



Luciano Morselli, Elena Bernardi,
Luca Ciacci
Università di Bologna
C.I.R.I. Energia e Ambiente
luciano.morselli@unibo.it

GREEN ECONOMY E INDUSTRIAL ECOLOGY

La prevenzione e una sostenibile gestione delle risorse sono alla base del cambiamento verso un'economia verde, in cui la chimica e gli strumenti dell'industrial ecology siano a supporto del modello di crescita basato su flussi circolari di materia ed energia tanto quanto sul rispetto della protezione dell'ambiente e dell'uomo.

Green economy

Il concetto di *green economy* ha assunto una dimensione ormai globale, ponendosi come nuovo modello sociale, economico e politico. Secondo la definizione dell'UNEP, la *green economy* è quell'economia che, riducendo significativamente i rischi ambientali e le carenze ecologiche, si traduce in maggior benessere ed equità sociale. Dunque un modo alternativo e più sostenibile di fare business, in cui la crescita di reddito e occupazione, stimolata da investimenti pubblici e privati, sia associata ad alcuni aspetti fondamentali dal punto di vista ambientale e sociale: basse emissioni di carbonio, efficienza nell'uso delle risorse, prevenzione della perdita di biodiversità ed inclusività sociale [1].

Il concetto di *green economy* non sostituisce quello di sviluppo sostenibile, ma vi è crescente consenso sul fatto che il raggiungimento della sostenibilità passi attraverso un modello economico più giusto. Infatti, il modello di "brown economy", seguito negli ultimi decenni e basato prevalentemente sull'uso di combustibili fossili, non è riuscito ad affrontare in modo soddisfacente i problemi di emarginazione sociale, degrado ambientale ed esaurimento delle risorse. Al contrario il passaggio ad un'economia verde, oltre ad apportare benefici ambientali, rappresenta un nuovo motore di crescita, un generatore di posti di lavoro dignitosi ed una via per l'eliminazione della povertà persistente [2].

Tab. 1 - Questioni da affrontare per rafforzare commercio, green economy e sviluppo sostenibile [4]

- 1 Individuare ed affrontare gli ostacoli che gli aspetti commerciali pongono alla transizione verso un'economia verde
- 2 Assicurarsi che le regole del commercio consentano la transizione verso un'economia verde, ad esempio, garantendo che le regole commerciali offrano spazio per lo sviluppo, l'acquisizione e la diffusione delle tecnologie necessarie per la riduzione delle emissioni
- 3 Discutere e risolvere i problemi di regolamentazione, di norme, di etichettatura e di certificazione per assicurare che non costituiscano ingiustificate barriere non tariffarie al commercio
- 4 Discutere e risolvere i problemi relativi a "border carbon adjustments" unilaterali
- 5 Discutere e risolvere il trattamento di sovvenzioni per l'energia e l'industria verde
- 6 Concludere ed attuare il Doha Round agreement per beni e servizi ambientali
- 7 Stimolare opportunità di "commercio verde" attraverso programmi pro-attivi di promozione e facilitazione del commercio
- 8 Garantire l'accesso al finanziamento del commercio a prezzi accessibili, in particolare per i Paesi più poveri, e in particolare per i settori e le attività relative a un'economia verde
- 9 Finanziare il trasferimento di tecnologie verdi e gli acquisti pubblici di brevetti relativi alle tecnologie verdi di ultima generazione, per renderli di pubblico dominio
- 10 Fornire Aid-for-Trade per la promozione di tecnologie rispettose dell'ambiente e la produzione di green commodities

Il contributo è tratto dalla lecture presentata in occasione del XIII Congresso Nazionale di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali della Società Chimica Italiana, Taranto 10-14 settembre 2012.

Lo stretto legame fra *green economy* e sostenibilità e la rilevanza internazionale del tema sono testimoniati dal fatto che uno dei punti all'ordine del giorno nell'ultimo vertice ONU sullo sviluppo sostenibile (Rio+20, giugno 2012) era "green economy in the context of sustainable development and poverty eradication". In particolare, nella risoluzione 66/288 adottata al termine del vertice si afferma che la *green economy* è uno degli strumenti più importanti per raggiungere uno sviluppo sostenibile e sviluppare nuove politiche, riconoscendo però che ogni Paese è legittimato a scegliere un approccio adeguato in conformità con i propri piani nazionali di sviluppo, strategie e priorità. Gli investimenti nel campo della *green economy* vanno certo catalizzati e sostenuti da spese pubbliche mirate, riforme e modifiche normative, ma tali politiche di sostegno e promozione non devono essere viste né come un rigido insieme di regole, né come un'arbitraria fonte di discriminazione al commercio internazionale (Tab. 1). Infatti, se da un lato la transizione verso un'economia verde può comportare alcuni rischi per il commercio (protezionismo, condizionalità, sovvenzioni), dall'altro la *green economy* può offrire a molti Paesi in via di sviluppo opportunità di trovare mercati globali per beni e servizi a basso impatto ambientale e al contempo fornire l'occasione di migliorare la *governance* del commercio sia globale che locale [3].

Riguardo al campo d'applicazione, il modello della *green economy* interessa trasversalmente tutti i settori dell'economia (edilizia, trasporto, pesca/agricoltura, energia, turismo, rifiuti, produzione industriale...) ed anche in Italia, come in Europa, rappresenta sempre più un nuovo orizzonte per il sistema imprenditoriale e una leva su cui puntare per rilanciare l'economia. Se nel 2010 già il 30,4% delle PMI investiva in prodotti e tecnologie *green*, nel 2011 le imprese che hanno dichiarato che investiranno in questi ambiti sono raddoppiate [4] e si stima che nei prossimi dieci anni il numero degli occupati in lavori verdi crescerà di 300.000-500.000 unità rispetto al 2009 [5].

A livello regionale, anche in Emilia-Romagna si segue la stessa tendenza. Qui il contributo prevalente alla *green economy* è dato dai settori agroalimentare, dei rifiuti ed edile, che mostrano particolare attenzione per gli strumenti di qualificazione ambientale del processo produttivo e del prodotto (per esempio EMAS, EPD) e per gli studi di LCA. Alcuni dati sul settore manifatturiero testimoniano poi che produrre "green" non ostacola la crescita, ma può aiutare nel rispondere alla crisi: se infatti dal 2007 al 2009 il fatturato per questo settore è crollato del 14%, quello delle imprese *green* è calato di poco meno del 5% [4].

Il ruolo di una chimica verde

L'industria chimica è tra i settori che contribuiscono maggiormente all'economia europea in termini di ricavi, commercio e occupazione [6] e, se la *green economy* è il paradigma del cambiamento cui siamo chiamati, nella "chimica" dobbiamo cercare le soluzioni da proporre. La necessità di prendere le distanze dalla vecchia concezione di attività antropiche si è forse manifestata nel desiderio di coniare un'etichetta di "chimica verde" o *green chemistry*, di una chimica sostenibile di prodotti e processi che elimini o riduca l'utilizzo o la generazione

di sostanze pericolose e che abbia nella prevenzione il motore trainante. Il ruolo centrale di una chimica verde nella *green economy* è insito negli obiettivi di realizzare prodotti più sicuri e ridurre rifiuti, che si traducono nell'eliminazione di costi per trattamenti *end-of-pipe* o di risanamento. Allo stesso modo, eco-efficienza è sinonimo di efficienza industriale: ridurre l'uso di energia e risorse, preferendo fonti rinnovabili, e una produzione selettiva, in cui l'impiego di catalizzatori sia da preferire a reagenti e ausiliari, esplicano i concetti di una progettazione eco-sostenibile, con il prefisso eco- nel senso di ecologico tanto quanto economico.

Sebbene esempi di una "chimica antropica sostenibile" si siano avuti indipendentemente dall'etichetta di chimica verde, la coscienza delle emergenze ambientali, il progresso tecnologico-scientifico, le linee dettate da politiche e normative e il senso di responsabilità verso le prossime generazioni non permettono più di ignorare o rimandare l'esigenza di porre rimedio al problema ambientale, ribaltando una concezione antropocentrica del mondo e delle risorse, disinteressata della resilienza del pianeta, e che si è rivelata non più perpetuabile.

Un contributo rilevante al raggiungimento di un'economia verde è dato dal settore energetico, posto al centro delle politiche economiche nazionali, con l'obiettivo di preservare le risorse tanto quanto di ridurre le emissioni di gas climalteranti. Dal 1970 al 2004 le emissioni antropiche di GHG sono aumentate del 70%, con i settori energetico, industriale e dei trasporti responsabili per oltre il 60% delle emissioni globali [7]. Lo spostamento verso fonti energetiche alternative e rinnovabili orienta buona parte della ricerca scientifica dell'industria chimica ed è tra le tematiche ispiranti il 7° Programma Quadro della CE per la produzione di bioenergia mediante la promozione, sviluppo e rafforzamento di bio-raffinerie e bio-industrie dedite alla trasformazione di biomassa, sottoprodotti e rifiuti in *feedstock* per sistemi industriali innovativi. L'impiego di bio-tecnologie e bio-processi per una conversione efficiente di materiali di scarto in *chemicals* trova applicazione nel settore energetico così come, tra gli altri, in quelli alimentare, sanitario, farmaceutico, cosmetico e ingegneristico, e si pone quindi come strategia centrale per le politiche future dell'industria chimica.

Gli strumenti dell'industrial ecology per un'economia verde

Il modello di economia verde proposta trova corrispondenza nei principi applicativi dell'ecologia industriale o *industrial ecology*, inteso come uno studio delle interazioni ed interrelazioni fisiche, chimiche e biologiche sia all'interno dei sistemi industriali, che tra sistemi industriali e naturali. Il conseguimento dei principi di *industrial ecology* e *green chemistry*, in linea con comunicazioni della Commissione Europea sull'uso sostenibile delle risorse, necessita di misurare qualitativamente e quantitativamente l'efficacia di sistemi e programmi indagati, richiedendo un approccio sistemico alle problematiche ambientali e alla loro soluzione, evitando prospettive parziali che possano tralasciare variabili importanti o condurre a valutazioni incomplete. L'orientamento sistemico ad un problema ambientale può essere garantito in diverse

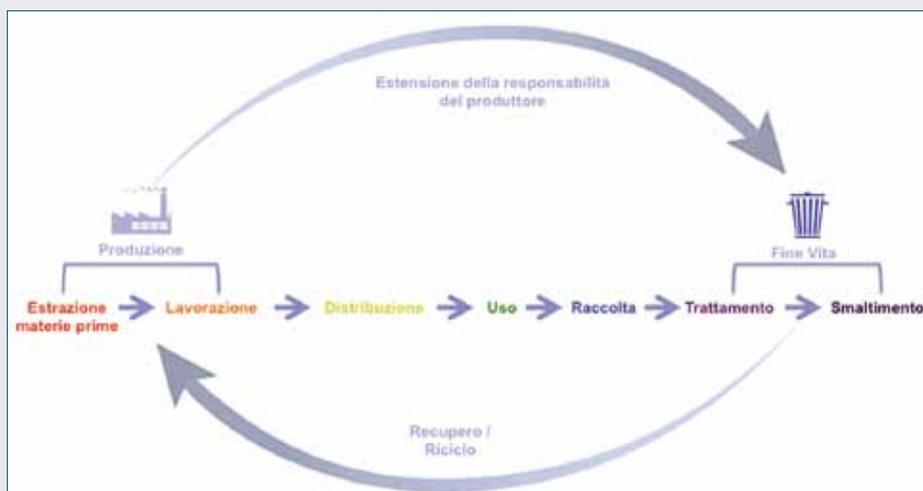


Fig. 1 - Principali fasi del ciclo di vita di un prodotto e l'approccio di estensione della responsabilità del produttore

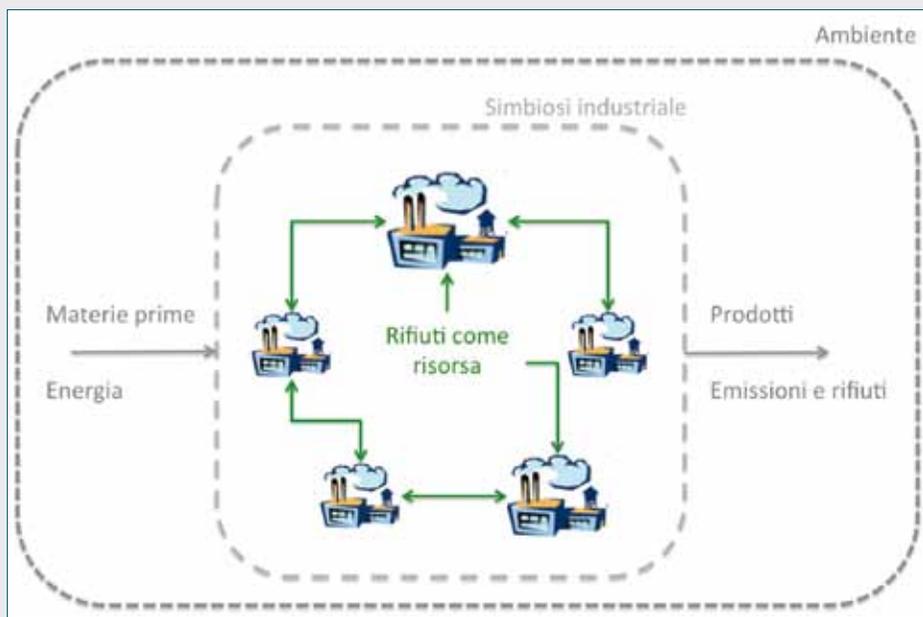


Fig. 2 - Industrial symbiosis: modello di sistemi industriali fondati su flussi circolari di risorse

forme: adottando un approccio di ciclo di vita, identificando e quantificando il bilancio di flussi e risorse, analizzando il sistema con prospettive multi ed inter-disciplinari [8].

Pensare in termini di ciclo di vita significa prendere in esame gli impatti ambientali diretti ed indiretti associati ad un prodotto, processo o servizio, dall'estrazione delle materie prime, alle fasi di trasporto, lavorazione, consumo e fine vita. L'approccio di ciclo di vita può essere condotto sia ad un livello formale, mediante metodologie come il Life Cycle Assessment (LCA), sia ad un livello teorico attraverso l'applicazione di politiche mirate alla gestione delle risorse tanto quanto alla ricerca. Queste ultime includono, tra le altre, le politiche integrate di prodotto (Integrated Product Policy, IPP), la responsabilità estesa del produttore (Extended Producer's Responsibility, EPR), le certificazioni ambientali, l'integrazione di criteri ambientali nell'acquisto e consumo da parte delle pubbliche amministrazioni (Green Public Procurement,

GPP), [6] (Fig. 1). Le economie puntuali, regionali e mondiali sono caratterizzate da scambi continui di materia, che comunemente determinano un accumulo di materiali e sostanze dentro i loro confini. La conoscenza di questi depositi resta spesso incerta, compromettendo la valutazione delle potenzialità di recupero, nel caso di risorse, o di pericolosità, nel caso di inquinanti.

La Material Flow Analysis (MFA) è tra le metodologie che consentono di determinare i flussi e i depositi di materia all'interno di confini geografici e temporali definiti, rispondendo alla necessità di garantire elevati livelli di protezione per l'ambiente e una gestione sostenibile delle risorse. L'interesse contemporaneo verso la determinazione di flussi e depositi è declinato, per le risorse, nell'approfondimento di concetti che mirano all'integrazione di industrie separate attraverso la condivisione di risorse e scarti (*Industrial Symbiosis*), o che considerino le comunità urbane quali miniere del futuro (*Urban Mining*); nel caso di inquinanti, invece, l'interesse è verso metodiche volte a stimare gli impatti sulla salute umana connessi agli inquinanti nelle diverse matrici ambientali, come ad esempio l'analisi di rischio (*Risk Assessment*), in cui il rischio è il risultato della combinazione tra tossicità dell'inquinante ed esposizione del recettore (Fig. 2).

La necessità di fronteggiare emergenze associate ai rifiuti affronta spesso un'oggettiva difficoltà di recupero dei materiali contenuti nel flusso di materiali di scarto, quale frutto di complessità di assemblaggio e di composizione. Si parla di progettazione eco-sostenibile (*Ecodesign, Design for Environment*), intendendo una produzione che integra i concetti di dematerializzazione ed eco-efficienza, unitamente a

pratiche e procedure che semplifichino il recupero di un materiale dal flusso di rifiuti, ad esempio attraverso giunzioni e tecniche di assemblaggio orientate al riciclo. Alla complessità di assemblaggio si aggiunge poi quella di composizione: fino agli anni Novanta gli elementi della tavola periodica comunemente impiegati erano poco meno di una decina; negli anni Duemila, il numero è salito a circa 60, conseguentemente alla creazione di materiali sempre più performanti e tecnologici: elementi come niobio, tantalio, zirconio, afnio, tungsteno, litio e renio sono definiti "metalli critici", a fronte della crescente domanda, a causa della difficoltà di estrazione dai minerali che li contengono e della scarsa diffusione sulla superficie terrestre [9].

Applicazioni nel campo dei rifiuti come risorsa

Il Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale (C.I.R.I.) Energia e Ambiente ha tra i suoi obiettivi lo sviluppo e l'applicazione di meto-

dologie, tecniche e processi per una migliore gestione di materiali e di energia per una produzione sostenibile e per un più efficiente impiego delle risorse, in linea con i principi dell'*industrial ecology*.

Tra gli altri, esempi applicativi delle metodologie sopra descritte includono l'analisi di indicatori di efficienza per una gestione dei rifiuti in diverse condizioni territoriali [10], ricerche applicate ad una progettazione eco-sostenibile in ambito automobilistico e di recupero e valorizzazione dei veicoli a fine vita (End-of-Life Vehicles, ELV) e del relativo *car fluff* [11, 12], che costituisca la vera sfida per il raggiungimento dei target di recupero e riciclo al 2015 previsti dalla normativa (Fig. 3). Quindi, studi di LCA applicati a sistemi di gestione e trattamento di rifiuti urbani e speciali [13, 14]; studi di monitoraggio ambientale e analisi di rischio applicati a impianti di incenerimento [15, 16]. Tra le iniziative, si segnala inoltre la promozione nel 2012 di un workshop dedicato alle strategie di sviluppo industriale in una prospettiva di *green economy*.

Conclusioni

La prevenzione e una gestione delle risorse che preservi la resilienza del pianeta sono le pietre miliari del percorso che tende ad una maggiore sostenibilità ambientale. La strategia proposta include i rifiuti e la loro gestione quale leva per il cambiamento verso un'economia verde, in cui la chimica e gli strumenti di validazione e controllo dell'*industrial ecology* supportino un modello di crescita basato su flussi circolari di materia ed energia tanto

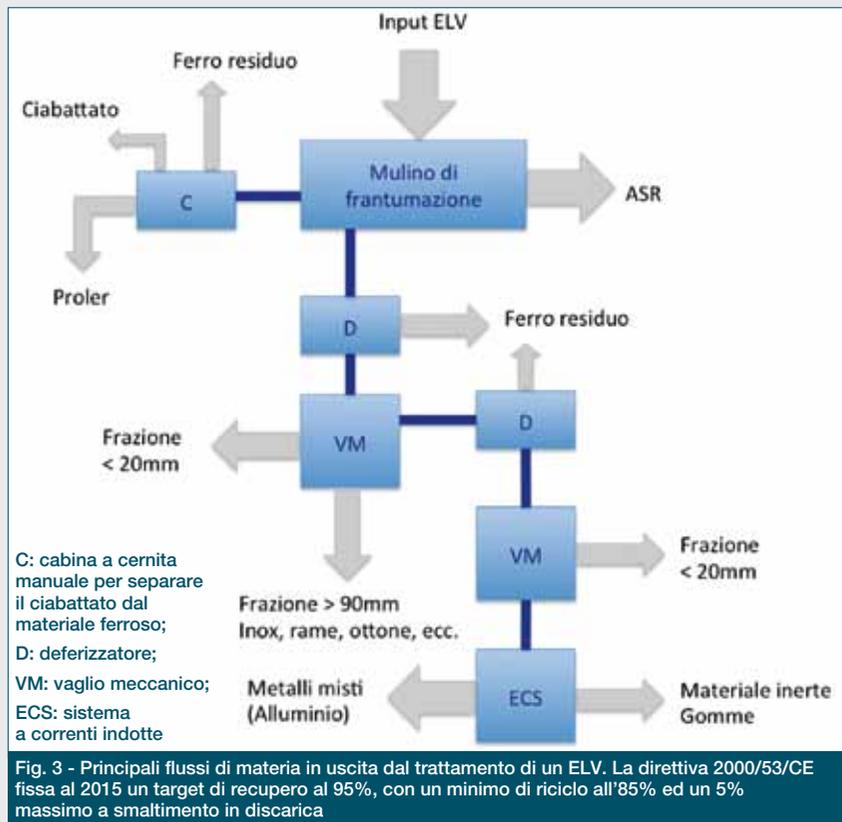


Fig. 3 - Principali flussi di materia in uscita dal trattamento di un ELV. La direttiva 2000/53/CE fissa al 2015 un target di recupero al 95%, con un minimo di riciclo all'85% ed un 5% massimo a smaltimento in discarica

quanto sul rispetto della protezione dell'ambiente e dell'uomo, garantendo un approccio sistemico alla ricerca di soluzioni per le emergenze ambientali cui siamo chiamati a rispondere.

Bibliografia

- [1] UNDESA, A guidebook to the Green Economy, Issue 1: Green Economy, Green Growth, and Low-Carbon Development, 2011.
- [2] UNEP, Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, 2011.
- [3] UNCSD Secretariat and UNCTAD, Rio +20 Issues Brief n° 1, Trade and Green Economy, 2011.
- [4] Ervet e Regione Emilia-Romagna, Green economy in Emilia-Romagna, 2012.
- [5] T. Gelisio, M. Gisotti, Guida ai green jobs, Edizioni Ambiente, 2009.
- [6] European Technological Platform for Sustainable Chemistry (SusChem), 2012, in www.suschem.org/about-suschem/sustainable-chemistry.aspx
- [7] R.K. Pachauri, A. Reisinger, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007.
- [8] R.U. Ayres, L.W. Ayres, A Handbook of Industrial Ecology, Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, UK, 2002.
- [9] J. Johnson *et al.*, *Environ. Sci. Technol.*, 2012, **41**, 1759.
- [10] F. Passarini *et al.*, *Waste Management*, 2011, **31**, 785.
- [11] A. Santini *et al.*, *Conservation and Recycling*, 2010, **54**, 1128.
- [12] A. Santini *et al.*, *Waste Management*, DOI: 10.1016/j.wasman.2011.10.030.
- [13] L. Ciacci *et al.*, *International Journal of LCA*, 2010, **15**, 896.
- [14] L. Morselli *et al.*, *Waste Management*, 2007, **27**, S85.
- [15] I. Vassura *et al.*, *Chemosphere*, 2011, **83**, 1366.
- [16] L. Morselli *et al.*, *Waste Management & Research*, 2011, **29**, S48.

ABSTRACT

Green Economy and Industrial Ecology

Initiatives oriented to prevention and a sustainable management of natural resources are among the main levers to shift towards a green economy. Chemistry and the Industrial Ecology principles and tools shall strongly support the strategy for creating anthropogenic systems, consistently based on circular flows of material and energy, as well as the respect and protection of human health and the environment.