

COMBUSTIBILI FOSSILI E ACQUA DOLCE: SFIDE PER IL SISTEMA GLOBALE DELL'ALIMENTAZIONE?

COMBUSTIBILI FOSSILI E ACQUA DOLCE: SFIDE PER IL SISTEMA GLOBALE DELL'ALIMENTAZIONE?

L'articolo propone una illustrazione sintetica di due delle principali sfide che l'attuale sistema mondiale dell'alimentazione sta affrontando: la sempre più limitata disponibilità di energie fossili e la progressiva diminuzione delle risorse di acqua dolce. L'autore offre una aggiornata trattazione di questi temi, dimostrando la insostenibilità dell'attuale situazione, così come l'urgenza di adottare nuove politiche di produzione, distribuzione e commercializzazione delle derrate alimentari.

FOSSIL FUELS AND FRESHWATER: CHALLENGES FOR THE GLOBAL FOOD SYSTEMS

The article offers a synthetic overview on two of the most important issues facing the current global food system: the more and more restricted supplies of fossil energy and the global depletion of freshwater resources. The author offers an updated argumentation of these topics, demonstrating the non-sustainability of the current situation, as well as the urgency of adopting new productive and distributive strategies for the global food system.

A cavallo fra 2007 e 2008 i prezzi dei prodotti agricoli hanno raggiunto i massimi livelli storici, mentre le riserve di cereali, a livello mondiale, sono al contrario scese ai livelli più bassi raggiunti dagli anni Settanta. Questi eventi hanno richiamato l'attenzione pubblica sulle tematiche legate alla sicurezza del sistema alimentare globale; molti dubbi sono stati sollevati sulla stabilità e durata della attuale architettura del sistema globale di produzione alimentare, ed in particolar modo sulla resilienza delle catene alimentari estese spazialmente a livello globale. Sebbene vi sia un generale accordo sul fatto che i prezzi alimentari in crescita siano il risultato di una vasta gamma di differenti fattori, si assiste al contempo ad una sempre più profonda consapevolezza del fatto che i mercati del cibo e dell'energia siano strettamente correlati.

Questo articolo esplorerà principalmente due fronti di sfida: le conseguenze di una limitata disponibilità di energie fossili e la diminuzione su scala globale delle risorse di acqua dolce. Dal momento che le nazioni ad economia avanzata hanno costruito il loro sistema di rifornimento alimentare sulla capacità di reperire cibo a scala mondiale, i crescenti prezzi dell'energia avranno assai probabilmente importanti ripercussioni sui costi alimentari. Tali nazioni, inoltre, dimostrano generalmente un'alta impronta idrica esterna, dal momento che importano significativi volumi di cibo da Stati che hanno una dotazione inferiore per quanto riguarda le risorse idriche. Il paradosso di nazioni "ricche ed umide" che importano cibo da quelle regio-

ni del mondo che vivono un acuto deficit di acqua (nazioni "povere e secche") rappresenta un fatto che, prima piuttosto che poi, richiamerà bruscamente la nostra attenzione.

I combustibili fossili ed il sistema globale dell'alimentazione

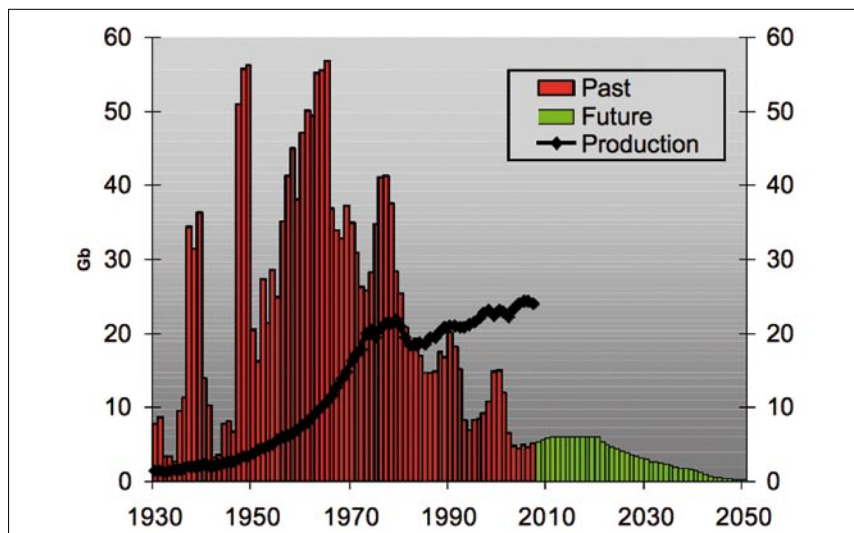
Diversi eventi accaduti negli anni recenti hanno dimostrato quanto il sistema globale dell'alimentazione sia arrivato a dipendere dalla disponibilità di energia a basso costo. Da ogni punto di vista – a partire dall'agricoltura per arrivare ai processi di confezionamento e di organizzazione del commercio, fino al momento del consumo – il moderno sistema di approvvigionamento del cibo si basa su una disponibilità di energia abbondante e a basso costo, in larghissima misura ricavata da combustibili fossili. Per esempio, durante gli ultimi cinquanta anni, gli animali da lavoro sono stati rimpiazzati da macchinari azionati a diesel e l'uso dei fertilizzanti sintetici ha drasticamente cambiato la rotazione delle colture.

Per quanto riguarda i fertilizzanti, è stato stimato che il consumo annuale di azoto per la produzione dei raccolti agricoli mondiali sia di circa 175 milioni di tonnellate, delle quali quasi la metà è costituita da azoto sintetico prodotto attraverso il metodo Haber-Bosch, che utilizza gas naturale (Tudge, 2003). Smil (2000) sostiene che circa metà dell'attuale popolazione mondiale deve la propria stessa esistenza al-

la disponibilità di azoto sintetico per la produzione di cibo. Lo stretto legame fra produzione di fertilizzanti e consumo di energia non è tuttavia diffusamente riconosciuto. Crescenti costi dell'energia si traducono pertanto direttamente in maggiori costi dei fertilizzanti. Il picco di crescita del prezzo del petrolio e del gas naturale durante il periodo 2007/2008 si è tradotto nel raddoppio del costo dei fertilizzanti entro un periodo di diciotto mesi.

Anche al di là dei fertilizzanti, l'industria petrolchimica gioca un ruolo critico nel fornire una vasta gamma di materiali per il *food packaging*, dal momento che una grande varietà di materiali plastici viene preferenzialmente utilizzata per l'impacchettamento e la conservazione dei cibi, in ragione della leggerezza, versatilità, durata e basso prezzo del materiale. Si è stimato che i processi di produzione della plastica utilizzino all'incirca il 4% dell'annuale produzione di petrolio, con un ulteriore 3-4% che viene utilizzato per fornire energia durante i processi produttivi stessi. Vi sono tuttavia crescenti preoccupazioni a riguardo del volume di rifiuti plastici che vengono prodotti dalle dinamiche di consumo, in ragione della relativamente limitata capacità, a livello globale, di recuperare tali scarti e di riciclarli, legata anche ai margini finanziari di guadagno assai sottili di queste operazioni.

È tuttavia in relazione ai trasporti che i combustibili fossili, ed il petrolio *in primis*, svolgono un ruolo primario nel sistema mondiale dell'alimentazione. Mentre sarebbe da un lato difficile proporre una stima di quale percentuale della fornitura mondiale di petrolio venga utilizzata per trasportare cibo, è evidente che il volume di combustibile impiegato a questo fine è venuto crescendo inesorabilmente nel corso degli ultimi cinquant'anni. Fra il 1968 ed il 1998 la produzione mondiale di cibo è cresciuta dell'84%, ma nel medesimo periodo il commercio alimentare è cresciuto del 184% (Jones, 2001). Crescenti volumi di cibo vengono trasportati intorno al globo, in parte in quanto *surplus* delle nazioni produttrici esportati a quegli Stati che sperimentano un deficit netto nel rapporto fra domanda alimentare interna e produzione. Anche il caso contrario, tuttavia, è frequente; molte nazioni povere continuano a basare la propria economia sui ricavi provenienti dalle tradizionali *commodities* agricole (ad esempio bevande tropicali o banane), mentre solo pochi fra essi contribuiscono al nuovo export orticolo ad alto valore. Una delle caratteristiche di quest'ultima forma di commercio è stata l'utilizzo del trasporto cargo aereo, che, pur rappresentando solamente l'uno per cento del computo totale dei chilometri per tonnellata di prodot-



to alimentare, produce ben l'11 % delle emissioni equivalenti di CO² legate al trasporto del cibo. Un recente studio ha scoperto che il solo carburante per il trasporto aereo rappresenta all'incirca il 7% del costo di un carrello della spesa di prodotti di alto valore in un supermercato della Gran Bretagna (Ambler-Edwards *et al.*, 2009).

Il termine "*food miles*" (letteralmente "miglia del cibo") è diventato via via più diffuso anche nel linguaggio comune per indicare le distanze che il cibo ha attraversato nel suo viaggio dall'azienda agricola produttrice alla porta di casa del consumatore. Dal 1978, la quantità annuale di cibo movimentata in Gran Bretagna da veicoli per il trasporto pesante (HGVs, *Heavy Goods Vehicles*) è aumentata del 23 %, mentre la distanza media percorsa per ogni viaggio è aumentata del 50%. Il trasporto di cibo costituisce il 30% di tutto il trasporto merci su strada misurato in tonnellate movimentate per chilometro in Gran Bretagna. Anche gli spostamenti effettuati dai consumatori in automobile sono aumentati in frequenza ed in distanza, in gran parte come conseguenza della concorrenza ai negozi locali effettuata dalle grandi catene di distribuzione commerciale.

Sempre maggiori evidenze ci suggeriscono che siamo giunti, o perlomeno siamo in prossimità, del "picco di consumo petrolifero"; raggiunto tale livello, avremo utilizzato approssimativamente metà della dotazione geologica di petrolio convenzionale e di gas naturali. Alcuni dei fatti più salienti correlati a questa situazione sono i seguenti:

- i giacimenti petroliferi più grandi del mondo sono stati scoperti più di cinquant'anni fa nella penisola arabica;
- il picco nel campo delle scoperte di nuovi giacimenti venne raggiunto nel 1965 e, a parte le scoperte dei giacimenti della Baia di Prudhoe in Alaska e del Mare del Nord durante gli anni Settanta, vi è stata una diminuzione continua nel numero delle scoperte di nuovi giacimenti a partire proprio da quell'altezza cronologica;

Fig. 1. Il grafico illustra il rapporto fra la produzione quantitativa di petrolio e le scoperte di nuovi giacimenti (entrambe misurate in miliardi di barili per anno) nel periodo compreso fra 1930 e 2050 (dal 2009 in poi ovviamente si tratta di stime sull'ammontare delle scoperte di nuovi giacimenti nel futuro). Si noti come, ad un crescere pressoché costante della produzione, corrisponda nei nostri anni una progressiva e marcata diminuzione nella scoperta di nuovi giacimenti. Gli attuali livelli di consumo, quindi, sono possibili solo grazie alle scoperte di giacimenti avvenute nel passato.

Fig. 2. Il grafico illustra il cosiddetto "picco del petrolio", che indica il massimo consumo del combustibile fossile nella storia (espresso in miliardi di barili per anno). Ci situiamo dunque oggi quasi esattamente sulla cima di questo "picco". Le previsioni per il futuro vedono una progressiva diminuzione delle risorse combustibili a disposizione, accompagnata da un relativo incremento della quota costituita da gas naturali ("Gas"), dai gas liquidi naturali ("NGL"), dai gas non convenzionali ("Non-con gas") da petrolio estratto dai fondali marini ("Deepwater"), da giacimenti situati nelle aree polari ("Polar"), da petrolio ad alta densità ("Heavy") rispetto alla quota tradizionalmente dominante del petrolio convenzionale ("Regular oil").

- si stima che circa l'80% del petrolio utilizzato nel mondo provenga da giacimenti scoperti prima del 1973;
- a partire dal 1981 abbiamo utilizzato più petrolio di quanto non ne abbiamo trovato, ed il *gap* fra scoperta e consumo è venuto crescendo in maniera sempre più consistente anno dopo anno. Nel 2007 il mondo ha consumato sei barili di petrolio per ogni barile che veniva scoperto in nuovi giacimenti;
- il mondo consuma all'incirca 84 milioni di barili di petrolio ogni giorno, circa 30 miliardi di barili ogni anno.

A scala più grande, il picco di petrolio riflette le circostanze che avvengono al livello di ciascun giacimento petrolifero: quando esso viene inizialmente intercettato e canalizzato in un tubo, scorre liberamente sotto la sua stessa pressione, seguendo una curva crescente di produttività fino a raggiungere un punto massimo, seguito, all'abbassarsi della pressione interna al giacimento, da un getto sempre più ridotto in intensità, fino a raggiungere il completo esaurimento.

Il picco del petrolio non suggerisce l'imminente scomparsa del petrolio o del gas naturale, ma piuttosto riconosce il fatto che il livello massimo di flussi di queste risorse naturali finite sia seguito da un lungo e costante declino nella loro produzione e disponibilità. Il problema, naturalmente, è che la domanda di petrolio e di gas a basso costo è cresciuta esponenzialmente, dal momento che molte nazioni dal recente sviluppo economico hanno adottato negli ultimi anni modelli di crescita industriale basati sul consumo di energia. Poiché l'industria del gas e del petrolio ha tradizionalmente pompato queste risorse energetiche dalle riserve più grandi e maggiormente accessibili, e dal momento che i giacimenti che devono ancora essere sfruttati sono localizzati negli ambienti più inospitali e difficili e sono per di più di minore entità e qualità, è inevitabile che il petrolio ed il gas raggiungano prezzi più elevati rispetto a quelli che hanno avuto fino ad ora. Tutto

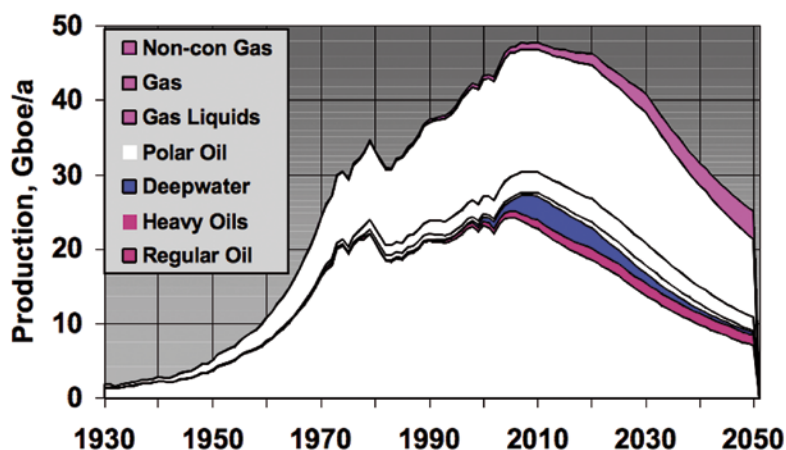
ciò solleva questioni urgenti sulla sostenibilità di molti dei nostri sistemi di insediamento, sui nostri stili di vita e sui sistemi di produzione, incluso quello alimentare.

Nel luglio del 2008 il prezzo di un barile di Brent greggio ha raggiunto il livello record di tutti i tempi: 147 \$. Anche se il prezzo è significativamente diminuito nel corso dell'attuale crisi economica, gli osservatori dell'industria del petrolio che seguono il modello di Hubbert credono che, con la ripresa economica, i livelli di consumo collideranno di nuovo con i tetti di produzione, che nel corso degli anni, a loro volta, cominceranno gradualmente a diminuire. Questa realtà geologica spiega il recente entusiasmo per i biocarburanti, così come la spinta verso lo sfruttamento dei depositi canadesi di sabbie bituminose. Anche se appare evidente che nessuna delle due prospettive possiede il potenziale per essere disponibile in quantità tali da poter rimpiazzare l'ubiquità, la flessibilità ed il prezzo del petrolio. Data la nostra dipendenza tecnologica ed istituzionale nei confronti di un sistema di produzione, distribuzione, commercializzazione e consumo strettamente legato al petrolio, risulta davvero urgente investire maggiori energie nel preparare il sistema globale dell'alimentazione ad un futuro caratterizzato da prezzi dell'energia considerevolmente più alti.

L'acqua dolce ed il sistema dell'alimentazione

L'agricoltura è responsabile di circa l'86% del consumo di acqua dolce a livello mondiale, attraverso le tecniche di utilizzo dell'acqua piovana, di prelievo idrico dalle acque di superficie (fiumi e laghi) e di pompaggio dal sottosuolo, incluse le falde acquifere fossili. L'agricoltura che utilizza l'irrigazione è alla base di circa il 40% della produzione alimentare a livello globale, occupa il 18% del territorio ed è responsabile del 67% dei prelievi globali di acqua (Khan e Hanjra, 2008). Durante il ventesimo secolo i sistemi di irrigazione si sono quintuplicati per quanto riguarda l'estensione dei terreni; oggi, però, il primato dell'ingegneria idraulica è venuto a trovarsi al centro di molte critiche, dal momento che le promesse di un ulteriore aumento di produttività connesso alla pratica irrigua si scontrano con i problemi di spostamento forzato di milioni di persone, con la distruzione di paludi e di altre tipologie ecosistemiche legate alle zone umide, con la saturazione dei suoli, con i processi di salinizzazione e di inquinamento delle riserve idriche (Molle *et al.* 2008). Sono

Entrambi i grafici che accompagnano questo articolo sono tratti dal volume di Colin Sage "Environment and Food" uscito quest'anno presso l'editore Routledge.



soprattutto le enormi disparità nell'accesso all'acqua, tuttavia, a ricevere una crescente attenzione da parte della comunità internazionale. Tale disparità risulta maggiormente evidente ai livelli di estrema povertà e di diffuse sofferenze che caratterizzano le società in cui il problema di accesso all'acqua potabile e le carenze igieniche coinvolgono milioni di persone, soprattutto fra gli strati inferiori della società.

Un modo in cui tale disparità può essere dimostrata è l'analisi della cosiddetta "impronta idrica". La nozione di "impronta ecologica" è divenuta relativamente comune per indicare l'area di terreni produttivi e di ecosistemi acquatici necessari per produrre le risorse che vengono utilizzate (e per assorbire i rifiuti prodotti) da una popolazione in una determinata area (provincia, regione, città) (Wackernagel e Rees, 1996). L'impronta idrica, al contrario, indica il volume di acqua pro capite richiesto per sostenere una popolazione, e comporta l'adozione del concetto di "acqua virtuale". Al fine di calcolare l'impronta idrica di una nazione è infatti necessario quantificare non solamente l'acqua "endogena" utilizzata per produrre cibo per il consumo interno, ma anche l'acqua virtuale che è contenuta nelle esportazioni (che viene sottratta all'impronta idrica della nazione) e quella acqua virtuale "esogena" che è al contrario contenuta nelle importazioni (e che viene pertanto aggiunta all'impronta idrica). Provare a calcolare questi bilanci idrici seguendo tali regole è massimamente istruttivo, non solamente per svelare le differenze che esistono nei livelli di consumo idrico che caratterizzano le nazioni, ma anche per sottolineare il fatto che i prevalenti sistemi di consumo pongono serie questioni di sostenibilità a lungo termine.

Fatto probabilmente non sorprendente, gli Stati Uniti sono il paese con la più alta impronta idrica pro capite, di ben 2.480 m³ per anno, con i paesi dell'Europa meridionale che si affacciano sul Mediterraneo immediatamente al seguito nella classifica dei consumi. Alla fine della lista, la minore impronta idrica pro capite è quella della Cina, con una media di circa 700 m³ pro capite. Secondo Hoekstra e Chapagain (2007), le dimensioni dell'impronta idrica globale sono prevalentemente determinate dal consumo di cibo e di altri prodotti agricoli, che comprendono da soli, come sopra accennato, l'86% dei consumi totali (73% da consumi interni ed il restante 13% da forniture esogene virtuali). La produzione dei beni industriali, al contrario, è responsabile solamente del 9% dell'impronta idrica globale, sebbene questa percentuale vari considerevolmente da Stato a Stato, e soprattutto da quelli ricchi (ad esempio il consumo idrico per la produzione di beni industriali rappre-

senta il 32% di tutta l'impronta idrica statunitense) a quelli in via di sviluppo (in India il settore industriale è responsabile del 2% dei consumi). Il consumo domestico di acqua sotto forma di acqua potabile e di acqua utilizzata per ragioni igieniche rappresenta solamente il 5% dell'impronta idrica globale.

Hoekstra e Chapagain identificano quattro fattori che spiegano un'alta impronta idrica:

- il volume totale di consumo materiale, che è correlato al Prodotto Interno Lordo;
- il clima: in aree dove l'evaporazione al suolo è molto alta, la richiesta di acqua per unità di superficie produttiva tende ad essere relativamente alta;
- pratiche agricole inefficaci dal punto di vista del consumo idrico sono responsabili di basse rese a parità di acqua impiegata;
- infine, e soprattutto, un sistema fortemente dispendioso in termini di consumi idrici, in particolar modo laddove la carne è una componente chiave della dieta. Gli Stati Uniti hanno un consumo medio annuale di carne di circa 120 kg a testa, un valore che rappresenta circa il triplo della media mondiale. Dal momento che i consumi di carne sono in rapida diffusione pressoché ovunque nel mondo, sarà utile esplorare un po' più in profondità le conseguenze di questo cambio nelle preferenze alimentari per quanto riguarda i consumi idrici.

È possibile calcolare il contenuto virtuale di acqua per tutti i tipi di cibo, sia per quanto riguarda i cereali – la media globale per il mais, il frumento ed il riso semilavorato (ancora dotato della pula), ad esempio, è rispettivamente di 900, 1.300 e 3.000 m³ di acqua per tonnellata – sia per quanto riguarda prodotti di maggior valore.

I cibi che provengono dall'allevamento hanno un contenuto di acqua virtuale molto più alto rispetto ai cibi che derivano da raccolti agricoli, in ragione del tempo di produzione più lungo e della natura degli *input* energetici richiesti. Un manzo cresciuto all'interno di allevamenti moderni, ad esempio, impiega in media tre anni per raggiungere il peso di macellazione di 200 kg di carne disossata. In questo periodo di tempo l'animale consuma all'incirca 1,3 t di grano, 7,2 t di foraggi, 24 m³ di acqua consumata direttamente e 7 m³ consumati indirettamente. Calcolando l'ammontare di acqua virtuale che è contenuto negli alimenti, è possibile effettuare una stima del volume totale di acqua che è virtualmente "incarnato" nell'animale. Sebbene tale valore possa cambiare da nazione a nazione, Hoekstra e Chapagain suggeriscono una media globale di circa 15.500 m³ per tonnellata, o meglio, in termini più immediatamente compren-

sibili: un kg di carne di manzo richiede all'incirca 15 m³ di acqua. In un periodo di crescente incertezza sulla sostenibilità delle risorse di acqua dolce in alcune regioni del mondo, tale dato può spingere a porci specifici interrogativi sulla globalizzazione dei regimi alimentari che comportano alti livelli di consumo di carne.

Conclusioni

Il presente articolo ha identificato due aree chiave di vulnerabilità del sistema globale dell'alimentazione: l'esaurimento delle scorte di combustibili fossili in un momento di crescente domanda internazionale, che inevitabilmente si tradurrà in un aumento globale dei prezzi del cibo; ed una crescente pressione sulle risorse mondiali di acqua dolce, correlata anche a diffusi cambiamenti nei regimi alimentari. Tali cambiamenti stanno avvenendo sia nelle economie in via di rapido sviluppo, dove si assiste ad una maggiore domanda interna per prodotti di origine animale (la cosiddetta "transizione nutrizionale"), sia nel Nord del mondo, in conseguenza di una crescente capacità di riconfigurare a livello globale sistemi di produzione distanti fra loro al fine di venire incontro ai desideri dei consumatori.

È importante sottolineare, tuttavia, che la selezione di queste due importanti tematiche non vuole suggerire che esse siano le sole e nemmeno le due più importanti sfide che il sistema globale dell'alimentazione si trova a fronteggiare. A questo riguardo, i più recenti allarmi della comunità scientifica relativi al ritmo del cambiamento climatico configurano questo problema come la più grande minaccia alla sicurezza globale alimentare nel medio-lungo termine, ed alla sicurezza alimentare di alcune regioni vulnerabili delle basse latitudini nel breve termine. Occorre poi anche vigilare sulla perdita di terreno agricolo, sul depauperamento dei terreni organici e sulla biodiversità, tutti fattori che stanno alla base delle capacità produttive dei sistemi di produzione agricola mondiali.

Ciò nondimeno, le due problematiche qui illustrate sono testimonianza dell'assoluta urgenza di sviluppare un nuovo paradigma ed una nuova architettura istituzionale per il sistema globale dell'alimentazione. Al posto di un modello basato sulla dogmatica preoccupazione per la crescita di produttività a breve termine e sulla ortodossia economica fondata sul principio del vantaggio comparativo, occorre comprendere come i sistemi agro-alimentari siano strettamente correlati a complessi processi ecologici, sociali ed economici a scala locale e siano esposti a crolli, esaurimenti e perturbazioni. La costruzione di

un sistema alimentare sostenibile deve iniziare da un'opera di rafforzamento delle produzioni locali e regionali e dei sistemi di distribuzione che mirino a salvaguardare i diritti degli agricoltori, delle comunità locali e delle nazioni a poter decidere sulla propria sicurezza alimentare e sulla conservazione delle risorse naturali. Ciò comporta un percorso di allontanamento strategico dalla dipendenza dagli idrocarburi – "abbandonando il petrolio prima che il petrolio abbandoni noi" – ed una maggiore attenzione a livelli sostenibili di consumo idrico in agricoltura, oltre che la necessità di adottare significativi sforzi per ridurre le emissioni di gas serra prodotte dalla catena produttiva alimentare. In altre parole, le sfide che attendono il sistema globale dell'alimentazione richiedono concreti sforzi per intraprendere una transizione verso modalità più flessibili, resilienti, inclusive e sostenibili per nutrire le persone.

BIBLIOGRAFIA

- AMBLER-EDWARDS S. *et al*, *Food Futures: Rethinking UK Strategy*, Londra, Chatham House, 2009.
- DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD & RURAL AFFAIRS, *The validity of food miles as an indicator of sustainable development*, 2005 <http://statistics.defra.gov.uk/esq/reports/foodmiles/final.pdf>
- HOEKSTRA A., CHAPAGAIN A., "Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern", *Water Resources Management*, 21, 2007, pp. 35-48.
- JONES A., *Eating Oil: Food supply in a changing climate*, Londra, Sustain/Elm Farm Research Centre, 2001.
- KHAN S., HANJRA M., "Footprints of water and energy inputs in food production: Global perspectives", *Food Policy*, 2009, 1, pp. 130-140.
- LEGGETT J., *Half Gone: Oil, gas, hot air and the global energy crisis*, Londra, Portobello Books, 2005.
- MOLLE F., MOLLINGA P., MEINZEN-DICK R., "Water, politics and development: Introducing water alternatives", *Water Alternatives*, 2008, 1, pp. 1-6.
- SMIL V., *Feeding the World: A challenge for the Twenty-First Century*, Cambridge MA, MIT Press, 2000.
- TUDGE C., *So Shall We Reap: What's gone wrong with the world's food – and how to fix it*, Londra, Penguin Books, 2003.
- WACKERNAGEL M., REES W., *Our Ecological Footprint: Reducing human impact on the earth*, Gabriola Island, BC, Canada, New Society Publishers, 1996.

*Department of Geography,
University College Cork*

* Traduzione dall'inglese di Davide Papotti