

ENERGIA E FONTI ENERGETICHE

L'obiettivo di questa scheda di approfondimento è quello di tentare di mettere in luce la complessità legata alla trattazione del tema senza avere la pretesa di esaurire l'argomento ma cercando di offrire una varietà di sguardi e di spunti riflessivi da cui eventualmente partire per sviluppare percorsi didattici interdisciplinari.

Il testo della scheda generale è suddiviso in due sezioni:

1) *Una visione d'insieme*, il cui testo va affiancato alla mappa concettuale riportata in fondo. La mappa presenta colorazioni e forme distinte che stanno ad indicare differenti ma complementari punti di vista con cui trattare il tema, oltreché possibili collegamenti con altre tematiche.

I concetti variamente colorati indicati schematicamente nella mappa si ritrovano nel testo ad indicare l'intrecciarsi continuo delle differenti prospettive.

2) *Alcuni spunti di riflessione didattica*, in cui possono essere offerti stimoli molto diversificati, da attività più o meno strutturate, a strumenti concettuali particolarmente rilevanti o riferimenti a testi, ecc., il cui senso è quello di promuovere la progettazione di percorsi interdisciplinari che valorizzino e integrino le diverse prospettive.

Una visione d'insieme

L'idea di energia si sviluppa nel tempo, probabilmente come tentativo di trovare una causa comune per avvenimenti e fenomeni diversi. Energia è, probabilmente, un modo di spiegare il fatto che le cose succedono; un modo di descrivere come i fenomeni o i processi si svolgono nel tempo; un modo di capire come ogni evento sia condizionato dallo svolgersi di altri. Ne parliamo quando vediamo movimenti, trasformazioni, cambiamenti; la pensiamo come qualcosa che fa succedere, cambia, trasforma, mette in movimento, attiva qualcos'altro (produce lavoro, direbbero i fisici); pensiamo anche che questo "qualcosa" possa essere contenuto e trasferito, in modi opportuni, da un sistema all'altro.

Come il coraggio e la vigliaccheria non sono contenute nelle persone ma sono loro modi di essere che si manifestano in date condizioni e che possono provocare, in altri, comportamenti diversi, così l'energia non è contenuta nelle cose: corrisponde a loro modi di essere che possono provocare, in altri sistemi, cambiamenti e trasformazioni.

L'energia però non è una cosa e neppure una sostanza; rappresenta il criterio che ci permette di descrivere il passaggio da uno stato iniziale a uno stato finale di una varietà di sistemi in cui avvengono le trasformazioni più diverse. D'altra parte se non esistessero cose (sistemi materiali organizzati) che in tempi più o meno lunghi si muovono, si rompono, cambiano e ne cambiano altre, non ci verrebbe nemmeno in mente di parlare di energia. [...]

Tratto da Alfieri, Arcà, Guidoni, "Il senso di fare scienza", 1995.

Energia e pianeta Terra

Oggi sentir parlare di Energia evoca principalmente in noi questioni legate all'esaurimento dei combustibili fossili e all'inquinamento generato da questi, nonché alla necessità di identificare fonti energetiche alternative e sostenibili. L'energia però non è solamente responsabile del funzionamento di tecnologia e industrie ma costituisce il fondamentale motore del funzionamento del Pianeta e della vita.

Se ci fosse chiesto di scegliere un denominatore comune della vita sulla Terra, qualcosa di assolutamente essenziale o coinvolto in ogni azione, grande o piccola che sia, la risposta sarebbe l'Energia.

Tratto da Odum E.P., "Ecologia: un ponte tra scienza e società", 2001

Il nostro pianeta presenta due fonti di energia: una esogena, il Sole e l'altra endogena, il "centro" della Terra.

Le radiazioni solari ricche di energia che raggiungono quotidianamente il nostro Pianeta, sostengono i numerosi e svariati processi a cui assistiamo ogni giorno e, in sinergia con l'effetto serra, rendono la temperatura della biosfera ideale per il proliferare della biodiversità oggi presente. Da un lato, **l'energia radiante del sole** riscalda rocce, acqua, aria innescando processi di trasporto di materia: dalle grandi masse d'aria in movimento all'evaporazione dell'acqua che arriva a formare le nuvole, fenomeni che a loro volta erodono e trasportano grandi quantità di detriti.

L'energia solare si trasforma nell'energia cinetica dell'aria o dell'acqua sollevate fino negli strati alti dell'atmosfera, nell'energia potenziale del vapore delle nuvole, di nuovo nell'energia cinetica dell'acqua che si ricondensa e precipita sotto forma di pioggia e neve, nell'energia potenziale dell'acqua bloccata nei ghiacciai sulle vette delle montagne, nell'energia cinetica delle grandi quantità di terra trasportate dai fiumi o che franano dai pendii.

Tratto da Alfieri, Arcà, Guidoni, "Il senso di fare scienza", 1995

Inoltre la radiazione solare è altresì responsabile della produzione di biomassa. Attraverso il processo di fotosintesi clorofilliana infatti l'energia radiante viene trasformata in energia chimica intrappolata nelle sostanze organiche che si formano costituendo il corpo dei viventi. Da questo tipo di energia chimica dipendono tutti gli altri organismi che non sono in grado di utilizzare direttamente l'energia solare. Rivolgendo invece lo sguardo verso il "centro" della terra possiamo identificare un flusso di **energia geotermica** che, sebbene quantitativamente non paragonabile con il flusso solare (il rapporto tra i due è di 1 a 4000), ha comunque un potere grandioso: può sollevare intere catene montuose, ampliare oceani, dividere o far scontrare continenti, seppellire intere città con lava e cenere, tutto questo ovviamente con tempi geologici.

Come i raggi di luce di Elio rimescolano le acque dell'oceano, così il calore che sale da Vulcano, può rimescolare la Terra, solida solo in apparenza. [...] Non solo: mentre all'interno di Gaia (sulla superficie terrestre) il vento e l'acqua, pilotati da Elio, possono trasformare le montagne in cumuli di terra, Vulcano può fare l'opposto. L'energia di Vulcano può essere modesta rispetto all'abbagliante dono di Elio, ma solo lui, con la sua perseveranza, può trasformare i cumuli di terra in montagne.

Tratto da Volk T., "Il corpo di Gaia", 2001

Energia e società umana

Dagli anni '70 del '900 ai primi anni del nuovo secolo l'incremento nel consumo di energia è stato di circa il 69%¹.

Come nel caso dell'acqua e del cibo, la costante crescita della domanda di energia produttiva mondiale non corrisponde di per sé ad una pur auspicabile maggiore equità nella sua distribuzione, ma segue prevalentemente l'incremento dei consumi, e dunque il modello della crescita economica. Tale modello, incentrato sul costante aumento della produzione e del commercio, più che non sulla redistribuzione dell'esistente, è strettamente connesso, nei suoi fondamenti e nel suo funzionamento, alla disponibilità sempre crescente di energia a basso costo, **sin'ora proveniente dalle fonti fossili**: primariamente il petrolio ed i suoi derivati, ma anche il carbone e il gas naturale.

Oggi, la **civiltà fossile** è scossa alla radice per due ragioni, l'una speculare all'altra: il **cambiamento climatico** (collegamento con scheda generale *caos climatico*) ed il progressivo **assottigliamento delle riserve di combustibili fossili**.

La necessaria e quanto mai urgente transizione verso nuove fonti energetiche può rappresentare allora, un'occasione senza precedenti per ridiscutere i principi fondanti del modello attuale di produzione, distribuzione e consumo dell'energia.

Prima di entrare nel merito di tale possibile cambiamento, cerchiamo di fornire un breve quadro in merito alle caratteristiche della "civiltà fossile" e più in generale di quelli che vengono chiamati "**sistemi socio-ecologici**".

Seguendo la distinzione proposta da Odum E.P.², le aree che caratterizzano il nostro pianeta possono essere suddivise in: aree naturali, aree coltivate ed aree costruite.

- Quando parliamo di aree naturali intendiamo sistemi naturali caratterizzati da autosufficienza e da auto mantenimento (boschi e foreste, laghi, torrenti d'acqua, oceani, montagne, ecc.), cioè in grado di mantenere la propria struttura e il proprio funzionamento esclusivamente attraverso il flusso di energia solare, in assenza di flussi energetici o

¹ Siamo passati da 6034 milioni di tep (tonnellate equivalenti di petrolio – 1 tep quantifica tutta l'energia ipoteticamente derivante da 1 tonnellata di petrolio) a 10213 milioni di tep nel 2002.

H. Scherr, *Autonomia Energetica – Ecologia, tecnologia e sociologia delle risorse rinnovabili*, Ed. Ambiente, Milano (2006)

² Odum E.P., *Ecologia, un ponte tra scienza e società*. Piccin, Padova, 2001.

economici direttamente controllati dagli esseri umani. Questa caratteristica di ecosistema autosufficiente non comporta però che l'ambiente naturale non possa venire a contatto con le attività dell'uomo: una foresta, per esempio, può sostenere attività di pascolo e di taglio selettivo pur continuando a costituire un'area naturale.

- Quando parliamo di aree coltivate ci riferiamo a terreni agricoli, boschi e foreste gestite dall'uomo, stagni e laghi artificiali. Questi ambienti vengono utilizzati per incrementare la produzione di cibo e di fibre, per la ricreazione, ecc. Da un punto di vista energetico l'energia di base è fornita dal Sole, ma per sostenere tali ecosistemi questa viene incrementata con “energia subsidiaria” proveniente dal lavoro dell'uomo, da macchine, da fertilizzanti, da pesticidi e da altri mezzi o strumenti la cui produzione ha un costo energetico. Fra gli ambienti coltivati quelli soggetti ad agricoltura industrializzata necessitano di una grande quantità di energia (collegamento con *scheda generale alimentazione*).
- Quando parliamo di aree costruite ci riferiamo a città, zone industriali e infrastrutture per il trasporto e la comunicazione. Nella maggior parte del pianeta questo tipo di ambiente viene alimentato da combustibili fossili e, benché costituisca una piccola parte del paesaggio totale, presenta un alto consumo energetico; infatti la quantità di energia consumata ogni anno per unità di superficie (densità di energia) è mille volte superiore rispetto a quella di una foresta.

Con la scoperta dei combustibili fossili (a partire dal XVIII secolo) la disponibilità di energia diventa enorme, tanto che si possono sviluppare aree, come quelle costruite e quelle coltivate in modo industriale, che non sono in grado di automantenersi, in termini di organizzazione e funzionamento, ma dipendono da flussi di energia derivata dai combustibili fossili e da flussi di materia proveniente da ambienti bio-produttivi circostanti.

Per compiere un'analisi della situazione energetica può inoltre essere interessante introdurre il concetto di “**sistema socio-ecologico**” che integra il sistema socio-economico e il sistema ecologico con il quale interagisce, o in altre parole, costituisce l'insieme interdipendente di aree costruite, coltivate e naturali sopra descritte. Possiamo identificare tre tipologie di sistemi socio-ecologici caratterizzati da differenti tipi di società:

1. il **sistema socio-ecologico del cacciatore/raccoglitore** che si basa sull'impiego passivo dell'energia solare catturata e trasformata dalle piante;
2. il **sistema socio-ecologico dell'agricoltore/allevatore** che si basa sull'impiego attivo dell'energia solare determinando un'alterazione degli ecosistemi per incrementare e controllare la produzione di biomassa;
3. il **sistema socio-ecologico industriale** che si basa sull'impiego dell'energia contenuta nei combustibili fossili attraverso processi di conversione energetica ad alto contenuto tecnologico. In tale sistema si manifesta un incremento del consumo pro capite di energia e di materia. Il metabolismo del sistema socio-ecologico industriale accelera a tal punto che ha bisogno di consumare le risorse prelevate dagli ecosistemi a una velocità maggiore di quella di rigenerazione, producendo degli scarti a una velocità maggiore di quella di riassorbimento. Si entra così nel cosiddetto "regime ad alta potenza", nel quale i flussi di materia e di energia, generati dai sistemi industriali oggi localizzati nel Nord del mondo, provocano la perdita delle risorse e della biodiversità, l'inquinamento, i disagi sociali e, in generale, tutti i grandi problemi di sostenibilità.

Grazie alla contabilità dei flussi di materia ed energia (MEFA, Material and Energy Flows Analysis)³, sono state realizzate delle ricerche che hanno stimato e confrontato tra loro i **consumi di materia e di energia caratteristici delle tre grandi categorie di sistema socio-ecologico** presenti nella storia dell'uomo. La società di cacciatori-raccoglitori ha un consumo medio di energia pro capite all'anno di 10-20 GJ (Gigajoule), la società agricola di 40-70 GJ, la società industriale di 150-400 GJ⁴. Il consumo di materia stimato è rispettivamente di 1 tonnellata, di 3-6 tonnellate e di 15-25 tonnellate (sempre riferendosi al periodo di un anno e relativamente a una persona). Questi dati mostrano che la transizione dal sistema agrario a quello industriale è associata ad un incremento medio nei consumi pro capite di energia e materia di 3-5 volte. L'aumento reale dei consumi è ancora superiore se consideriamo che tale transizione è inoltre associata ad un incremento medio

³ La contabilità dei flussi di materia ed energia è una disciplina nata pochi decenni fa e oggi riconosciuta e impiegata dai principali istituti di ricerca e di statistica di tutto il mondo. In particolare l'MFA, la metodologia di analisi dei flussi di materia, è oggi la principale metodologia di contabilità ambientale fisica impiegata ufficialmente dalle ricerche compiute da Istat, Eurostat e da organizzazioni internazionali come l'OCSE.

⁴ I dati si riferiscono all'indicatore di contabilità ambientale DEC (Domestic Energy Consumption) e al DMC (Domestic Material Input)

della densità di popolazione di 10 volte (si è passati da 40 a 400 persone a Km²). A completare il quadro, la percentuale di popolazione che si occupa di agricoltura è passata da più dell'80% (nel sistema agricolo) a meno del 10% (nel sistema industriale). La produzione di biomassa è aumentata, ma mentre nel sistema agrario rappresentava più del 95% dell'energia totale impiegata, in quello industriale rappresenta solo dal 20 al 30%⁵.

Criticità della “civiltà fossile”

Attualmente sul nostro pianeta coesistono tutte e tre le forme di sistema socio-ecologico. Le società di cacciatori-raccoglitori ancora esistenti rappresentano una piccola percentuale della popolazione mondiale (si pensi ai Pigmei e ai Boscimani in Africa o alle comunità Indios in America), mentre la grande maggioranza si trova in un sistema di tipo agrario che si sta avviando, in tempi e modi diversi, verso un sistema industriale (si tratta del fenomeno definito “sviluppo” che coinvolge i cosiddetti paesi “in via di sviluppo”). Le società industrializzate rappresentano quindi una minoranza, ma grazie alla globalizzazione le caratteristiche tipiche del loro metabolismo vengono diffuse rapidamente ovunque. In questa dinamica, paesi densamente popolati come India e Cina, stanno inesorabilmente abbandonando la loro natura prevalentemente agricola per adottare un sistema energetico basato sull'uso dei combustibili fossili. Se tutti i paesi in via di sviluppo completassero la loro transizione ci sarebbe un enorme aumento dei flussi di materia ed energia che attraverserebbero il pianeta (tema trattato nel documentario *The oil crash*). Dalle stime realizzate con le metodologie di contabilità ambientale è stato calcolato che anche se i paesi industrializzati adottassero delle politiche di ecoefficienza “virtuose”, in grado di raggiungere una riduzione del 30% dei loro consumi, e se tutti i paesi in via di sviluppo raggiungessero questo livello “virtuoso” al termine della loro transizione industriale, nel 2050 la richiesta di energia aumenterebbe del 360%, mentre la richiesta di materia del 310%, rispetto a oggi. Questi dati tengono conto di una stima delle

⁵ Krausmann F., Fischer-Kowalski M., Schandl H., Eisenmenger N., *The Global Sociometabolic Transition*. Journal of Industrial Ecology, vol 12 (5/6), pag 637-656, 2008

Nazioni Unite secondo la quale per quella data la popolazione mondiale raggiungerà 8,5 miliardi di persone⁶.

Un ulteriore elemento di criticità della società fossile è legato alla **distribuzione non uniforme sul pianeta dei combustibili fossili**. L'intero **scenario geopolitico globale** può essere tradotto in funzione della collocazione geografica delle riserve petrolifere e della storia del loro sfruttamento. Ad esempio l'attuale dominio economico, politico e militare americano è strettamente connesso alla pionieristica scoperta dei primi giacimenti in patria e all'utilizzo precoce delle enormi potenzialità del petrolio, avvenuti a partire dalla fine del XIX secolo (tema trattato nel documentario *The oil crash*). Ciò appare ancora più evidente nella transizione attuale dall'era dell'abbondanza, in termini di quantità totale e di accessibilità, all'era della scarsità: negli ultimi anni, per ogni nuovo barile di petrolio scoperto se ne estraggono circa quattro (EIA 2004). In tale fase critica, la corsa all'appropriazione delle risorse esistenti si traduce sempre più di frequente in **conflitti** aperti (tema trattato nel documentario *The oil crash*).

Inoltre, la distribuzione non uniforme nei tempi di scoperta e nella collocazione geografica delle riserve, in un sistema geopolitico fondato sulla massimizzazione del profitto economico, ha contribuito a determinare una struttura energetica di produzione e distribuzione fortemente centralizzata, ovvero gestita da alcuni pochi attori economici.

Complessivamente l'iniziale abbondanza ed accessibilità delle riserve petrolifere, la sua estrema versatilità (dall'onnipresente plastica ai fertilizzanti e pesticidi della rivoluzione verde, alla chimica farmaceutica, ai trasporti aerei intercontinentali, ecc. – tema trattato nel documentario *The oil crash*) e la sua iniqua distribuzione hanno determinato l'insorgere di un sistema energetico fortemente centralizzato, molto poco resiliente, essenzialmente iniquo, e infine ad alta potenza, con un conseguente elevato **impatto socio-ambientale**.

Con l'approssimarsi della scarsità di risorse da un lato - e dunque di una drastica diminuzione del rendimento energetico e della resa economica - e con l'inasprirsi dello scenario climatico futuro dall'altro, la necessità di abbandonare il petrolio e più in generale i combustibili fossili si fa sempre più chiara ed urgente.

⁶ Krausmann F. et al, 2008.

Alcune strategie verso il superamento della crisi energetica

Riduzione dei flussi, ecoefficienza ed effetto rimbalzo

L'**ecoinficienza** è uno dei principali obiettivi delle attuali strategie finalizzate alla riduzione dei flussi di materia ed energia. E' abbastanza diffusa la convinzione che l'ingegno umano sarà in grado di fornire le soluzioni ottimali per affrontare e superare la crisi energetica in corso attraverso soluzioni tecnologiche avanzate e risolutorie. Ciò non sempre si è dimostrato vero, non tanto nel senso dell'avanzamento tecnologico che indubbiamente ha fatto enormi progressi dalla rivoluzione industriale in avanti, quanto soprattutto ad effetti concatenati allo sviluppo tecnologico di carattere più socio-comportamentale dell'uomo moderno. Da molti anni si studiano ormai fenomeni come il cosiddetto **rebound effect**, o effetto rimbalzo, in seguito ai quali i miglioramenti tecnologici in grado di garantire ottimi risultati dal punto di vista dell'ecoinficienza sono annullati da un aumento incontrollato dei consumi energetici conseguenti. Questa situazione, quindi, oltre a non garantire la riduzione dei consumi complessivi, fa sì che il consumatore energetico medio tenda ad aumentare gli standard di consumo precedentemente raggiunti. Volendo fare un esempio, è come se, entrando in possesso di un'autovettura in grado di percorrere il doppio dei km con un litro di carburante, ci sentissimo autorizzati a quadruplicare i km mediamente percorsi sino a quel momento, fatto questo che sicuramente non aiuterebbe l'ambiente in termini di consumo di combustibili e produzione di inquinamento ma nemmeno le nostre finanze, rendendoci necessario il doppio dei rifornimenti di carburante.

In una strategia di **riduzione dei flussi** energetici, così come in ogni circostanza economica, sociale o ambientale, la miglior soluzione possibile è avviarsi, in maniera consapevole e controllata, verso stili di vita maggiormente parsimoniosi (tema trattato nei documentari *My neighbour and me*, *Elettricità*, *Animals save the Planet*). Il primo passo da compiere consiste nella valutazione degli aspetti irrinunciabili e nell'individuazione delle forme di spreco/surplus presenti, sulle quali andare ad agire in prima battuta per una transizione efficace.

Sono presenti ormai molti studi scientifici che hanno quantificato i fattori di riduzione raggiungibili senza compromettere lo stile di vita ormai proprio dei paesi "sviluppati". Fra tutti citiamo lo studio

realizzato da von Weizsacker, Lovins e Lovins, nel quale si ipotizza la riduzione del 75% dei consumi energetici semplicemente ottimizzando i sistemi di produzione e consumo presenti. Ma questo è solo un esempio e in letteratura, così come sul web, troviamo moltissimi materiali e studi in grado di suggerire ad ognuno di noi la via da percorrere per diventare un consumatore energetico efficiente.

Il dibattito sulle fonti: le soluzioni tecnologiche ad alta potenza

Il dibattito sul possibile superamento dell'era del petrolio si articola comunemente attorno alla ricerca di **fonti alternative**, in grado di mantenere la crescita economica ed energetica nei paesi industrializzati e di permettere un uguale accesso all'**alta potenza** e all'industrializzazione massiccia alle cosiddette economie emergenti, secondo un principio di pari opportunità energetiche - ineccepibile all'interno del paradigma della civiltà fossile. Negli ultimi anni, il vincolo climatico (collegamento alla scheda generale *Caos climatico*), ha imposto una variabile ambientale ineludibile alla complessa equazione della crescita energetica post-petrolio. In tale scenario complessivo, si tratta dunque di cambiare fonte e mitigare gli effetti climatici, mantenendo saldi i pilastri del sistema produttivo attuale: la centralizzazione della gestione, l'alta potenza e l'elevato profitto per pochi attori economici.

Le soluzioni proposte, fondate su tali presupposti, sono molteplici e variegata. Le correnti più conservatrici in materia di sviluppo energetico, spesso molto influenti nelle economie emergenti quali India e Cina, propongono uno sfruttamento indiscriminato delle fonti fossili alternative, quali **carbone e gas naturale**, ancora in regime di relativa abbondanza, bilanciate da una contrazione delle emissioni di gas serra da parte dei cosiddetti paesi sviluppati, e in misura minore, da tecnologie di **sequestro della CO₂** emessa⁷.

Per altro verso, le opzioni più attente alla questione climatica e nel contempo più aderenti alla necessità di una crescita costante della produzione, vedono un ritorno, dopo anni di diffusa opposizione, dell'utilizzo del **nucleare**⁸.

⁷ Le tecnologie di sequestro della CO₂ ne prevedono la cattura alla fonte e la sua immissione in serbatoi sotterranei nella litosfera.

⁸ Lovelock J., *The revenge of Gaia*, Basic books, New York (2006).

Secondo tali posizioni, il combustibile nucleare, seppur non rinnovabile, relativamente poco abbondante e molto problematico da smaltire, permetterebbe il mantenimento, comunque provvisorio ma efficace sul medio periodo, di un regime energetico ad alta potenza riducendo drasticamente le emissioni di gas serra. L'alto costo e l'elevato rischio nella costruzione, gestione e smantellamento degli impianti di produzione, fanno inoltre del nucleare un esempio di centralizzazione estrema, il che permetterebbe di fatto di non modificare la struttura di produzione e distribuzione attuale.

Nel modello della crescita energetica, anche le cosiddette fonti rinnovabili e non climalteranti, primariamente **l'energia solare ed eolica**, pur disponibili in modo diffuso sul pianeta, possono essere implementate ad alta potenza e in modo centralizzato. I faraonici impianti solari immaginati nelle aree desertiche del Nord Africa, tramite i quali si pensa di rifornire l'intero continente europeo ne sono un esempio.

Naturalmente, il modello della crescita implica anche il mantenimento della struttura attuale del sistema di trasporto ad alta potenza nel suo complesso e l'ampliamento delle infrastrutture e del numero di vettori che lo costituiscono. L'opzione più allettante e ad oggi più controversa, in termini di effettivo rendimento e soprattutto di impatto socio-ambientale, è quella della progressiva sostituzione della chimica fossile con la chimica organica delle piante, mediante i cosiddetti **biocombustibili**. Una tale transizione permetterebbe ancora una volta di mantenere la struttura economica e politica attuale, fondata su un'oligarchia produttiva ad alto profitto economico. In effetti, nello scenario dei biocombustibili, l'alta potenza del sistema di trasporto attuale, ovvero l'elevata domanda di combustibile in tempi ridotti, si traduce nella necessità di utilizzare metodi e strutture proprie dell'**agricoltura intensiva** (collegamento con scheda generale *alimentazione*), a loro volta ad alta potenza, e dunque di concentrare il controllo delle fonti produttive nelle mani di pochi attori economico-finanziari, presenti sul mercato globale. Si prospetta così una rischiosa unione di intenti e di profitti tra l'attuale industria fossile e quella dell'agricoltura industriale e biotecnologica, la quale implicherebbe una competizione sempre più serrata tra necessità alimentari e necessità

energetiche nell'utilizzo del suolo fertile ed un inasprimento delle dinamiche di eliminazione dell'autoproduzione agricola⁹.

La speranza di un'uscita non traumatica dalla civiltà fossile è inoltre riposta, nell'immaginario collettivo, nell'utilizzo dell'**idrogeno**. Abbondante e non inquinante per eccellenza, l'idrogeno è spesso confuso nello spettro delle possibili fonti, laddove, in realtà, rappresenta soltanto un vettore energetico. In altre parole, l'idrogeno va prodotto e stoccato, e per produrlo e stoccarlo è necessario utilizzare energia, sia essa di origine fossile, nucleare o rinnovabile. Un suo utilizzo è dunque prospettato, all'interno del paradigma della crescita economica ed energetica, in quanto permetterebbe di estendere al sistema di trasporto attuale ad alta potenza lo spettro e le modalità di utilizzo delle fonti alternative al petrolio sopra dibattute.

Infine, gli investimenti economici e tecnologici per aumentare l'efficienza energetica, possono essere, a loro volta, interpretati come fonti aggiuntive, in grado di contribuire al mantenimento della struttura fondante del sistema di produzione, distribuzione e consumo attuali. Tuttavia, come abbiamo visto nel contesto dell'effetto rimbalzo, l'incremento dell'efficienza energetica può stimolare un aumento del consumo energetico, il che riduce, spesso addirittura annulla, l'impatto sul risparmio netto.

In definitiva, l'enfasi sugli aspetti scientifici e tecnologici della sostituzione del petrolio nel dibattito pubblico dominante, mantiene in vita la stretta correlazione tra crescita economica, crescita della domanda energetica e aumento del benessere, tipica della civiltà fossile.

Autonomia energetica e democrazia

In un saggio illuminante dell'ormai lontano 1978, in piena crisi petrolifera congiunturale, il filosofo tedesco Ivan Illich solleva, in modo argomentato, la possibilità di un modello alternativo e complementare all'efficienza energetica e alla sostituzione delle fonti, definito in modo eloquente come libertà energetica. L'assunto fondante del suo approccio, oggi alla base di numerosi movimenti di democratizzazione del sistema di produzione, distribuzione ed utilizzo dell'energia¹⁰, è *l'esistenza di una soglia oltre la quale il benessere sociale e la crescita della disponibilità di*

⁹ Per dettagli in merito si veda l'articolo di Vandana Shiva "Vacche sacre o vetture sacre" (Shiva 2007) e l'articolo di Eric Holtz-Giménez "I cinque miti della transizione verso gli agrocarburi" pubblicato sulla rivista francese Le Monde Diplomatique e disponibile in italiano all'indirizzo <http://www.nopalmoil.it/Documenti/CinqueMiti.pdf>.

¹⁰ Sachs W. e Santarius T., *Per un futuro equo*, Feltrinelli, Milano (2007)
Shiva V., *Ritorno alla terra*, Fazi editore, Roma (2009)

energia smettono di andare di pari passo. In analogia con il **cibo**, per il quale il disagio metabolico insorge sia a causa di una carenza, la denutrizione, sia a causa di un eccesso, l'ipernutrizione (collegamento con *scheda generale Alimentazione*), l'aumento costante di disponibilità energetica non solo non risolve di per sé la questione dell'equità di accesso, ma aumenta il disagio sociale. In tal senso, anche l'esistenza utopica di una fonte rinnovabile indefinitamente e del tutto priva di rischi ambientali non sarebbe risolutiva.

La crisi energetica non si può superare con un sovrappiù di energia. Si può soltanto dissolverla, insieme con l'illusione che fa dipendere il benessere dal numero di schiavi energetici che l'uomo ha sotto di sé. A questo scopo, è necessario identificare le soglie al di là delle quali l'energia produce guasti, e farlo in un processo politico che impegni tutta la comunità nella ricerca di tali limiti.

Un'interessante articolazione in chiave ambientale dell'intuizione di Illich, applicata alla crisi energetica attuale, è il cosiddetto modello di "contrazione e convergenza", nato nel contesto della ricerca sul cambiamento climatico¹¹, ma estendibile al tema più generale delle politiche di sostenibilità energetica e giustizia sociale. In tale modello, tutti i paesi si dovrebbero impegnare, nell'arco di cinquant'anni, a far convergere l'utilizzo di materia ed energia per il funzionamento delle loro economie con la **capacità di tenuta**, ovvero di assorbimento e rigenerazione, della biosfera¹². Ciò significa una sostanziale **contrazione della domanda di materia ed energia** per i paesi del Nord industrializzato, ed un progressivo allineamento verso l'alto, alla soglia di sostenibilità, dei paesi del Sud. Al principio di pari opportunità di crescita economica ed energetica, caratteristico della civiltà fossile, si sostituisce qui un principio di equità di accesso ai beni comuni della biosfera, nei tempi e nelle modalità di rigenerazione di quest'ultima¹³.

In questa prospettiva, la ricerca e l'implementazione scientifica e tecnologica di fonti energetiche rinnovabili meno impattanti sul clima e sull'ambiente resta fondamentale, ma **va affiancata ad una profonda riflessione di ordine etico e politico sulle modalità di produzione e di utilizzo dell'energia globale**. Non si tratta soltanto di sostituire il petrolio come fonte, ma di ridiscutere la

¹¹ Meyer A., *Contraction and convergence: a global solution to climate change*. Green Books, Totnes UK (2000)

¹² È interessante rilevare tuttavia che la tesi di Illich prevede, accanto alla soglia ambientale di utilizzo di energia procapite, una soglia di natura eminentemente sociale, e che tale soglia è addirittura inferiore a quella dalla biocapacità terrestre.

¹³ Per maggiori dettagli sul modello e sulle proposte per attuarlo si veda Sachs 2007.

civiltà fossile nei suoi fondamenti. La localizzazione, la diversificazione e il decentramento dei sistemi produttivi e distributivi, si accompagna all'affermazione dell'accesso all'energia come bene comune e nel contempo al recupero dell'**autonomia energetica**, sia nel senso dell'auto-produzione, sia in quello dell'emancipazione dal dogma della crescita indefinita.

Alcuni spunti di riflessione didattica

Affrontare il tema *energia e crisi energetica* non è banale, soprattutto se pensiamo che l'energia è coinvolta in qualsiasi attività naturale e/o antropica presa in considerazione. Un ulteriore elemento di difficoltà risiede inoltre nell'astrattezza del concetto di energia e nelle diverse definizioni disciplinari che se ne danno. Tale difficoltà può essere affrontata anche tenendo a mente ed esplicitando l'indissolubile relazione che esiste tra energia e materia (vedi citazione iniziale di questa scheda generale).

Energia e pianeta Terra

Un primo passo nella costruzione di un percorso riferito alla questione energetica potrebbe consistere nel cercare di mettere in evidenza come l'energia sia alla base dei processi che sostengono la vita e il funzionamento del pianeta.

A tal proposito riportiamo alcuni aspetti su cui ci si potrebbe focalizzare.

- *Processi naturali e fonte energetica*

Es.: come indicato nella parte teorica della scheda, il nostro pianeta presenta due fonti energetiche: una esogena, il sole, e l'altra endogena, il "centro" della Terra. A tal proposito si potrebbe stimolare i ragazzi a identificare quali fra i processi naturali studiati dipendono dall'una, dall'altra fonte o da entrambe (es. il volo di un uccello, la crescita di una pianta, la formazione delle nuvole, l'orogenesi alpina, ecc.)

- *Energia e principi della termodinamica*

E' interessante provare a fare un salto dentro la fisica termodinamica, un ulteriore strumento per comprendere la situazione energetica attuale.

Se il 1° principio della termodinamica ci dice che l'energia né si crea né si distrugge, ma si trasforma da una forma ad un'altra, il 2° ci permette di capire che nessun processo che coinvolge un trasferimento di energia avverrà in assenza di un degrado di energia, da una forma concentrata (cibo, petrolio,..) ad una forma dispersa (calore).

Ciò significa che il metabolismo di un qualsiasi organismo vivente, come dell'ecosistema terrestre nel suo insieme, si mantiene tale grazie allo sfruttamento di energia non degradata e alla trasformazione di essa in energia degradata.

Es.: Sulla base di quanto riportato dai principi della termodinamica può allora essere interessante riflettere sulla "vera" natura della crisi energetica: mancanza di energia o incapacità di utilizzarne qualsiasi forma?

Riflettere in tal senso ci può aiutare a comprendere che al mondo attuale non manca l'energia, presente in grande quantità ed ovunque attorno a noi¹⁴, ma che il problema sta nell'incapacità (tecnica/tecnologica, politica e sociale) di sfruttare le forme energetiche che la natura ci mette a disposizione in maniera totalmente rinnovabile, ossia riutilizzabile nel tempo con un determinato ritmo. L'utilizzo di combustibili fossili attuale "stessa" il concetto di entropia e ci riporta al 2° principio della termodinamica: l'uomo moderno degrada una sostanza fortemente ordinata ed ordinata nel corso dei millenni, come il petrolio, in un tempo talmente veloce da non consentire all'ecosistema di ricrearla. Inoltre, non si tratta solo di sfruttare al meglio le forme energetiche potenzialmente a nostra disposizione, ma anche e soprattutto di orientarsi verso comportamenti in grado di ridurre i flussi di materia ed energia, causa degli attuali problemi di sostenibilità.

- *Energia e prospettiva temporale*

Un'interessante prospettiva con cui riflettere sulla crisi energetica è inoltre quella temporale. Questa ci permette infatti di confrontare i milioni di anni con cui l'evoluzione biologica ha differenziato la vita e in particolare la specie umana e il frammento di tempo storico caratterizzato dalla situazione di crisi energetica, o ancora i tempi di formazione dei combustibili fossili e la rapidità con cui la nostra specie ne sta esaurendo le riserve.

Es.: Attraverso l'uso di una metafora possiamo percepire più agevolmente il confronto fra tempi geologici e i tempi del vivere umano. Possiamo quindi paragonare metaforicamente i 4,6 miliardi di anni della storia della Terra con un anno solare (dimensione temporale) – o con una lunghezza nota (dimensione spaziale – es. 100, 200 metri) – e renderci conto ad esempio che nella storia della Terra lunga un anno la durata dell'intera storia dell'uomo moderno (comparso in Europa circa 40.000 anni fa) occupa solo gli ultimi 15 minuti¹⁵. E se ponessimo la storia dell'uomo moderno lunga un anno a quanto corrisponderebbe il periodo caratterizzato dalla crisi energetica (dagli anni '70 ad oggi)? Poco meno dell'ultima mezza giornata!

Es.: Possiamo cambiare l'unità di misura ed utilizzare le generazioni (assumendo 20 anni per generazione) in sostituzione degli anni: nella storia dell'Homo sapiens (ha avuto inizio 200.000 anni fa) il linguaggio è comparso 50.000 anni fa (2500 generazioni), l'agricoltura 10.000 a.f. (500 generazioni), la rivoluzione industriale 200 a.f. (100 generazioni), mentre l'utilizzo intenso dei combustibili fossili ha avuto inizio un secolo fa (5 generazioni)¹⁶.

¹⁴ Se potessimo sfruttare tutta l'energia termica presente nel mar mediterraneo ai ritmi attuali di consumo energetico l'Italia coprirebbe il suo fabbisogno per circa 3.000.000 di anni (Badino, in Mercalli, 2004).

¹⁵ Ferrero E., Provera A. & Tonon M., *Le scienze della Terra: fondamenti ed esperienze pratiche*. Edizioni Libreria Cortina Torino, 2004.

¹⁶ Day Jh. J. W. et. Al, *Ecology in Time of Scarcity*. BioScience, 59(4), 2009.

Energia e società

Un ulteriore aspetto su cui volgere la riflessione riguarda la relazione che c'è tra il consumo di energia, e quindi la crisi energetica, e lo stile di vita caratterizzante la nostra società (“civiltà fossile”).

- *Il ciclo di vita del prodotto e l'energia incorporata*

L'analisi del ciclo di vita del prodotto (*Life Cycle Assessment*) ci può aiutare a mettere in evidenza l'impatto delle attività antropiche sul consumo energetico. Un qualsiasi prodotto di consumo ha infatti a monte, un processo di estrazione di risorse, un processo di lavorazione, di trasporto e, a valle dell'utilizzo, un processo di smaltimento. Tutte queste fasi di vita del prodotto implicano flussi di energia oltre che di materia il cui impatto ambientale non dovrebbe essere trascurato. Questo concetto può essere utilizzato per introdurre l'idea di **“energia incorporata” (Embodied energy o eMergia)**, cioè tutta l'energia impiegata direttamente o indirettamente durante la produzione di un determinato prodotto.

Es.: I prodotti a cui applicare questo tipo di riflessione sono molteplici, inclusi quelli di cui ci nutriamo. In questa prospettiva partendo dalla definizione di catena alimentare dal punto di vista ecologico, potrebbe essere interessante cercare di rappresentare una catena alimentare in cui il consumatore finale è l'essere umano. Quindi prendendo in considerazione uno degli alimenti di cui ci nutriamo nella giornata (ad esempio la carne), si potrebbero identificare gli specifici prodotti alimentari che occupano i vari livelli trofici precedenti cercando di mettere in luce anche la materia e l'energia che vengono coinvolti per ottenerli a seconda del sistema produttivo preso in considerazione. Questa attività può servire come stimolo per riflettere sulla quantità di materia ed energia mobilitate (input ed output) per ottenere un particolare alimento (vedere anche *alcuni spunti di riflessione didattica* della scheda generale alimentazione).

→ Documentario stimolo – *The oil crash* in cui vengono riportati degli esempi specifici: per una caloria alimentare vengono utilizzate in media 10 cal di idrocarburi, o ancora per produrre un'automobile occorrono dai 27 ai 54 barili di petrolio a seconda delle statistiche!

Ragionare in termini di LCA e di “energia incorporata” può inoltre essere utile per sottolineare i limiti di alcune **soluzioni tecnologiche ad alta potenza**. In questo caso infatti domandarsi quanta energia incorporata risiede nella tecnologia proposta su vasta scala potrebbe rivelare dati interessanti.

- *Schiavetti energetici*

Prendere consapevolezza della quantità di energia che ogni giorno utilizziamo basandoci sulle unità di misura solite tende a farci rimanere su un piano astratto, si può quindi riportare tale riflessione su un piano di maggiore concretezza attraverso l'analogia degli “schiavetti energetici”. Il concetto di “schiavetto energetico” consiste nell'esprimere l'attività fisica di una persona con una grandezza fisica, la potenza. In tal caso la potenza rappresenta la quantità di

energia che il nostro corpo è in grado di fornire in modo continuativo nel tempo per svolgere tutte le funzioni vitali e per muoverci. La potenza media di una persona è di circa 50 Watt¹⁷. Dal momento che la potenza serve anche per esprimere l'attività svolta dai motori e dalle apparecchiature di uso quotidiano, possiamo arrivare a quantificare il numero di "schiavetti energetici" necessari per far funzionare tali apparecchiature. Ad esempio, avreste mai pensato che per fare funzionare un asciugacapelli (1.200 Watt) siano necessari 24 "schiavetti energetici", o in altre parole, per farlo funzionare 10 minuti serve il lavoro di 4 "schiavetti" che lavorano per un'ora. O ancora che il motore di un'automobile di media cilindrata, che eroga una potenza di circa 80 kW, viaggiando a velocità di crociera, compie un lavoro pari a quello di 1600 persone (80.000 W / 50 W). Nel cimentarti nei calcoli ricorda che il Watt (W) esprime l'energia erogata nel tempo, mentre il Wh o il kWh esprime una quantità di energia: uno schiavo energetico ha una potenza di 50 W, quindi fornisce 600 Wh di energia se lavora 12 ore!!

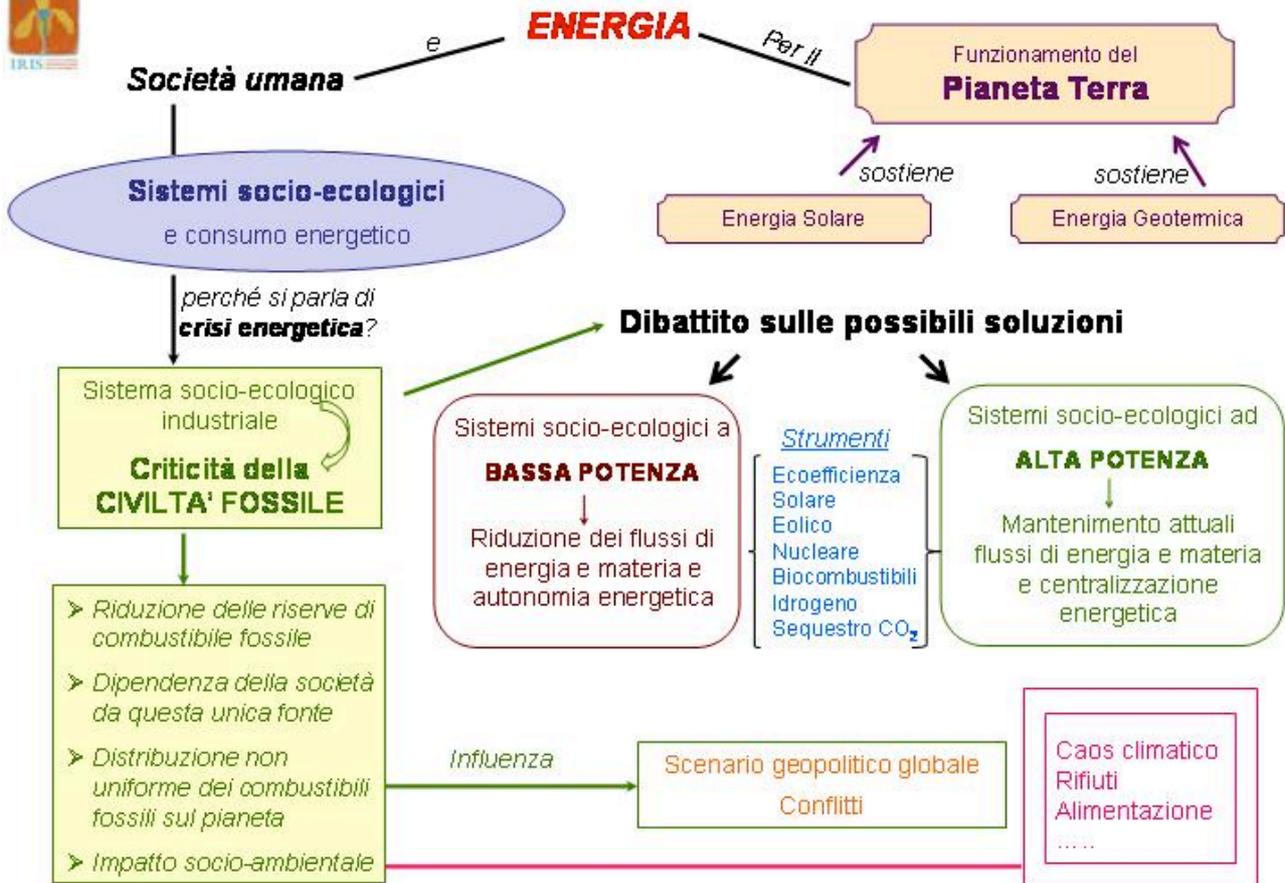
→ Documentario stimolo – *Animals save the Planet* (in particolare episodio "Orso")

SCHEDE REALIZZATE DA

IRIS - Istituto di Ricerche Interdisciplinari sulla sostenibilità - www.iris.unito.it

A cura di: Angelotti M., Benessia A., Guarnieri V., Marchetti D.

¹⁷ Armaroli N. & Balzani V., Gli schiavi energetici. KOS, Dicembre 2005.



IRIS - Istituto di Ricerche Interdisciplinari sulla Sostenibilità - www.iris.unito.it

Legenda

-  La prospettiva storica
-  Il punto di vista delle scienze naturali
-  Differenti prospettive di gestione della problematica -
-  Effetti della civiltà fossile
-  Collegamento con un'altra macrotag

Suggerimenti bibliografici

Alfieri F., Arcà M., Guidoni P., *“Il senso di fare scienza”*, Bollati Boringhieri, 1995.

Armaroli N. & Balzani V., *Gli schiavi energetici*. KOS, Dicembre 2005.

Badino G., *La complessità incomprensibile*, in Mercalli L., Sasso C., *Le mucche non mangiano cemento*, Edizioni Società Meteorologica Subalpina, Torino, 2004.

Day Jh. J. W. et. Al, *Ecology in Time of Scarcity*. BioScience, 59(4), 2009.

EIA, *International energy outlook 2004*. www.eia.doe.gov

Ferrero E., Provera A. & Tonon M., *Le scienze della Terra: fondamenti ed esperienze pratiche*. Edizioni Libreria Cortina Torino, 2004.

Fischer-Kowalski M., Haberl H., *Tons, joules and money: Modes of production and their sustainability problems*. Society and Natural Resources, vol 10 (1), pag 61-85, 1997.

Fischer-Kowalski M., Haberl H., *Socioecological Transitions and Global Change*, Edward Elgar Publishing Ltd, 2007.

Illich I., *Elogio della bicicletta*, Bollati Boringhieri, Torino 2006.

Krausmann F., Fischer-Kowalski M., H. Schandl, N. Eisenmenger, *The Global Sociometabolic Transition*. Journal of Industrial Ecology, vol 12 (5/6), pag 637-656, 2008.

Lovelock J., *The revenge of Gaia*, Basic books, New York 2006.

Meyer A., *Contraction and convergence: a global solution to climate change*. Green Books, Totnes UK 2000.

Miller G.; *Ambiente, risorse, sostenibilità*. Piccin, 1995.

Odum E.P., *Ecologia, un ponte tra scienza e società*. Piccin, Padova, 2001

Sachs W. e Santarius T., *Per un futuro equo*, Feltrinelli, Milano 2007.

Scherr H., *Autonomia Energetica – Ecologia, tecnologia e sociologia delle risorse rinnovabili*, Ed. Ambiente, Milano 2006.

Scherr H., *Il solare e l'economia globale – Energia rinnovabile per un futuro sostenibile*, Ed. Ambiente, Milano 2004.

Shiva V., *Ritorno alla terra*, Fazi editore, Roma 2009.

Tainter J.A., *The collapse of complex societies*. Cambridge University Press, 1988.

Volk T., *“Il corpo di Gaia”*, Utet, 2001.

E.U. von Weizsacker, A.B. Lovins, L.H. Lovins, *Fattore 4 – come ridurre l’impatto ambientale moltiplicando per quattro l’efficienza della produzione*, Ed. EMI, 1998.
Sitografia

Sitografia

www.aspoitalia.it: ASPO-Italia è la sezione italiana dell'associazione scientifica ASPO (Association for the Study of Peak Oil) il cui scopo principale è lo studio del Picco del Petrolio, delle sue gravi conseguenze sui sistemi ecologici, economici e sociali, e della mitigazione di questi effetti.

www.regione.piemonte.it/energia: sito relativo all'iniziativa di sensibilizzazione che la Regione Piemonte ha attivato per sensibilizzare e stimolare la partecipazione di tutti i piemontesi sulle tematiche energetiche.

www.worldwatch.org: sito ufficiale del Worldwatch Institute, istituto di ricerca indipendente che focalizza la sua attenzione su temi quali ad esempio Energia e Cambiamento climatico, Cibo e Agricoltura, ecc.

www.wwf.it: sito ufficiale del WWF da cui è scaricabile il Living Planet Report che è l'analisi dello stato di salute del pianeta.

www.greenpeace.it: sito ufficiale dell'associazione Greenpeace in cui sono riportati documenti inerenti al tema trattato.

www.legambiente.com: sito ufficiale di Legambiente con diverse campagne e documenti di sensibilizzazione inerenti il tema.

SCHEDE REALIZZATE DA

IRIS - Istituto di Ricerche Interdisciplinari sulla sostenibilità - www.iris.unito.it

A cura di: Angelotti M., Benessia A., Guarnieri V., Marchetti D.