



Università
Ca' Foscari
Venezia

**Dipartimento
di Economia**

Note di Lavoro

Ignazio Musu

**Economia e tecnologia
nell'Antropocene**

ISSN 2281-6577
No. 01/NL/2013





Economia e tecnologia nell'Antropocene

Ignazio Musu

*Dipartimento di Economia
Università Ca' Foscari di Venezia*

Abstract

Si analizza l'evoluzione dell'Antropocene sotto il profilo dell'interazione tra sviluppo economico e sviluppo tecnologico, mettendo in evidenza come tutto l'Antropocene sia caratterizzato dal peso crescente del ruolo dei combustibili fossili e dal passaggio di essi ad una sempre maggiore densità energetica e di potenza. La sfida attuale è quella di come conciliare una domanda di crescita economica che verrà nei prossimi anni soprattutto dai paesi in via di sviluppo con la sostenibilità dei processi che interessano il sistema Terra. Facendo soprattutto riferimento alla sfida di natura energetico-ambientale, si mostra come una "crescita verde" richieda un nuovo "breakthrough" tecnologico che non sarà possibile senza una appropriata combinazione di politiche ambientali e per lo stimolo dell'innovazione. Gli elevati investimenti necessari implicano risorse che specialmente in un momento di difficoltà per le finanze pubbliche non sono facili da trovare. E' richiesta da parte dei vari paesi la capacità di definire precise priorità; ciò potrà essere aiutato da una più consapevole domanda privata di beni e servizi a basso impatto ambientale e da un nuovo sistema di "norme sociali".

Ignazio Musu
Dipartimento di Economia
Università Ca' Foscari di Venezia
Cannaregio 873, Fondamenta S.Giobbe
30121 Venezia - Italia
Telefono: (+39)041 2349151
Fax: (+39)041 2349176
e-mail: musu@unive.it

Le Note di Lavoro sono pubblicate a cura del Dipartimento di Scienze Economiche dell'Università di Venezia. I lavori riflettono esclusivamente le opinioni degli autori e non impegnano la responsabilità del Dipartimento. Le Note di Lavoro vogliono promuovere la circolazione di studi ancora preliminari e incompleti, per suscitare commenti critici e suggerimenti. Si richiede di tener conto della natura provvisoria dei lavori per eventuali citazioni o per ogni altro uso.

Economia e tecnologia nell'Antropocene.

Lo stadio iniziale dell'Antropocene: l'era industriale.

Steffen e al. (2007, 2011) hanno proposto di dividere l'Antropocene in tre stadi: un primo stadio va dall'inizio dell'età industriale alla seconda guerra mondiale; un secondo stadio, la "Grande Accelerazione", va dalla fine della seconda guerra mondiale alla fine del ventesimo secolo; la terza fase, nella quale siamo ora, è la fase della grande sfida all'umanità per la sostenibilità del Sistema Terra.

L'avvento dell'era industriale è stato determinato e accompagnato da un complesso insieme di fattori tra i quali vanno segnalati lo sviluppo della divisione del lavoro e del ruolo del mercato come spazio crescente per l'assorbimento del maggior prodotto derivante dalla specializzazione, e lo sviluppo di nuove strutture sociali e politiche che, accanto al mercato, hanno favorito l'imprenditorialità e l'innovazione.

Un fattore che ha avuto un ruolo fondamentale nel determinare l'avvento dell'era industriale è stato la scarsità delle risorse naturali, che era soprattutto una scarsità di natura energetica. Nell'Olocene le fonti di energia primaria erano vincolate sia nella dimensione sia nella localizzazione. Provenivano dalle piante, dagli animali, dall'acqua e del vento ed erano limitate.

L'uso diffuso dei combustibili fossili ha rimosso questa strozzatura e ha reso possibile l'inizio dell'era industriale, mobilizzando una enorme riserva di energia solare accumulata in decine di milioni di anni per effetto delle fotosintesi del passato. I combustibili fossili costituivano una fonte di energia ricca, estraibile e trasportabile a costi moderati. Essi hanno permesso alle società industriali di utilizzare da quattro a cinque volte l'energia nelle società agricole, che a loro volta usavano da quattro a cinque volte l'energia usata dalle società basate sulla caccia e la raccolta (Steffen e al., 2011).

Già nella prima fase dell'Antropocene l'uso dei combustibili fossili ha provocato un aumento dell'impatto dell'attività umana sull'atmosfera attraverso la crescita dei gas serra (come CO₂ e metano). Ma questo non è stato tale da rendere evidente una influenza umana al di là della variabilità naturale. Nel 1750 la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera era di 277 ppm ed era salita a 284 ppm nel 1825 rimanendo all'interno dei limiti di variabilità (260-285 ppm) riscontrati durante l'Olocene. Solo nel 1850 la concentrazione di CO₂ ha raggiunto le 285 ppm, il limite superiore di variabilità nell'Olocene, e nel 1900 ha raggiunto le 296 ppm. (Steffen e al. 2011).

La Grande Accelerazione.

Secondo Steffen e al. (2007, 201) dopo la seconda guerra mondiale inizia la seconda fase dell'Antropocene, quella che essi chiamano la "Grande Accelerazione" .

Tutti gli indicatori dell'attività umana subiscono infatti una accelerazione, a partire dal 1950.

La popolazione mondiale, che tra il 1800 e il 1950 si era triplicata, passando da un miliardo a tre miliardi, è raddoppiata nei 50 anni tra il 1950 e il 2000 arrivando a 6 miliardi.

Più della metà di questa popolazione vive nelle città, ma le stime sono che nel 2050 questa percentuale supererà il 70%, con un aumento della dimensione urbana. Già oggi ci sono 20 città con più di 10 milioni di abitanti e 450 città hanno più di un milione di abitanti.

Tra il 1950 e il 2000 il PIL mondiale in termini reali è aumentato di 5 volte passando da 7 mila a 35 mila miliardi di dollari 1990; nei precedenti 50 anni si era soltanto raddoppiato.

Tra il 1960 e il 2000 il consumo di petrolio si è quasi quadruplicato. Il numero dei veicoli a motore è cresciuto da 40 milioni nel 1945 a 700 milioni nel 1996 e continua stabilmente ad aumentare. Nella sola Cina l'International Energy Agency ha calcolato che nel 2016 si venderanno 11 milioni di automobili, superando le vendite negli Stati Uniti.

La concentrazione atmosferica di CO₂ è salita da 311 ppm nel 1950 a 369 ppm nel 2000 con un aumento di 58 ppm in 50 anni; oggi siamo a 395 ppm, con un aumento di 26 ppm in soli 12 anni.

Nella seconda metà del ventesimo secolo l'aumento è stato quasi interamente dovuto alle attività economiche nei paesi OCSE. Con il Ventunesimo secolo le cose sono cambiate: il peso dei paesi in via di sviluppo, e soprattutto dai grandi paesi emergenti come la Cina e l'India, nelle emissioni di CO₂ è andato costantemente aumentando. Oggi il peso dei paesi non OCSE supera il 40%, e solo la Cina è responsabile per quasi il 25%, un peso ormai superiore a quello degli Stati Uniti (18%).

L'aumento dell'impatto di questa esplosione dell'attività economica della specie umana sul Sistema Terra è segnalato anche da molti altri indicatori. Si è accelerata la conversione di ecosistemi naturali in aree dominate dall'attività umana; è aumentato in modo drammatico l'impatto dei processi di fissazione dell'azoto atmosferico per i

fertilizzanti; la distruzione della biodiversità ha assunto ritmi tali da rendere non improbabile la “sesta grande estinzione”.

Durante la Grande Accelerazione non si può dire che i problemi ambientali siano stati ignorati, anche se l’attenzione è avvenuta con ritardi variabili nelle varie nazioni. Ma questa attenzione si è rivolta soprattutto ai problemi locali come l’inquinamento urbano, il deterioramento della qualità dell’acqua nelle diverse zone urbane e rurali, il trattamento dei rifiuti, alcuni problemi di natura sovranazionale, ma regionale, come quello delle piogge acide. Si è trattato comunque di una attenzione, e di connessi interventi, confinati alle zone più ricche del pianeta (Europa, America del Nord, Giappone). I problemi ambientali dei paesi poveri e in via di sviluppo e soprattutto i problemi ambientali globali sono stati di fatto ignorati fino a tempi molto recenti.

L’Antropocene e la crescita economica.

Il tema più difficile quando si affrontano gli aspetti economici dell’Antropocene è quello della crescita economica.

Secondo i dati di Angus Maddison (2007) nel millennio fino al 1800 il PIL mondiale non è praticamente cresciuto, soprattutto a causa di una mancanza strutturale di produttività nell’agricoltura. Nell’anno 1000 il PIL pro-capite dell’Europa occidentale era di 400 dollari 1990, di 676 dollari nel 1400, e di 771 dollari nel 1500. Nel 1820 il PIL pro-capite era arrivato a 1200 dollari 1990; nel 2001 aveva raggiunto oltre 19 mila dollari 1990 con un aumento di oltre 16 volte.

Recentemente l’economista Robert Gordon della Northwestern University (Gordon, 2012) ha proposto una classificazione degli stadi della crescita economica negli ultimi tre secoli che si può collegare alla distinzione tra gli stadi dell’Antropocene proposta da Steffen e al.

Si tratta di tre stadi, caratterizzati da cambiamenti tecnologici radicali, vere e proprie rivoluzioni tecnologiche, che hanno accelerano il processo di crescita economica. Soprattutto i primi due sono stati resi possibili dallo sfruttamento dei combustibili fossili.

La prima rivoluzione tecnologica, associata alla rivoluzione industriale, si può collocare tra la seconda metà del diciottesimo secolo e la metà del diciannovesimo secolo (1750-1830) ed è stata caratterizzata dalla sostituzione del lavoro umano con le macchine. Il carbone ha sostituito il legno come fonte principale di energia. La elevata densità energetica ha facilitato il suo utilizzo nel trasporto. Sono state inventate le macchine a

vapore e le macchine tessili. Le comunicazioni sono migliorate grazie alle navi a vapore, alle ferrovie e al telegrafo.

La seconda rivoluzione tecnologica, anch' essa associata all'industria, è una lunga fase di quasi un secolo che si può suddividere a sua volta in due fasi; una prima fase che inizia con il 1870 e va fino alla prima guerra mondiale, e una seconda fase che coinvolge il ventesimo secolo fino agli anni sessanta. In questa seconda rivoluzione tecnologica il petrolio ha sostituito, o meglio ha affiancato, il carbone.

Nella prima fase avvengono le grandi innovazioni dell'elettricità, dei motori a combustione interna, della chimica dei processi di riorganizzazione molecolare. Questa fase è cruciale perché in essa si pongono le radici di quelle che sono poi state le trasformazioni tecnologiche della seconda fase.

Questa seconda rivoluzione tecnologica si è manifestata poi attraverso una serie di innovazioni incrementali che hanno caratterizzato la seconda fase, che l'hanno posta alla base del lungo periodo di crescita durato dalla fine della seconda guerra mondiale agli anni settanta del secolo scorso, e basato sul modello consumistico.

Tutta una serie di ulteriori invenzioni si sono sviluppate sulla base delle invenzioni di base sviluppate nel periodo tra la seconda metà dell'Ottocento e la prima guerra mondiale: dai mezzi di trasporto su strada ai beni di consumo durevoli, a nuovi sistemi di comunicazione e intrattenimento (il telefono, il fonografo, la fotografia, il cinema, la radio e poi la televisione).

Soprattutto nel periodo tra la fine della seconda guerra mondiale e la fine degli anni Sessanta del secolo scorso la crescita economica ha avuto una performance eccezionale.

Ma negli anni settanta del secolo scorso i benefici della seconda rivoluzione industriale si stavano esaurendo; emergeva una scarsità di nuove idee. Non è un caso che il periodo degli anni settanta sia ricordato negli Stati Uniti come il periodo del "productivity slowdown".

La nuova ondata tecnologica, che permette la terza rivoluzione, inizia già negli anni sessanta del secolo scorso e riguarda le tecnologie della comunicazione e dell'informazione. Tutti gli anni Novanta sono un periodo di grande sviluppo tecnologico in questo campo.

La rivoluzione tecnologica nelle ICTs ha nutrito il processo di globalizzazione economica e nei paesi emergenti si è accompagnato a vari fenomeni di "leapfrogging" tecnologico.

Lo sviluppo tecnologico nelle ICTs è continuato nei primi anni del secolo ventunesimo con invenzioni che sostituiscono una forma di intrattenimento e comunicazione con un'altra (Ipod, smart phones, tablets, Ipad).

Ma già nel 2001 la bolla tecnologica delle ICTs cominciava a sgonfiarsi; il 2001 è anche l'anno delle "torri gemelle". La paura che la crescita economica potesse venire compromessa ha guidato negli Stati Uniti la politica di sostegno all'indebitamento privato e ha nutrito le altre bolle, a cominciare da quella immobiliare, che hanno poi fatto scoppiare la grande crisi nella quale ancora oggi il mondo è intrappolato.

Il risultato complessivo in termini di innalzamento del reddito pro-capite di queste tre rivoluzioni tecnologiche è stato eccezionale. Ma oggi il mondo si trova di fronte: nel breve periodo al problema della crisi, e nel medio-lungo periodo ad una serie di sfide aperte tra le quali va segnalata, per la sua importanza cruciale ai fini della sostenibilità del Sistema Terra, la sfida energetico-ambientale.

Questa era già stata resa evidente prima della crisi da un aumento abnorme del prezzo dei combustibili fossili. Oggi la crisi stessa l'ha resa latente, ma, in assenza di interventi è destinata a manifestarsi nuovamente in modo drammatico, non appena vi sarà la ripresa economica.

Esiste oggi una crisi energetica?

Occorre però molta attenzione nell'analisi di questa crisi. Essa può essere considerata sotto tre aspetti: la scarsità delle risorse energetiche, la sicurezza energetica, la vera e propria crisi energetico-ambientale che si manifesta nel problema del cambiamento climatico.

La prima domanda è se esiste oggi una scarsità nell'offerta di combustibili fossili. Esistono una grande quantità di riserve di combustibili fossili, che potranno essere disponibili in seguito alle nuove tecnologie che permettono di sfruttare anche quelle non convenzionali.

Grazie a queste nuove opportunità negli Stati Uniti nel 2011 la produzione di gas non convenzionale ("shale gas") ha raggiunto un quarto della produzione totale; si stima che salirà alla metà nel 2035. Tenendo conto di quelle non convenzionali, gli Stati Uniti hanno sufficienti riserve di gas almeno per un altro secolo. Riserve non convenzionali di combustibili fossili potranno essere sfruttate in varie parti del mondo: in Cina, nel Medio Oriente, in Nord Africa (Algeria), Argentina, Australia e anche in Europa .

Lo sfruttamento delle fonti non convenzionali presenta notevoli problemi ambientali connessi ai prodotti chimici da usare e alla elevata necessità di acqua. Questi problemi non sono però tali da non poter essere affrontati con adeguate norme di regolazione.

Il gas ha fatto già molta strada nella sostituzione del carbone e del petrolio soprattutto nella produzione di elettricità; potrà farlo ancora nel settore del trasporto. Si presenta come una importante fonte energetica di transizione che in ogni caso allenta il timore di una prossima scarsità nella disponibilità di combustibili fossili.

I problemi globali di sicurezza energetica sono dovuti ad una offerta di energia concentrata in zone ad elevato rischio geo politico, che da un punto di vista economico si traducono in posizioni monopolistiche che favoriscono l'aumento dei prezzi.

Vi è però da osservare al riguardo che se i paesi esportatori provocano un aumento dei prezzi mediante una restrizione dell'offerta questo incentiva nei paesi importatori risposte in termini di maggiore efficienza energetica e di maggiore ricorso alle fonti rinnovabili esistenti (eolico, solare, biomassa), e questo si traduce in minori redditi dei paesi esportatori. Questi ultimi però necessitano sempre di più di questi redditi per far fronte ad una domanda crescente di maggiore e meglio distribuito benessere da parte delle loro popolazioni, e quindi nel medio termine possono essere indotti ad allentare la restrizione di offerta.

Si aggiunga a questo il fatto che la possibilità di utilizzare fonti fossili non convenzionali sta già modificando la distribuzione geografica del potere energetico a livello mondiale.

Rimane però il problema della sostenibilità dell'attuale sistema energetico rispetto all'ambiente ed in Particolare rispetto al problema del cambiamento climatico: più del 60% delle emissioni di gas serra derivano da come l'energia è prodotta, trasferita e consumata.

La domanda di energia aumenterà soprattutto nei paesi in via di sviluppo e soprattutto in quelli emergenti a rapida crescita. L'International Energy Agency prevede che tra il 2010 e il 2035 le emissioni di CO₂ della Cina aumenteranno del 37%, quelle dell'India del 118%, quelle del Brasile del 48%. Nonostante la riduzione di emissioni prevista nei paesi maturi (-15% negli Stati Uniti, -22% nell'Unione Europea, -21% in Giappone), il contributo dei paesi in via di sviluppo alle emissioni globali di CO₂ sarà tale da farle aumentare del 40% tra il 2010 e il 2035.

Crescita economica e limiti planetari; la sfida della nuova fase dell'Antropocene.

In questo quadro si apre quello che Steffen e al. chiamano il terzo stadio dell'Antropocene, quello più problematico che dovrebbe essere caratterizzato da una crescente consapevolezza dell'impatto dell'uomo sul Sistema Terra a scala globale, e quindi dall'impegno per la costruzione di sistemi di "governance" globale per la sostenibilità del rapporto tra presenza dell'uomo e Sistema Terra.

In questa nuova fase più forte si farà sentire il vincolo di quelli che Rockstroem e al. (2009) hanno chiamato "limiti planetari" (planetary boundaries). L'idea di questi studiosi si basa sul fatto che molti subsistemi del pianeta reagiscono in modo non lineare in prossimità di livelli di soglia di certe variabili chiave; se queste soglie vengono superate, andando oltre le capacità di resilienza, i subsistemi possono entrare in un nuovo stato che può determinare conseguenze drammatiche, ed anche disastrose, per l'umanità.

Rockstroem e al. hanno identificato nove subsistemi del Sistema Terra con soglie che, se superate, possono generare inaccettabili cambiamenti ambientali, e per i quali quindi definiscono dei "limiti planetari": il cambiamento climatico; la perdita di biodiversità; le interferenze con i cicli dell'azoto e del fosforo; la riduzione dello strato dell'ozono stratosferico; l'acidificazione degli oceani; l'utilizzo dell'acqua non salata a livello globale; i cambiamenti nell'uso della terra; l'inquinamento chimico; il carico atmosferico di aerosol. Per questi ultimi due limiti non vengono però stabilite delle soglie quantitative.

Almeno tre limiti, quello relativo al cambiamento climatico, quello relativo alla perdita della biodiversità e quello relativo all'interferenza con il ciclo dell'azoto, sarebbero già stati superati.

Di fatto ciò che Rockstroem e al. propongono è un ritorno alla stabilità che ha caratterizzato l'Olocene. I loro "limiti planetari" costituiscono un tentativo di definire uno spazio operativo per l'umanità in grado di mantenere una sostanziale sicurezza rispetto al Sistema Terra.

La proposta di fare riferimento a "planetary boundaries" è stata accolta in vari documenti soprattutto di organizzazioni internazionali, come il rapporto GEO-5 dell'UNEP (UNEP, 2012) o quello sulla sostenibilità globale promosso dal segretario generale delle Nazioni Unite Ban Ki-moon. Ma ha suscitato anche un animato dibattito.

Le critiche più recenti sono venute da un rapporto del Breakthrough Institute curato da L. Blomqvist, T.Nordhaus e M.Shellenberger (2012). Essi osservano che concentrarsi troppo sul definire un limite globale quando gli effetti sono molto differenziati localmente (come è il caso degli interventi artificiali sul ciclo dell'azoto) rischia di

creare effetti sociali negativi drammatici. Ad esempio all'effetto negativo di un eccessivo uso dei fertilizzanti in Cina vanno affiancati i benefici che quest'uso, ovviamente condotto in modo efficiente, può avere per i suoli delle popolazioni povere dell'Africa come quelle del Rwanda e del Malawi.

Ma anche i critici del Breakthrough Institute riconoscono che, di fronte ad una probabilità non ignorabile di cambiamenti irreversibili con effetti globali (ad esempio quelli relativi al clima), un sistema di limiti che cerchi di evitare che si vada troppo vicini alla soglia, è del tutto ragionevole.

La domanda allora diventa se l'accettazione di limiti porti come conseguenza la rinuncia alla crescita economica o se possa invece essere con questa compatibile e a quali condizioni.

I sostenitori dello "stato stazionario", come Herman Daly, o della "decrecita", come Serge Latouche, hanno sottolineato che i limiti ecologici sono incompatibili con la crescita economica.

Ma consideriamo le argomentazioni di Herman Daly (Daly, 2006). Egli fonda la sua idea di "steady state" sulla necessità di mantenere costante quello che ha chiamato "throughput", ossia il flusso di materia ed energia che proviene dall'ambiente e che si metabolizza attraverso il sub-sistema economico della produzione e del consumo per poi ritornare all'ambiente come rifiuti.

In fondo Daly, come del resto Nicholas Georgescu Roegen prima di lui, non fa altro che raccomandare di tener conto dei vincoli che provengono dalla applicazione dei principi della termodinamica.

Ma questo che cosa comporta? Comporta certamente che, a livello del pianeta Terra, un crescita della materia è impossibile. L'attività economica non può far crescere la materia, può solo trasformarla, e nel trasformarla genera una dispersione di energia.

Ma questo non significa che l'attività economica non possa espandersi, non possa cioè crescere. Deve farlo però in modo sostenibile, ossia massimizzando la riciclabilità dei prodotti e minimizzando l'entropia.

La domanda di crescita economica verrà nei prossimi anni soprattutto dai paesi in via di sviluppo. La crescita della popolazione infatti nei prossimi quarant'anni si concentrerà in questi paesi e aumenterà la quota della popolazione che si concentrerà nelle città.

La crescita è necessaria per superare carenze ancora drammatiche in termini di raggiungimento di "standard" minimi di sufficiente qualità della vita. D'altra parte è

incontestabile che nei grandi paesi emergenti come la Cina la crescita economica ha fatto uscire dalla povertà centinaia di milioni di persone.

Ma nei paesi in via di sviluppo la domanda di crescita non è solo guidata dalla esigenza di soddisfare questo obiettivo; essa deriva dalla domanda di un numero che va da due a tre miliardi di persone di raggiungere lo stile di vita della “classe media” dei paesi oggi maturi. Ed è questa domanda di imitazione passiva del modello di crescita già sperimentato dai paesi avanzati che costituisce la più grande minaccia alla sostenibilità della crescita stessa.

Crescita verde?

Così come fino a poco tempo fa era di moda tra gli economisti lo slogan della “crescita sostenibile”, oggi il nuovo slogan sembra essere quello della “crescita verde”. In sostanza si tratta dell’accentuazione degli aspetti ambientali della crescita sostenibile; per estendere l’attenzione anche ai problemi sociali si parla anche di “crescita verde inclusiva” (inclusive green growth) (World Bank, 2011).

Arrivare ad una crescita verde richiede però trasformazioni molto complesse dell’attuale modello di sviluppo. Occorre agire sulla tecnologia e occorre agire sulla struttura della domanda e dei consumi. In linea di principio è possibile; in pratica è molto difficile.

Il concetto alla base dell’idea di “crescita verde” è quello di “decoupling”: del distacco cioè tra crescita economica e pressione sulle risorse. Si usa definire un “decoupling” relativo e un “decoupling” assoluto.

Il “decoupling” relativo si riferisce al declino dell’intensità d’uso delle risorse ecologiche per unità di prodotto economico: l’impatto delle risorse si riduce relativamente al PIL, ma può crescere in termini assoluti, anche se ciò avviene ad un ritmo più lento della crescita del PIL.

Ma ciò che viene richiesto affinché l’attività economica non superi i limiti ecologici determinati dalla capacità naturale di autorigenerazione e resilienza, è che l’impatto sulle risorse si riduca in termini assoluti; ossia è richiesto un “decoupling” assoluto. Ad esempio se si accetta come limite una concentrazione di CO₂ nell’atmosfera per evitare gli effetti più disastrosi del cambiamento climatico, non tanto il limite di 350 ppm indicato dai sostenitori dei “planetary boundaries” ma quello di 450 ppm indicato dall’IPCC e accolto dalla IEA, le emissioni globali di CO₂ dovrebbero ridursi di un terzo entro il 2035.

In ultima analisi, si tratta di contrastare l'effetto di aumento della scala dell'attività economica implicato dalla crescita economica, che da solo non può che esercitare una pressione crescente sulle risorse ecologiche, con una riduzione della pressione aggregata sull'ambiente per unità di PIL, maggiore della crescita del PIL stesso.

Questo risultato è possibile in linea di principio; molto più difficile in pratica. Per rendersi conto della complessità dei fattori in gioco per raggiungerlo, basta osservare che la dinamica del coefficiente aggregato che esprime la pressione sull'ambiente per unità di PIL dipende a sua volta da due fattori: la composizione della struttura produttiva e la dinamica dei coefficienti di impatto ambientale per unità di prodotto in ciascun settore produttivo.

I cambiamenti nella struttura produttiva dipendono essenzialmente dalla evoluzione della struttura della domanda, mentre le dinamiche dei coefficienti di impatto ambientale settoriali dipendono dalla dinamica del progresso tecnologico nei diversi settori produttivi.

La struttura della domanda dovrebbe quindi evolversi verso quei beni che hanno un minor impatto ambientale per unità di prodotto; e nei singoli settori dovrebbe prevalere il progresso tecnologico che riduce la pressione ambientale per unità di prodotto.

Ma il progresso tecnologico ha anche l'effetto di far crescere l'effetto di scala ossia il prodotto pro-capite attraverso l'aumento della produttività del lavoro. Vi è quindi una intrinseca ambiguità nel ruolo del progresso tecnologico rispetto all'obiettivo di una crescita economica sostenibile.

L'interazione tra i vari fattori in gioco è, come si vede, talmente complessa che non è affatto automatico che un risultato aggregato di "decoupling" assoluto finisca per prevalere.

Non solo, ma la probabilità che questo risultato si ottenga è minore proprio nelle fasi iniziali della crescita e cioè nei paesi in via di sviluppo: in queste fasi infatti aumenta nella struttura produttiva il peso dei settori industriali a più alto coefficiente di impatto ambientale; e le politiche ambientali sono normalmente molto deboli anche perché tende a prevalere l'idea che "prima si cresce e poi si disinquina".

Con il procedere e il consolidarsi della crescita economica (che si manifesta anche in una riduzione del tasso di crescita rispetto ai livelli normalmente molto elevati della fase iniziale) è possibile che si riduca la componente dell'effetto di scala dovuta sia all'aumento della popolazione sia all'aumento del prodotto pro-capite; che aumenti il peso dei settori produttivi con coefficienti minori e decrescenti di impatto ambientale, quali i settori dei servizi e delle produzioni immateriali; che la riduzione dei coefficienti settoriali di impatto ambientale si acceleri a causa dello sviluppo delle innovazioni

ambientali da parte delle imprese, promosse anche da una regolazione ambientale più sofisticata, anche per la più diffusa domanda di qualità ambientale che si associa a più elevati livelli di reddito pro-capite.

Tuttavia la realtà mostra che anche nei paesi avanzati il passaggio ad una crescita ecologicamente sostenibile fatica a maturare, come dimostrano gli esempi di emissioni di CO₂ che continuano a crescere nonostante le dichiarazioni di impegno di molti governi e i crescenti problemi connessi alla produzione di rifiuti.

Una crescita del PIL sempre meno “material intensive” non è affatto un obiettivo scontato. Lo sviluppo della produzione immateriale ha infatti sempre una base materiale.

Nei paesi poveri o in via di sviluppo la domanda di “materialità” è crescente perché beni di base, come il cibo, la possibilità di vestirsi, e di avere un riparo decente, hanno natura materiale. A livello globale, basta poi considerare l’elevato ritmo di sostituzione dei materiali (pc, smart phones, tablets) e al connesso aumento dell’”e-waste” nell’era delle ICTs; la potenzialità di mobilitazione di trasporto delle merci che hanno le ICTs; lo sviluppo di un tipico “servizio” qual è il turismo, con le implicazioni che il movimento delle persone comporta in termini di emissioni e creazione di rifiuti, oltre che di pressione su ambienti di pregio e delicati sia di natura ecologica sia di natura artistica.

Prospettive e condizioni per una crescita verde.

Le trasformazioni più rilevanti necessarie per arrivare ad un modello di crescita verde riguarderanno il sistema energetico.

Esistono prospettive promettenti soprattutto nel campo delle energie rinnovabili. Ma anche in questo campo, come in quello della scarsità dei combustibili fossili, occorre rendersi conto dei problemi esistenti.

L’energia eolica richiede grandi spazi per fornire un ammontare significativo di energia. Inoltre a causa della sua intermittenza legata alla variabilità del vento solo il 20-30% dell’energia eolica si trasforma in energia elettrica. E’ necessario quindi avere a disposizione una capacità di “back up” che viene fornita dalle fonti energetiche tradizionali. Inoltre, benchè si possano prevedere future riduzioni nei costi le tecnologie per lo stoccaggio energetico oggi disponibili sono ancora molto costose . I problemi sono ancora maggiori per gli impianti eolici sul mare (offshore), dove sono richiesti grandi investimenti non solo negli impianti, ma anche in infrastrutture e sono elevati i costi di manutenzione.

Esigenze di grandi spazi e di acqua sono problemi anche per la biomassa come fonte di energia. Stati Uniti e Brasile sono in grado di fornire questi spazi benchè con conflitti con altre destinazioni socialmente utili come quella agricola o utili sotto il profilo ambientale, come nel caso delle foreste. In Europa però le cose sono alquanto più difficili e questo solleva dubbi sugli ambiziosi programmi della Unione Europea al riguardo.

La situazione per l'energia solare è migliore. Il problema di intermittenza esiste, ma è minore che per l'eolico perché i raggi solari hanno maggiore intensità nella ore centrali diurne dove la domanda di energia è maggiore. Inoltre i programmi per l'espansione sia del solare termico sia di quello fotovoltaico sono promettenti sotto il profilo tecnologico, il che implica buone prospettive di riduzione dei costi.

In ogni caso solare, eolico, bicomustibili sono fonti energetiche per le quali un maggiore utilizzo richiede elevati sussidi pubblici che spesso di fatto si traducono in maggiori costi per l'energia e quindi non sono ben visti dai cittadini.

Per quanto riguarda l'energia nucleare i fattori che ne rendono oggi improbabile l'utilizzo riguardano i rischi di catastrofe, i rischi connessi alla proliferazione degli armamenti e il problemi del trattamento delle scorie. I costi di costruzione degli impianti nucleari sono andati crescendo soprattutto per far fronte alle esigenze di sicurezza. Per essere incentivati ad intraprendere questi costi, gli investitori richiedono contratti di fornitura a lungo termine che i governi, per ragioni politiche, non sono in grado di garantire.

Nel medio-lungo termine (Helm, 2012) esistono concrete prospettive di miglioramento delle tecnologie esistenti (aumento dell'efficienza energetica; maggiore utilizzo delle tecnologie di cattura e sequestro del carbonio; innovazioni incrementali nel campo delle fonti rinnovabili esistenti).

In secondo luogo, le tecnologie energetiche possono sempre più integrarsi con le tecnologie dell'informazione e della comunicazione per arrivare a una "low carbon economy" (reti "smart" per il passaggio ad un sistema di energia sempre più distribuita anche nella fase di generazione).

In terzo luogo, vi è il settore delle innovazioni per lo stoccaggio e il trasporto dell'energia, molto importante soprattutto per quella fornita da fonti intermittenti; cruciale sarà la possibilità di disporre di batteria sempre più piccole e potenti soprattutto nel trasporto. E infine quello delle nuove tecnologie per la generazione di elettricità (fotosintesi artificiale, bioenergie, nucleare, energia geotermica).

Come promuovere una crescita verde: un buona regolazione.

Vi sono quindi ragioni per essere ottimisti dal punto di vista delle opportunità della tecnologia verso un sistema energetico che in futuro apparirà profondamente diverso e più sostenibile di quello attuale. Il problema è quello della transizione che richiede risorse e grandi sforzi nella ricerca e sviluppo. L'allontanarsi della scarsità dei combustibili fossili non è sotto questo profilo una buona notizia dal punto di vista del problema del cambiamento climatico.

Costruire una crescita verde o una crescita per una "low carbon economy" implica una serie di problemi di natura economica, politica e sociale non semplici da affrontare.

Il primo problema nasce dal fatto che l'espansione della domanda per assorbire innovazioni che hanno il fine ultimo di migliorare la qualità dell'ambiente non proviene dal mercato in modo automatico, perché la qualità dell'ambiente è essenzialmente una domanda di un bene pubblico. Infatti può godere di una migliore qualità dell'ambiente anche chi non contribuisce alla sua produzione: in altre parole, di una migliore qualità dell'ambiente si può godere anche se del costo per ottenerla se ne fanno carico altri. Non vi è quindi un incentivo a spendere per questo scopo; l'incentivo è piuttosto quello di scaricare su altri la responsabilità della spesa. Chi deve prendere la decisione di un investimento di questo tipo trova un freno nell'incentivo a valutare i costi presenti molto di più dei benefici futuri.

Vi è dunque la necessità di una "politica", o meglio di un insieme di politiche. E anche la realizzazione di queste politiche incontra dei problemi.

La regolazione ambientale è fondamentale. Essa serve a determinare prezzi corrispondenti ai costi ambientali dell'attuale sistema produttivo, usando tasse ambientali o permessi negoziabili di emissione. Nel campo energetico è molto importante che questa regolazione di prezzo colpisca il contenuto di carbonio nel consumo piuttosto che nella produzione. In questo secondo caso infatti, e come del resto dimostra l'esperienza europea, la delocalizzazione delle produzioni e il conseguente "carbon leakage" verso paesi con regolazione meno stringente rischia di rendere vane le politiche intraprese.

La regolazione può esercitarsi anche in forma diretta attraverso norme di responsabilità ambientale, sulle caratteristiche dei prodotti, degli impianti e degli edifici, e attraverso norme sugli appalti e sugli investimenti di responsabilità pubblica diretta.

Ma su entrambe le forme di regolazione (di prezzo e di quantità) occorre il consenso dei cittadini. Spesso questo manca, anche perché più che i benefici di lungo periodo della regolazione (per quanto chiara, persistente nel tempo e quindi credibile) ne vengono

percepiti i costi di breve periodo in termini di riduzione dell'attività economica e per l'aggiustamento alle più adeguate strutture produttive da parte delle imprese.

Come promuovere una crescita verde: una politica per l'innovazione.

Per questo motivo, e anche perché chi si avventura nell'innovazione ambientale corre rischi relativamente più elevati, occorre affiancare alla regolazione ambientale una politica specifica per stimolare un progresso tecnico "environment oriented".

Ma anche qui vi sono dei problemi. Quando si decidono politiche di sostegno si entra nel delicato tema dei sussidi; tema delicato specialmente a causa degli effetti di "lobbying" di coloro che usano un obiettivo sociale, quale la promozione della ricerca orientata all'ambiente e alle nuove forme di energia, prima di tutto per favorire i propri interessi.

Non è affatto detto che i sussidi siano quelli più appropriati. Ad esempio un ammontare eccessivo di sussidi va in Europa all'impiego delle fonti rinnovabili di energia esistenti (eolico, fotovoltaico) rispetto a quelli che potrebbero sostenere progetti di ricerca e sviluppo a più lungo termine in innovazioni radicali di più lungo periodo.

Un importante primo passo avanti potrebbe comunque essere fatto con l'eliminazione dei sussidi "perversi", che incentivano invece di scoraggiare le attività che aumentano la pressione sull'ambiente.

Vi è poi un problema del coordinamento delle regolazioni ambientali e delle politiche di incentivo all'innovazione ambientale da parte dei vari governi.

Consideriamo il caso del cambiamento climatico. La riduzione di CO2 beneficia anche i paesi che non hanno sostenuto costi per ottenerla: è un bene pubblico globale. Ciascun paese ha l'incentivo a far sì che siano gli altri paesi ad intervenire, evitando i costi, ma godendo i benefici (free riding). Questo spiega le difficoltà di raggiungere accordi internazionali sulle strategie per la mitigazione del cambiamento climatico.

Queste difficoltà mostrano l'opportunità e l'urgenza di spostare sempre più la prospettiva di un accordo nella direzione della collaborazione tecnologica tra paesi avanzati e paesi in via di sviluppo.

Vi è infine un problema di dimensione degli investimenti. I popoli e i governi dei vari paesi devono essere consapevoli di questo. Ad esempio il passaggio da veicoli che sono alimentati da combustibili fossili a veicoli elettrici non richiede solo la soluzione di problemi relativi all'innovazione tecnologica nel campo delle batterie, ma un sistema di infrastrutture completamente nuovo.

L'International Energy Agency (IEA, WEO 2012) ha stimato che la riduzione di emissioni di CO₂ che dovrebbe consentire di arrivare allo scenario caratterizzato da una concentrazione di CO₂ nell'atmosfera di 450 ppm., in grado di evitare gli effetti più drammatici del cambiamento climatico (il cosiddetto "scenario 450"), dovrebbe essere ricondotta per metà a miglioramento della efficienza energetica e per l'altra metà allo sviluppo di nuove fonti rinnovabili.

Secondo le stime dell'ultimo rapporto dell'International Energy Agency sulle prospettive delle tecnologie energetiche (IEA, ETP 2012) gli investimenti totali addizionali necessari per passare da uno scenario "business-as-usual" allo scenario 450 ammontano a 36 trilioni di dollari tra il 2010 e il 2050. Il trasporto è il settore che ne assorbirà la quota maggiore (il 40%); segue il settore residenziale con il 30% e poi il settore delle centrali con il 20%.

Se si restringe la stima al prossimo decennio gli investimenti addizionali necessari saranno di 5 trilioni di dollari; e saranno prevalenti le misure per aumentare l'efficienza energetica. Questo spiega perché il settore delle costruzioni piuttosto che quello dei trasporti sarà il settore nel quale si concentrerà la quota maggiore di investimenti.

Il necessario impegno dei governi e della società.

Di fronte ad un simile impegno i governi non possono essere assenti, e devono seguire una strategia complessa: introdurre un prezzo per il consumo di carbonio; rimuovere i sussidi ai combustibili fossili; gestire in modo coerente la domanda pubblica diretta e le regole di appalto; sostenere la ricerca scientifica non legandosi troppo a soluzioni predefinite, ma favorendo la competizione nella ricerca stessa; impegnarsi nell'educazione, nella formazione e nella informazione del pubblico.

Tutto ciò richiede precise priorità, specialmente in quei paesi che stanno ancora vivendo un periodo di depressione economica, ed in particolare in quelli che sono oberati da problemi di finanza e di debito pubblici. Ma vi sono problemi anche nei paesi emergenti, anche se non hanno vincoli di finanza pubblica e se hanno surplus nelle loro bilance dei pagamenti. Emblematico è il caso della Cina dove pure sono stati fatti grandi investimenti nel campo delle energie rinnovabili, e dove ora però è molto forte la domanda di investimenti nel campo sociale (sanità, pensioni) per ridurre le grandi disuguaglianze del modello di crescita sperimentato.

La tentazione di orientare la ripresa economica secondo il modello tradizionale è molto forte. D'altra parte per contrastare questa tentazione una decisione nel senso della cooperazione tecnologica internazionale è necessaria, dato che la quota degli investimenti occorrenti crescerà nei paesi emergenti e in via di sviluppo.

Per tutti questi motivi occorre far ricorso al ruolo che può giocare direttamente la società (Tickell, 2011) mediante l'adozione di "norme sociali", non solo formali, ma soprattutto informali, capaci di favorire un comportamento cooperativo nella direzione di una domanda orientata alla sostenibilità ambientale.

La globalità dei problemi ambientali e la forte presenza di modelli di consumo e comportamento economico pre-esistenti e alternativi rende non facile il processo di adeguamento. Tuttavia, una più consapevole domanda privata di beni e servizi a basso impatto ambientale e una crescente domanda sociale di credibilità alle imprese sotto il profilo della sostenibilità ambientale dei processi produttivi e dei prodotti sono destinate a svolgere un ruolo importante nel convincere le imprese stesse ad intraprendere lo strada di innovazioni orientate all'ambiente.

Affrontare la sfida del terzo stadio dell'Antropocene perseguendo la decarbonizzazione dell'economia sarà un processo complesso e costoso: fornirà benefici futuri nel medio lungo termine, ma nella transizione la realtà di risorse finanziarie limitate per gli investimenti necessari può implicare un tasso di crescita meno elevato, anche se questi investimenti saranno in grado di attivare nuovi posti di lavoro. Occorre evitare un troppo facile ottimismo.

Anche perché non si potrà eludere la questione del limite alla crescita stessa. Un rallentamento e un maggiore equilibrio nella crescita economica andrà messo nel conto, anche per i paesi che oggi sono emergenti, per dare alla crescita economica una maggiore efficacia sotto il profilo di una vita individuale e sociale migliore.

Per questo però occorre arrivare ad una qualche quantificazione non solo dei benefici, ma anche dei costi sociali ai quali può dar luogo la crescita economica, oggi misurata dall'indicatore del Prodotto Interno Lordo (PIL). Lo stesso Herman Daly ammette che il PIL, essendo un valore, è diverso dal "throughput" che ha a che fare con variabili di natura fisica come la materia e l'energia; ma Daly ha ragione quando sostiene che la crescita del PIL manifesta ormai costi netti addizionali crescenti, tra i quali fondamentali sono i costi ambientali. In questa condizione se non si vuole forzare il "throughput" al di là dei vincoli di sostenibilità, è del tutto ragionevole non considerare la crescita del PIL come un crescita senza limiti.

I costi ambientali crescenti della crescita non sono misurati dal PIL perché il PIL esprime solo il risultato di transazioni che passano per il mercato, mentre i costi ambientali della crescita sono esterni al mercato in quanto non vi sono transazioni di mercato che li rivelano (esternalità).

Il problema di una misura più adeguata del benessere che superi i limiti del PIL e che quindi consenta di misurare anche i costi sociali e ambientali della crescita economica è affrontato nel cosiddetto Rapporto Stiglitz (Stiglitz, 2010).

Il rapporto prende in considerazione varie proposte per calcolare un indicatore monetario della sostenibilità, ritiene che ulteriori sforzi in questa direzione siano da incoraggiare, ma ritiene anche che, proprio per le difficoltà di arrivare ad una convergenza sui criteri di misurazione, dovendo affiancare i valori di mercato con altri indicatori di valore che sono inevitabilmente il frutto di convenzioni, un simile indicatore monetario debba rimanere focalizzato essenzialmente sugli aspetti economici, come componente di un insieme più ampio di indicatori di natura fisica.

Sarebbe di grande aiuto la capacità dei governi di coordinarsi nel promuovere l'adozione di criteri condivisi di valutazione di indicatori della qualità della vita secondo le linee espresse da questo rapporto.

Riferimenti bibliografici

H. Daly, *Oltre la crescita*, Edizioni Comunità, 2006.

R. Gordon, *Is U.S. economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds*, NBER, WP 18315, August 2012.

D. Helm, *The Carbon Crunch*, Yale University Press, New Haven 2012.

IEA (International Energy Agency), *WEO (World Energy Outlook)*, Paris, 2012.

IEA (International Energy Agency), *ETP (Energy Technology Perspectives)*, Paris, 2012.

S. Latouche, *Per una abbondanza frugale*, Bollati Boringhieri, Torino, 2011.

A. Maddison, *Contours of the World Economy, 1-2030 AD*, Oxford University Press, Oxford, 2007.

OECD, *Inclusive Green Growth. For the future we want*, June 2012.

J. Rockstroem e al., *A safe operating space for humanity*, *Nature*, 461, 2009, pp. 472-475.

W. Steffen, J. Grinewald, P. Crutzen, J. McNeill, *The Anthropocene: conceptual and historical perspectives*, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 369, 2011, pp. 842-867.

C. Tickell, Societal responses to the Anthropocene, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 369, 2011, pp. 926-932.

UNEP, *Towards a Green Economy*, 2011.

UNEP, *Geo-5, Global Environmental Outlook*, 2012.

World Bank, *Inclusive Green Growth*, 2012.