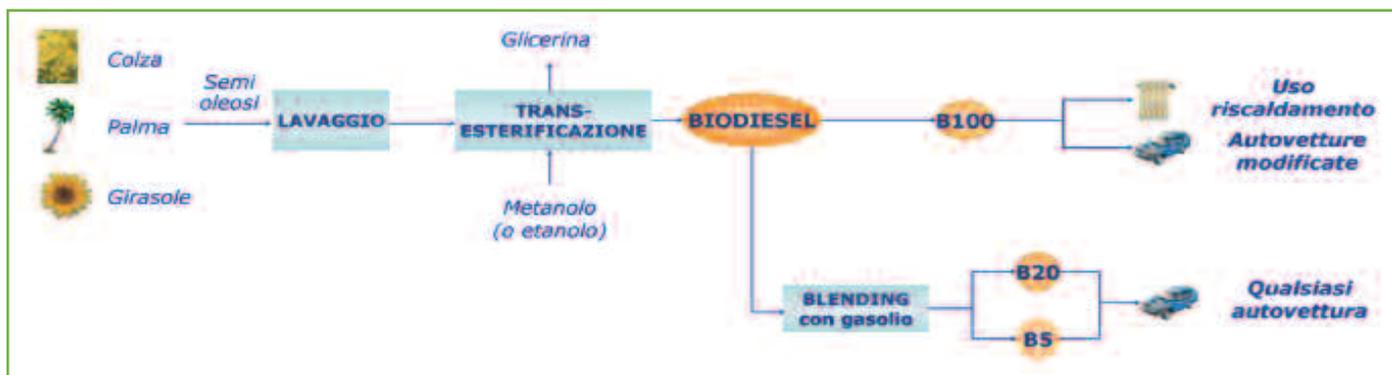


Fig. 3 - Filiera del bio-diesel

Il biodiesel è prodotto a partire da oli vegetali (di colza e di palma), dagli oli di scarto e dal grasso animale; queste materie prime contengono trigliceridi, in genere triesteri della glicerina con acidi grassi a lunga catena alchilica [8]. Dopo la spremitura dei semi oleaginosi, il loro estratto è successivamente sottoposto a trans-esterificazione con alcool in presenza di un opportuno catalizzatore, in modo da permettere la conversione dei trigliceridi in esteri (bio-diesel), denominati FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) o RME (*Rapeseed Methyl Ester*) se provenienti da colza (Fig. 3).

Il biodiesel viene generalmente prodotto per catalisi omogenea basica (impiegando di solito potassa o soda caustica), pur se processi alternativi più efficienti sono stati recentemente proposti mediante l'impiego di catalisi basica eterogenea [9].

Come sottoprodotto obbligato della trans-esterificazione si ottiene la glicerina (resa al 10%), utilizzata nel settore farmaceutico e, in misura minore, in quello cosmetico; questa sostanza, tuttavia, a causa della crescita di produzione del biodiesel registra attualmente una forte sovrapproduzione mondiale e un prezzo in drastica contrazione [10]. Se i prezzi crollassero ulteriormente diventerebbe più conveniente bruciarla che venderla. Sono allo studio processi di trasformazione della glicerina in composti a loro volta miscelabili nel gasolio, tuttavia le possibilità di successo della sperimentazione appaiono scarse. La produzione di glicoli per il mercato chimico sembra rappresentare un'ulteriore e più interessante alternativa [11].

In genere, i costi di produzione dei bio-carburanti sono significativamente più elevati di quelli dei carburanti tradizionali. In termini di contenuto energetico equivalente ai carburanti di origine fossile, in Europa (per un prezzo medio del greggio Brent di 56 \$/bbl) il bio-etanolo ha costi pari a 2,5 volte il prezzo della benzina; il bio-diesel ha costi pari a 2 volte il prezzo 2005 del gasolio.

La produzione di bio-carburanti nell'Unione Europea non è quindi competitiva su basi di costo con quella di Paesi come Brasile, Malesia e anche degli Stati Uniti. In Brasile il bio-etanolo da canna da zucchero ha costi di produzione (37 euro €/lt eq.), già oggi com-

petitivi col prezzo della benzina. In letteratura possono essere riscontrati valori puntuali di costo differenti, più o meno favorevoli, ma il quadro generale qui riportato non viene però alterato.

L'esperienza brasiliana è peculiare e difficilmente replicabile, quantomeno in Europa, non solo per le forti e prolungate politiche pubbliche di incentivazione, ma anche a causa di altri fattori specifici: disponibilità di vasti territori coltivabili (150 M ettari), resa particolarmente elevata della canna da zucchero e manodopera a basso costo. In Malesia e Indonesia, e più in generale in tutta l'area del sud-est dell'Asia, il costo di produzione del bio-diesel da olio di palma è sostanzialmente allineato all'attuale costo industriale di produzione del gasolio. Tali Paesi potrebbero quindi replicare il successo del Brasile in quanto dispongono di grandi quantità di terreni da destinare a colture energetiche e di manodopera a basso costo, godono di un clima idoneo e le colture di palma presentano un'elevata produttività.

Nuove frontiere tecnologiche

Dopo aver descritto vantaggi e limiti degli attuali biocarburanti, si descriverà rapidamente nel seguito quali possono essere le nuove frontiere [12]. Nell'ambito dei processi innovativi di produzione di biocarburanti, risultano particolarmente promettenti i processi che utilizzano l'intera biomassa e non solo parti di essa. Tali processi sono in grado di abbattere significativamente i costi di produzione, presentano un bilancio energetico più attraente (l'energia necessaria per la produzione è circa la metà di quella contenuta nel bio-carburante) e consentono inoltre di ottenere una significativa riduzione delle emissioni di gas serra.

Tra questi i più interessanti appaiono la "bio-raffinazione", che ottiene bio-etanolo da biomasse ligno-cellulosiche (scarti forestali e agricoli, es. paglia) e i processi *Biomass-to-Liquids* (BtL), in grado di garantire bio-diesel di elevatissima qualità, in linea con quello derivante da tecnologie di tipo *Gas to Liquids* (GtL)^f. Per quanto riguarda la bio-raffinazione, la Shell è particolarmente attiva nel settore col



progetto *logen*, che ha lo scopo di convertire paglia e scarti legnosi (contenenti quindi cellulosa) in etanolo mediante l'impiego di enzimi secondo tecniche genetiche; un impianto per produrre 200.000 t/a di etanolo dovrebbe entrare in funzione entro il 2008 [13].

Bio-carburanti di 2ª generazione

Per quanto concerne i processi BtL, esistono essenzialmente due tecnologie che differiscono tra loro sia per il tipo di biomassa utilizzata, sia per il processo di trattamento della biomassa (Fig. 4).

La prima è la tecnologia che prevede una fase di gassificazione della biomassa (scarti agricoli o legnosi) per ossidazione parziale attraverso due stadi, il primo a bassa temperatura e il secondo ad elevata temperatura, e la successiva conversione del gas generato dalla biomassa in cariche *pro-hydrocracking* con processo Fischer-Tropsch [14] o anche di sintesi dimetiletere (DME) via metanolo [15] (utilizzati anche nei processi di tipo *Coal-to-Liquids* e *Gas-to-Liquids*).

La seconda tecnologia è basata su processi di conversione della bio-massa. Si tratta di usare gli stessi oli vegetali e grassi animali, che fungono da materiale di partenza per la sintesi del biodiesel, per alimentare direttamente unità di conversione, sia di cracking (FCC), che provoca la rottura delle molecole di acidi grassi a lunga catena, sia di idrogenazione, nelle quali il legame estereo viene spezzato producendo sostanzialmente paraffine a catena lunga, oltre a biossido di carbonio e acqua [16]. L'approccio diretto è molto semplice e ha il grande pregio di fornire un prodotto sostanzialmente indistinguibile da quello petrolifero.

Nel caso dell'idrogenazione, il prodotto è di altissima qualità con numeri di cetano fino a 90 e ciò ha spinto a realizzare unità apposite come nel caso di Neste Oil in Finlandia [17]. I costi di produzione sono attualmente elevati a causa dell'utilizzo intensivo di idrogeno, ma esistono margini di miglioramento per un loro abbattimento.

La conversione diretta degli oli vegetali in raffineria può essere effettuata sia costruendo unità di conversione *ad hoc*, sia alimentando impianti di conversione esistenti (*hydrocracking* o FCC) con oli vegetali unitamente a cariche convenzionali (*co-feeding* con residui *vacuum*). La prima opzione, per quanto più costosa, garantisce una minore usura degli impianti.

Bio-butano

È inoltre allo studio un progetto di ricerca, condotto da Bp e Dupont, sul possibile impiego del bio-butano, prodotto per via fermentativa dalle stesse cariche utilizzate per il bio-etanolo, come carburante nel settore trasporti in miscela con la benzina. Bp e Dupont prevedono di poter introdurre il bio-butano nel mercato anglosassone a partire dal 2007 [18], facendo leva sulla *partnership* con British Sugar che detiene nel Regno Unito impianti di produzione di bio-etanolo da convertire a bio-butano.

Il butano è un alcool utilizzato attualmente come solvente e prodotto esclusivamente da impianti petrolchimici. Secondo Bp e Dupont, il bio-butano presenterebbe dei significativi vantaggi tecnici nei confronti del bio-etanolo in quanto:

- ha un maggiore potere calorifico (85% di quello della benzina vs 63% dell'etanolo);
- può essere miscelato con la benzina in concentrazioni maggiori (attualmente 10% in volume in UE e 11,5% negli Stati Uniti, in futuro fino al 16% senza modifiche alle autovetture);
- presenta una minore volatilità;
- la miscela bio-butano/benzina è meno suscettibile a separarsi in presenza di acqua rispetto alla miscela bio-etanolo/benzina;
- è trasportabile nelle condotte esistenti e non richiede un sistema logistico dedicato.

I limiti del bio-butano risiedono tuttavia nei processi produttivi attuali, poco efficienti e immaturi. Le fermentazioni convenzionali presentano basse rese, con concentrazioni di bio-butano nelle fermentazioni molto modeste. La fermentazione che sembrerebbe presentare le maggiori rese in bio-butano è quella di Ramey che esibisce rese

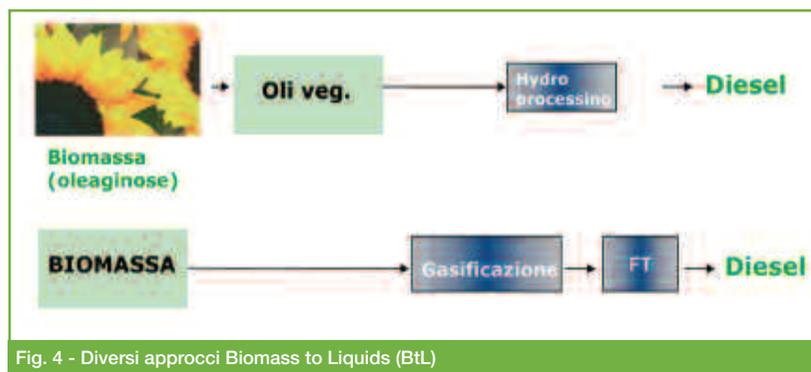


Fig. 4 - Diversi approcci Biomass to Liquids (BtL)



simili a quelle dei processi convenzionali di produzione del bio-etanolo, ma richiede ceppi batterici di nuova scoperta. Ancora si è allo stadio sperimentale e non vi è alcun impianto pilota, pertanto non sono noti né i costi di produzione, né il bilancio ambientale ed energetico.

Bio-carburanti di 3ª generazione

Un altro filone di ricerca innovativo associa alla produzione di bio-carburanti i progetti di controllo dell'accumulo di anidride carbonica nell'atmosfera. In particolare, è allo studio la possibilità

di legare la bio-fissazione della CO₂ alla coltivazione di alghe [19] che, per produrre bio-diesel, necessitano di assorbire in vasche riscaldate notevoli quantità di CO₂. Le alghe, coltivate in vasche riscaldate situate in zone caratterizzate da clima di tipo desertico, sono caratterizzate da un'elevata resa energetica (significativamente maggiore rispetto alle altre materie prime utilizzate). Non sono ancora noti né i costi di produzione, né i potenziali contraccolpi di una coltivazione di alghe su larga scala; tuttavia costituiscono un interessante filone di ricerca, soprattutto in quanto alcuni tipi di alghe consentono raccolti multipli nel corso di un anno e inoltre hanno un elevato potere di assorbimento di anidride carbonica.

Sviluppo di piante riservate all'uso energetico

È infine ipotizzabile che significative discontinuità nella produzione di bio-combustibili possano arrivare nel futuro dall'individuazione di specie di piante, in grado di garantire una produttività elevata e di abbattere i costi della materia prima.

Le piante, poco pregiate e a crescita rapida, sarebbero coltivate *ad hoc* per l'impiego energetico e non entrerebbero in competizione con il mercato alimentare, come invece accade nel caso delle colture tradizionali (oli vegetali, zucchero e cereali).

È allo studio, in India e Indonesia, la produzione di bio-diesel da

jatropha curcas, pianta oleaginosa, il cui olio non è però commestibile poiché velenoso, della famiglia delle euforbiacee che richiede un modesto impiego di fertilizzanti e che presenta una resa in bio-diesel di circa 2 t per ettaro. Negli Stati Uniti invece è in corso di sperimentazione la produzione di bio-etanolo da *switchgrass* (graminacea tipica del nord-America) [20] che, non richiedendo particolari cure nella fase di coltivazione e, crescendo in terreni marginali dei quali vi è notevole disponibilità, potrebbe essere di grande interesse. La sua resa in bio-etanolo varia tra 1 e 3 t per ettaro coltivato.

Conclusioni

I biocarburanti liquidi costituiscono un ottimo vettore energetico e, a tempi brevi, rappresentano l'unica possibilità realisticamente applicabile per trasformare fonti rinnovabili in carburanti per l'automotivazione. Di fatto, l'ingresso forzato dei biocarburanti nel mercato non solo ha fatto registrare un aumento dei produttori tradizionali ma da qualche tempo ha visto il coinvolgimento diretto delle stesse società di raffinazione.

D'altra parte, oggi e nel prossimo futuro, i bio-carburanti derivati da colture agricole tradizionali non possono rappresentare una risposta strutturale alle grandi sfide energetiche dell'umanità. I loro costi di produzione e di movimentazione sono significativamente superiori ai carburanti di origine mineraria, eccetto che per limitatissime

aree del mondo (Brasile), ma ciò è riconducibile a condizioni uniche. Queste ultime non appaiono replicabili se non in un numero ristrettissimo di Paesi (es. Indonesia). Nei Paesi industrializzati, anche in corrispondenza di quotazioni del greggio superiori ai 70 \$/bl, i bio-carburanti necessitano di sussidi per essere competitivi.

Sul piano ambientale il loro utilizzo contiene le emissioni di monossido di carbonio, composti solfo-



Biofuels: Product and Production Evolution

After briefly introducing the main driving forces of the recent interest for biofuels in the automotive field, the two main representatives, bio-ethanol and bio-diesel, are discussed with specific regard to product and process issues. A review is then given on the most important emerging technologies in the field.



rosi e particolato. Il problema più grande dei bio-carburanti, tuttavia, è rappresentato dai volumi producibili in rapporto ai consumi attuali e prospettici. A titolo di esempio, nell'ipotesi "estrema" che un terzo dell'intera superficie italiana (10 M ettari, equivalente alla quasi totalità di quella coltivabile) fosse riservata alla coltivazione di colza si otterrebbe una quantità di bio-diesel, sostituto del gasolio di cui si è in deficit, sufficiente a sostituire *solo* il 40% dei consumi di gasolio nel settore trasporti, corrispondente a circa il 10% dei consumi totali di prodotti petroliferi nel Paese. Tutto ciò senza considerare che gli attuali processi produttivi (fermentazione degli zuccheri ed esterificazione degli oli) sono relativamente poco efficienti (in alcuni casi bilancio energetico pressoché nullo per la produzione di bio-etanolo [21]). I processi più avanzati presentano maggiore efficienza energetica ma risultano ancora costosi e immaturi.

Malgrado questo, i suddetti limiti rappresentano una sfida da raccogliere investendo in ricerche e sperimentazioni a medio-lungo termine che potrebbero rivelarsi "break-through"; solo da tali sforzi potrà originarsi l'individuazione di decisive discontinuità tecnologiche in grado di garantire soluzioni maggiormente "sostenibili". Eni è attiva nello sviluppo di diverse tecnologie in questo campo.

Note

^a I cosiddetti *Flexible Fuel Vehicles* (FFVs) che consentono l'impiego indistinto di alcool e benzina o una qualunque miscela tra i due combustibili nello stesso serbatoio.

^b La volatilità esprime la tendenza di un liquido ad evaporare e rilasciare composti organici volatili (VOC - Volatile Organic Compounds). La miscela bioetanolo/benzina subisce, per concentrazioni modeste di bioetanolo, un aumento di volatilità rispetto alla media dei singoli componenti. La volatilità può essere ridotta escludendo dalla miscela, con conseguente perdita di volume, componenti leggeri altoottanici pregiati (es. butano).

^c L'etil-terbutil-etero (ETBE) è un derivato dell'etanolo per reazione con isobutilene.

^d Le attuali specifiche in vigore nell'UE consentono una percentuale massima nella benzina di "Eteri contenenti 5 o più atomi di carbonio per molecola", come l'ETBE, del 15% (in volume). Il limite è stato introdotto allo scopo di rispettare il vincolo del 2,7% (in peso) sul contenuto massimo di ossigeno nella benzina. L'ETBE ha un contenuto di ossigeno del 15,7% (in peso).

^e Il *pour point* indica la temperatura minima al di sopra della quale un fluido scorre senza aiuti esterni. Al di sotto del *pour point* il fluido tende ad ispessire e non scorre più liberamente. Il bio-diesel ha un punto di scorrimento di solito compreso tra 0 e -15 °C (a seconda della biomassa utilizzata). Il diesel convenzionale ha un *pour point* solitamente compreso tra -20 e -25 °C.

^f Il processo, a fronte di maggiori investimenti, elimina il contenuto d'ossigeno nel bio-diesel (~11%), aumenta il potere calorifico e il numero di cetano, mantenendo i vantaggi del bio-diesel (assenza di zolfo e poliaromatici).

Bibliografia

- [1] M.L. Wald, *Scient. Am.*, Jan. 2007, 42.
- [2] M. Di Girolamo *et al.*, *Oil & Gas. Europ. Mag.*, 2005, **31**(2), 70.
- [3] M. Marchionna, R. Trotta, *Petr. Tech. Quat.*, Winter 1997/98, 60.
- [4] F. Cima *et al.*, X Int. Symp. on Alcohol Fuels, Colorado Springs, 1993, Add., 275.
- [5] A.M. Alberti, A. Amoroso, *Energia*, 2006, **4**, 46.
- [6] M. Bowman *et al.*, *Hydrocarbon Proc.*, 2006, **85**(2), 103.
- [7] H.P.E. Hall, *World Refining*, 2005, **15**(1), 22.
- [8] E. Lotero *et al.*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2005, **44**, 5353.
- [9] L. Bournay, A. Baudot, *US Pat.* 7 138 536, 2006.
- [10] M. McCoy, *Chem. Eng. News*, 2005, Feb. 21, 19.
- [11] S.P. Crabtree *et al.*, *Hydrocarbon Proc.*, 2006, **85**(2), 87.
- [12] M.S. Reisch, *Chem. Eng. News*, 2006, Nov. 20, 30.
- [13] H.M.H. Van Wechem, Hart World Refining and Fuels Conf., Bruxelles, 23-25 May 2005.
- [14] M. Deutmeyer, 6th World GTL Summit, London, 17-19 May 2006.
- [15] I. Landälv, Gasification Tech. Conf., Washington, Oct. 1-4, 2006.
- [16] J. Holmgren, UOP European Refining Seminar, Paris, November 13th, 2006.
- [17] M. Koskinen *et al.*, *Hydrocarbon Proc.*, 2006, **85**(2), 81.
- [18] G. Hess, *Chem. Eng. News*, 2006, June 26, 9.
- [19] GreenFuel Technologies Corporation, Corporate Overview, October 16th, 2006.
- [20] J. Johnson, *Chem. Eng. News*, 2007, Jan. 1, 19.
- [21] F. Strassoldo, F. de Ferra, Convegno "Aspetti Tecnico-Economici della Produzione di Biocarburanti", Milano, 4 dicembre 2006, 45.