

**Tra timori e speranze. Giovani in dialogo sul futuro*****Sviluppo umano, sete di energia******Chimica, fisica e tecnologia alla ricerca di fonti energetiche sicure e sostenibili*****Nicola Armaroli**

Appunti non rivisti dal relatore

**Indice**

<b>Riassunto.....</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduzione.....</b>	<b>2</b>
<b>2 La terra, una “astronave” con passeggeri in costante aumento.....</b>	<b>2</b>
<b>3 Le risorse per la vita, preziose e limitate.....</b>	<b>2</b>
<b>4 “Schiavi energetici” e fonti di energia .....</b>	<b>3</b>
<b>5 Quanto costa l’energia? .....</b>	<b>4</b>
<b>6 Fonti di energia: esauribili e inesauribili .....</b>	<b>4</b>
<b>7 Energia nucleare: una reale alternativa?.....</b>	<b>5</b>
<b>8 Energia solare: ma basterà davvero? .....</b>	<b>6</b>
<b>9 E oltre al sole?.....</b>	<b>6</b>
<b>10 Riassumendo... ..</b>	<b>7</b>
<b>11 Dibattito.....</b>	<b>8</b>

**Riassunto**

Fonti di energia: cambiare si può e si deve. E alla svelta, se non si vuole tornare bruscamente, tra qualche decennio, al tenore di vita di centinaia di anni fa. È quanto sostiene Nicola Armaroli, dirigente di ricerca del CNR e autore del libro “Energia per l’astronave terra” (Zanichelli, 2008), invitato a parlare agli studenti dell’ITIS Omar di Novara nell’ambito del percorso “Tra timori e speranze. Giovani in dialogo sul futuro”. L’energia, oggi tratta dai combustibili fossili, era un tempo fornita dal lavoro muscolare umano e animale, cosicché oggi ciascuno, nel “nord” del mondo, ha a disposizione – in proporzione – migliaia di “schiavi energetici”, pronti a servirlo al semplice gesto quotidiano di girare la chiave di avviamento dell’automobile. Ma i combustibili fossili – scoperti circa 100 anni fa e sfruttati da allora a piene mani – si stanno esaurendo gradualmente, mentre i bisogni di energia vanno crescendo costantemente, e sono destinati a raddoppiare entro il 2050. Dove trovare l’energia necessaria a consentire questa tendenza evolutiva? Il nucleare, tornato recentemente alla ribalta nel dibattito politico italiano, non appare una soluzione praticabile, causa gli altissimi costi di impianto, il problema – tutt’ora insoluto – dello smaltimento delle scorie e i rischi connessi a imprevedibili usi militari. Il futuro sta invece nello sfruttamento delle energie rinnovabili. Cioè innanzitutto l’energia del sole (l’unica energia davvero “extra-terrestre”, che ci è data senza lasciare emissioni inquinanti sul nostro pianeta), e l’energia geotermica. Con pannelli fotovoltaici, pompe di calore geotermiche, forni solari. Soluzioni che rappresentano una piccola ed efficiente rivoluzione nell’approvvigionamento di energia. Ma il vero progetto alternativo, cui gli

scienziati stanno lavorando, è la “fotosintesi artificiale”, capace di ottenere idrogeno da anidride carbonica e acqua. Chissà se un giorno ci si arriverà? L’energia intanto, è bene imparare a risparmiarla, come le altre risorse del pianeta. Perché non c’è nessun’altra “astronave”, nell’universo, in cui sia possibile la vita.

## 1 Introduzione

**Don Federico Sorrenti:** questo incontro si inserisce in un progetto di più incontri, disponibili in video e audio su Internet. Sulla pagina *Facebook* di Passiogiovani si possono scrivere dei commenti, dire se vie è piaciuto, lanciare qualche riflessione.

Entriamo nell’argomento di oggi: *Sviluppo umano, sete di energia*. Le scuole che frequentate vi mettono a contatto con questi temi, e avete la formazione necessaria per comprendere questo tipo di tematiche. Il dott. Armaroli è un personaggio che insegna queste cose a livello nazionale. Laureato in chimica, si è perfezionato in Italia e all’estero, e oggi è primo ricercatore al Consiglio nazionale delle ricerche.

**Nicola Armaroli:** Buongiorno a tutti, ringrazio gli organizzatori di questa bellissima iniziativa e don Federico per la presentazione. Oggi parleremo di un tema caldo, le cose che dirò sono presenti in questo libricino, *Energia per l’astronave terra*, che ho scritto tempo fa con un mio collega.

## 2 La terra, una “astronave” con passeggeri in costante aumento

Un’astronave. Perché chiamiamo così la terra? Vista a 6 miliardi di km di distanza è un puntino azzurro nel nero, che ci dà l’idea di come la terra sia l’unica “capsula” in cui è possibile sviluppare la vita. Siamo “prigionieri” del nostro pianeta, ogni ipotesi di andare a vivere altrove sarebbe assolutamente velleitaria. La “capsula” che ci avvolge è la *biosfera*: una sorta di piccola pellicola di 3-4 km in cui possiamo vivere. Siamo confinati nella capsula di questa astronave, che è spessa un quattrocentesimo del raggio della terra.

I passeggeri dell’astronave siamo noi, in crescita costante, che si è fatta vertiginosa – per varie ragioni, che meriterebbero un’altra conferenza – dal 1950 a oggi. La maggior parte delle persone vivono nella zona disagiata del pianeta, quasi 9 miliardi, mentre solo poco più di 1 miliardo di persone vivono nei paesi agiati. Al tasso attuale la crescita della popolazione mondiale è di 220 mila persone in più ogni giorno: come dire che ogni giorno ci sono due nuove Novara.

## 3 Le risorse per la vita, preziose e limitate

Conoscete la tavola degli elementi, ma se la riaggiustiamo per capire quanta disponibilità ce n’è sulla terra, la cosa è più interessante: capiamo quanta disponibilità c’è nella stiva di queste cose che ci servono.

E poi c’è l’acqua, che qui da noi, specialmente nel nord dell’Italia, non è – ancora – un problema. Solo il 3% dell’acqua presente sul pianeta è potabile. La maggior parte dell’acqua infatti è salata, il resto è nel sottosuolo, e quella a noi disponibile è quella presente in superficie, nei laghi e nei fiumi. Solo una percentuale è a noi disponibile. Per questo non si deve sprecare.

Il suolo, visto in sezione, ha mezzo metro di parte superficiale che è autenticamente fertile e nutritiva per le piante. Se asporti questo strato superficiale nutritivo, ti giochi il suolo, come è già accaduto ad alcune civiltà, che si sono giocate quel mezzo metro nero, senza il quale c'è il deserto (come il fenomeno del *dust bowl* in USA negli anni '30, *ndr*). Ma un altro modo per giocare il suolo è “cementificare”: prima o poi devi fare i conti con la riduzione del terreno coltivabile e con il fatto che poi abbiamo bisogno di mettere alimenti sulla tavola per mangiare.

Abbiamo di fronte a noi un compito immane: realizzare la seconda rivoluzione verde, per dare da mangiare alla nuove persone che nasceranno, con l'incremento demografico. Nel 2050 il fabbisogno alimentare sarà raddoppiato. È un problema enorme, di cui parlano le prime pagine dei giornali internazionali (non in Italia, in cui si parla di altri temi... molto più interessanti!).

## 4 “Schiavi energetici” e fonti di energia

Le terre coltivabili sono aumentate del 30% nel secolo scorso, raddoppiando i raccolti di 6 volte, ma la spesa energetica nell'agricoltura è aumentata di 80 volte. Qualcuno per questo dice che crediamo di mangiare e bere frutta, grano ecc., ma in realtà... mangiamo petrolio! Un trattore di 246 kW sviluppa la potenza di circa 5000 persone, “concentrate” in pochi metri cubi. È come vivere una sorta di vita da imperatore, con una serie di schiavi al nostro servizio. E uso per questo come unità di misura la potenza sviluppata dall'uomo con la sua muscolatura. Perché è l'energia che è stata da sempre usata nell'antichità, l'unica disponibile prima della scoperta delle altre fonti di energia. Ogni uomo può erogare circa 80 W continuamente (da 50 a 100 W). Con questo metro di paragone, si ha che per usare un computer ci vuole la potenza erogabile da due persone (come se quando usiamo il computer tuo fratello e tua sorella dovessero pedalare per te!), e per far funzionare una lavatrice occorre la potenza muscolare di 15 persone, per far funzionare un'automobile è come se avessi davanti che tirano 1600 persone. E con un *boeing 747-400* al decollo con su 400 persone ci vogliono 1,6 milioni di schiavi energetici: come se tutti i milanesi si fermassero e iniziassero a pedalare.

È un'energia che abbiamo a disposizione facilmente, con un *click* su Internet, con cui possiamo prenotare un volo aereo. Questi schiavi virtuali sono i legami chimici del kerosene che stanno nel serbatoio della macchina e dello *scooter*. Non è sempre stato così. Nei 5000 anni che ci precedono il consumo energetico umano è aumentato in modo impercettibile, ma scoprendo il petrolio i consumi sono cresciuti vertiginosamente. È come se avessimo vinto una lotteria: siamo capitati in un periodo fortunatissimo, con grandissima disponibilità di energia! Ma c'è un problema: questo *input* energetico viene da fonti non rinnovabili, e se non troviamo un'alternativa, siamo destinati a tornare indietro e vivere come si viveva centinaia d'anni fa, se non troviamo un diverso sistema energetico.

Il consumo mondiale di energia primaria riguarda per più dell'80% i combustibili fossili, poi c'è un 10% di biomasse (legna ecc., che la gente si va a procurare), 5.8 di nucleare e il resto le rinnovabili, che per fortuna stanno crescendo molto velocemente. I combustibili fossili sono presenti per la maggior parte in una “ellisse strategica” dell'energia comprende 16 nazioni, nel cui sottosuolo si è concentrata per ragioni geologiche precise. È il perno di fragilità di nostro mondo, per cui sentiamo ogni giorno parlare di quel deserto pietroso che è l'Afganistan (in cui nient'altro c'è come risorsa, se non il petrolio), ma non sentiamo mai parlare dell'Africa.

La Cina sta crescendo vertiginosamente come potenza economica. Lo si vede dai consumi energetici: ora è pari agli USA. Ma ogni individuo consuma molta meno energia che in USA, ma se il tenore di vita salirà anche in Cina... manderemo a carte 48 il nostro pianeta, se non stiamo attenti!

## 5 Quanto costa l'energia?

Il petrolio è troppo caro o no? Oggi costa 87 \$ al barile il petrolio grezzo, cioè 0,42 euro al litro. È meno caro dell'acqua minerale. Il costo della benzina è di 1.4 euro/litro, ma con il 65% di tasse. La benzina costa meno dell'acqua fresca. Si tiene basso il prezzo, perché senza non potremmo vivere. È vero che pagate la bottiglia, il tappo e la pubblicità, e l'acqua non costa niente – e questo potrebbe essere uno spunto per riflettere sul nostro modello di consumo. Ma spendete di più che a comperare benzina. In pizzeria spendete per una pizza tra 10 e 15 euro. E per farvi una doccia calda, spendete 0,10 euro, proprio a esagerare, con acqua caldissima e standoci sotto un sacco di tempo. E con 8 ore davanti alla tv spendete 0.20 euro di elettricità, che tutti si lamentano essere così cara. L'energia in realtà non costa niente, è letteralmente regalata!

Dagli anni '30 agli anni '80 si sono scoperti nuovi giacimenti in abbondanza di petrolio, ma poi sempre meno e per il futuro le speranze di trovarne ancora grandi sono sempre minori, mentre contemporaneamente i consumi salgono. Ci sono nuovi giacimenti, ma come quelli in Brasile, difficilissimi da raggiungere, nelle profondità marine. Occorre perforare sempre più giù, con il rischio che succeda come nel Golfo del Messico: il tubo si spacca, e ci rendiamo conto che non siamo capaci, con la tecnologia a disposizione, di tappare il buco, e devastiamo l'ecologia del mare.

E poi c'è il problema dell'inquinamento. Basta guardare i ghiacciai, per rendersene conto. Non occorre confondere il meteo con il clima, come si fa nelle chiacchiere da bar, sulle quali si discute del riscaldamento globale commentando il freddo patito nell'ultimo inverno. Sono i ghiacciai i rilevatori del *trend*, e stanno tutti regredendo. Il pianeta si sta scaldando. È un fatto. A cosa è dovuto? Il massiccio consumo dei combustibili fossili altera il clima. Perché? L'automobile brucia il combustibile liquido, ma non se lo "mangia": lo trasforma in anidride carbonica, un gas che è molto discreto e sfugge ai nostri sensi. La sua concentrazione in atmosfera aumenta, accrescendo l'effetto serra, un effetto naturale che conserva il calore sulla terra. È come quando lasciamo la nostra auto chiusa sotto il sole: la radiazione solare visibile entra e la radiazione non visibile emessa dall'interno dell'auto non esce, e il calore resta intrappolato. In emissioni di anidride carbonica la Cina ha superato gli USA. Noi in Europa riduciamo le nostre produzioni industriali, ma perché in realtà le portiamo in Cina, che produce molte merci per noi. Quindi non c'è da stupirsi che se noi riduciamo le emissioni, loro le aumentano... Effetti perversi della globalizzazione!

## 6 Fonti di energia: esauribili e inesauribili

L'attuale sistema energetico insomma è insostenibile. Ma quante opzioni abbiamo per cambiare? Abbiamo 5 opzioni per reperire energia. I combustibili fossili e l'energia nucleare (con uranio o torio). Ma sono entrambe esauribili, senza prospettive infinite. Ma per fortuna ci sono le risorse energetiche, inesauribili: finalmente buone notizie! Sono il calore del sottosuolo (energia geotermica) e l'energia gravitazionale (iterazione terra-luna, maree), e l'energia solare diretta e indiretta (fotovoltaico, eolico, idroelettrico, biomasse). L'energia solare ha la caratteristica di essere

l'unica veramente di origine extra-terrestre: l'entropia per crearla si produce a distanza (a 150 milioni di km di distanza, con fusione nucleare, lontano da noi), e qui abbiamo solo il prodotto finito.

## 7 Energia nucleare: una reale alternativa?

Parliamo di energia nucleare. Sulla carta è fantastica. Per una centrale da 1000 MW bastano in un anno 25 ton di barre di uranio arricchito, contro –a parità di energia prodotta– 2,5 milioni di ton di carbone, cioè centinaia di camion. Ma come al solito, non ci sono situazioni facili. L'energia nucleare è cresciuta nel tempo, e poi si è stabilizzata. L'età delle centrali e dei reattori del mondo è in media di 44 anni, e la maggior parte di esse hanno 26 anni, sono poche quelle nuove. E le cose vecchie – come insegna l'esperienza – cominciano ad avere problemi. Nel mondo stanno costruendo 60 nuovi reattori, ma 20 sono in costruzione da più di 20 anni. Quindi non ci sarà un vero rinascimento nucleare. Perché è passato di moda il nucleare? Gravi incidenti hanno ridotto la sua accettabilità sociale: nessuno vorrebbe una centrale nucleare costruita vicino a casa sua! E poi c'è stata la liberalizzazione dei mercati energetici. L'Enel era dello stato, che controllava il mercato energetico, ma ora il mercato è liberalizzato. Ma gli investimenti nucleari sono talmente elevati, che le aziende non vogliono investire, nessuna impresa privata vuole rischiare in questo settore che in caso di incidente avrebbe costi esorbitanti: è l'industria più a rischio del mondo! È un'energia da Unione sovietica, non da mondo libero. In Italia si cerca di proporre centrali nucleari come quelle finlandesi, che però sono un *flop*. In Finlandia nel 2000 hanno avuto permessi per costruire centrali nucleari, con inizio produzione previsto per il 2009, ma rimandato al 2013, con sfioramento del budget del 75%... È un fiasco questo progetto, e non è un segreto: sono cose note alla comunità internazionale, ma in Italia bisogna dire che è un grande successo industriale. E chi produce l'uranio oggi? Il Kazakistan (paese non propriamente stabile politicamente), Australia e Africa. Ma nessun paese europeo, e tantomeno l'Italia. Quindi se pensiamo che con il nucleare saremo energeticamente indipendenti, sbagliamo tutto. Abbiamo pochissimo uranio, in Italia, meno ancora dei combustibili fossili.

E le scorie? Negli anni '80 gli americani hanno individuato un sito di stoccaggio con sicurezza per 10 000 anni, la Yucca Mountain. Realizzare questo deposito è costato un'enormità, si è promesso di aprirlo varie volte tra il 1998 e il 2000, ma si è cancellato il progetto nel 2009: trasportare lì le scorie porrebbe problemi di sicurezza grandissimi. E di depositi come quello di Yucca Mountain ce ne vorrebbe uno ogni due anni per smaltire le scorie prodotte in tutto il mondo...

Ma fare centrali nucleari dove? Non è da tutti. In Iran non rischierei di farle. E come decidere all'ONU chi sono i paesi buoni e quelli cattivi, quelli che possono realizzare centrali nucleari o no? Vi immaginate che discussioni e incidenti diplomatici internazionali nascerebbero se si volesse fare questo tipo di distinzioni? Poi occorre tenere presente che la filiera del nucleare occorre salvarla per secoli, ma nel giro di pochi decenni uno stato può cambiare molto, come l'Italia che prima era uno stato canaglia mentre oggi è una democrazia pacifica, e quindi un paese affidabile ci mette poco a correre il rischio di usare il nucleare per scopi nefandi.

ElBaradei, capo della Agenzia internazionale per l'energia atomica diceva che ci sono stati nel 2007 ben 250 furti di materiale nucleare nel mondo... Quindi una notevole quantità di materiale

nucleare che non si sa che fine abbia fatto, e che potrebbe essere usato chissà come, chissà quando. Più c'è in giro di questa roba, più pericoli ci sono. Ed è noto che i traffici illeciti di questi materiali sono in mano alla malavita. Non dobbiamo mai dimenticarci che non viviamo in un mondo ideale, ma reale, in cui dieci anni fa, l'11 settembre 2001, sei criminali armati da taglierino sono riusciti a devastare il centro di New York. Siamo in un mondo fragile, e avere a disposizione un'energia così pericolosa come quella nucleare non si può sapere a quali rischi può esporci.

## 8 Energia solare: ma basterà davvero?

Si dice anche che l'energia solare non basterà. In realtà il fabbisogno di energia mondiale è di 15 TW, contro 170 000 TW che il sole manda sulla terra. Non è un problema di quantità, ma di "diluizione". Con una centrale di potenza che brucia combustibile fossile, in poco spazio facciamo tanta energia, con molta densità. Mentre usando tecnologie solari dirette e indirette c'è molto meno densità di energia. Grazie!, ci viene da osservare, sennò saremmo tutti inceneriti! Come conseguenza abbiamo che non riusciremo mai a far funzionare un ospedale con i pannelli messi sui suoi tetti: lì consumiamo troppa energia per produrla tutta in loco.

Come concentrare l'energia solare? Si possono usare collettori parabolici, installati in zone deserte, scaldando liquido in un tubo messo nel fuoco della parabola, e usare questo liquido per produrre elettricità. Oppure si possono usare torri solari in cui si concentra l'energia solare inviata da un parco di specchi. Non possiamo radere al suolo Novara per farlo, ma ci sono zone adatte. In Spagna stanno partendo le torri solari, installate in territori adatti. E poi c'è l'elettricità solare, ci sono sempre più pannelli fotovoltaici. In questi pannelli niente si muove tranne gli elettroni, e quindi per 25 anni funzionano, pur calando un po' di efficienza. La parte attiva è sottilissima, spesso qualche centinaio di micron (cioè qualche frazione di millimetro). Si produce sempre di più elettricità in questo modo in Italia, ma soprattutto in Germania. Ma quanti pannelli fotovoltaici installare? Se volessimo soddisfare il 100% del fabbisogno energetico dell'Italia con il fotovoltaico (ma solo come ipotesi teorica, perché in realtà affidarci a una sola fonte di energia sarebbe tutt'altro che saggio!) dovremmo ricoprire 2400 km<sup>2</sup> di territorio, cioè come la Provincia di Piacenza – ma non nel senso che voglio radere al suolo questa provincia! E se ci accontentassimo del 5 - 10%, che andrebbe benissimo, basterebbe usare i tetti dei capannoni industriali già presenti in Italia. E poi questa energia elettrica ottenuta con i pannelli fotovoltaici si può produrre su piccola scala per scaldare l'acqua in casa, al 100% d'estate e in grande percentuale di inverno. Inoltre l'energia solare che va bene anche per i poveri, che possono usare ad esempio il cosiddetto *forno solare*, che cambia la vita da così a così, evitando di andare a prendere legna ogni giorno nella savana rischiando la vita. Il nucleare i poveri non potranno mai permetterselo, perché non hanno tecnologia né per costruire le centrali né per gestirle, ma l'energia solare sì!

## 9 E oltre al sole?

E poi ci sono i biocombustibili. Consumiamo tantissimi combustibili come fonte di energia, ne facciamo uso più dell'elettricità. Oggi bruciamo benzina, ma si può bruciare bioetanolo, biodiesel... Ma provengono da sostanze edibili, e per questo in luoghi dove il cibo scarseggia. E allora come fare? Oggi la strategia è usare luce solare per produrre piante ricche di carboidrati, da cui ricavare

combustibili. Per migliorare il procedimento – salvaguardando le sostanze alimentari –, bisogna intervenire per separare “la pannocchia dallo stelo”, e bruciare solo quest’ultimo per produrre energia.

Ma se si riuscisse a passare direttamente dalla luce solare al combustibile, senza passare dai carboidrati? Cos’è una magia?, un miracolo? No, ci sono microorganismi che riescono a farlo. Ma il meglio che si sta cercando di ottenere è la *fotosintesi artificiale*, che è come il *Santo graaal* della ricerca chimica. Dall’acqua e dall’anidride carbonica, iniettando energia, produrre metano ed etanolo. Qui c’è moltissimo da ricercare, con opportuni investimenti. Sarebbe un processo circolare, chiuso. La fotosintesi è il segreto della vita, perché ricicla, usando solo il sole come fonte esterna. Potrebbe essere un sistema sostenibile all’infinito. Mentre quello dei combustibili fossili è aperto, richiede sempre di cercare nuovi pozzi, perché gli scarti della combustione non tornano ad essere mattoni con cui costruire risorse per alimentare il fabbisogno di energia.

## 10 Riassumendo...

Quaranta anni fa c’era una missione spaziale americana, l’Apollo 13, che voleva andare sulla luna ma non ci arrivò mai: l’astronave stava perdendo ossigeno! Con i nervi saldi, fortificati da apposito allenamento, il comandante che stava per morire disse semplicemente: “abbiamo un problema”... Come riportare a terra questi uomini? Una conquista tecnologica incredibile messa a punto per l’occasione riuscì a salvarli.

Ma anche noi abbiamo i nostri guai. A meno di pandemie – che non ci auguriamo! – di qui al 2050 la popolazione aumenterà di 2 miliardi, e la domanda di cibo è destinata a raddoppiare. Insieme con il consumo di energia. Con aumento conseguente di pressione sulle risorse naturali. La disponibilità di energia sostenibile può alleviare alcuni dei nostri problemi. Ad esempio consentendoci di avere nuova acqua, dissalando quella salmastra. E consentendoci di produrre altro cibo. E anche di curare la salute che costa tantissima energia, con le case farmaceutiche, che sono tra le aziende più “energivore”. Riciclare i rifiuti al 100 % non si può, ma occorre aumentare ancora la nostra capacità in questa direzione. L’energia poi – non dimentichiamolo! – non risolve tutti i problemi: se tagliamo tutte le foreste, produciamo energia, ma non riusciamo a ripiantare le foreste. Lo stesso vale per il suolo, e per i mari, che si stanno svuotando di pesci (ma... sono muti, e nessuno li sente!), e con la fotosintesi artificiale non li ripopoliamo! Quindi la prima cosa da fare è ridurre i consumi e gli sprechi. Cosa potete fare per consumare meno e vivere lo stesso bene? Qual è una cifra dignitosa di energia annuale da spendere a testa? 60 GJ, che è l’energia che ci consumava mediamente negli anni 70 in Italia, e si stava bene. Non è che consumando sempre più energia si sta meglio. Oggi in Europa si consumano annualmente 150 GJ per persona in media, cioè circa il triplo.

Ad esempio: il treno giapponese Shinkansen consuma 5 volte meno di un aereo, con 400 km/h di velocità, e ritardo medio di 5 s, e ha trasportato 6 miliardi di persone con zero incidenti. In Europa un’esuberante viaggiare in auto, con morti e feriti ogni anno, e la spesa energetica è 5 volte più grande: è la dimostrazione che spendere più energia non fa necessariamente vivere meglio!

In USA si spendono 3 miliardi di dollari anno per ricerca energetica, ma è meno di due giorni di spesa del Pentagono. È chiaro che dirottare i soldi da una destinazione all’altra non si può fare dall’oggi al domani, ma occorre riflettere: è meglio spendere per difenderci dagli attacchi di un potenziale nemico (e quale?) o dai problemi energetici, ben noti e ineludibili?

Ci sono tutte le risorse per poter consumare solo energie rinnovabili. Ma bisogna farlo presto, sennò poi sarà un disastro e un trauma.

La terra è un'astronave con molti problemi, ma che si possono risolvere con risorse "extraterrestri". Lo facciamo già con i satelliti dei cellulari, che funzionano con pannelli fotovoltaici!

E ricordiamoci che ignoranza, spreco, e disprezzo dei limiti fisici della biosfera non possono essere superati da nessuna tecnologia. Occorre crescere in conoscenza e responsabilità.

## 11 Dibattito

**Domanda:** quanto costa installare un pannello solare? E si rientra nei costi?

**Nicola Armaroli:** è verissimo, costa un sacco di soldi, e un pensa: non me lo posso permettere. Pensiamo però per assurdo di mettere 100 GW di pannelli fotovoltaici, cioè 2 volte ciò che occorre per soddisfare la domanda elettrica media: costerebbe 400 miliardi di euro, e l'investimento non dovrebbe essere ripetuto se non dopo 25 anni. In Italia però si vendono come minimo 2 milioni di nuove auto (se se ne vendono di meno, si grida alla crisi!); se costassero 15 000 euro anno ciascuna, sarebbero 30 miliardi di euro. Abbiamo poi 36 miliardi di auto in circolazione, che costano mediamente 3000 euro/auto tra assicurazione e manutenzione: il totale è di 108 miliardi di euro, che sommato ai 30 miliardi per l'acquisto delle nuove auto dà una cifra complessiva di 138 miliardi di euro, che vengono spesi ogni anno, per mantenere il nostro parco auto. La conclusione è che si spende per ciò che ci interessa! Con 400 miliardi di euro staremmo bene per 25 anni! La battaglia culturale è fare capire alle persone, a cominciare dalla vostra generazione, che occorre spendere i soldi, ma con intelligenza. Non è uno sforzo così assurdo. E poi se si comperano tanti pannelli fotovoltaici, i loro prezzi crolleranno, e si spenderà molto meno.

**Domanda:** auto a idrogeno, i loro brevetti sono comperati dalle grandi aziende automobilistiche per non produrle...

**Nicola Armaroli:** non credo tanto a queste teorie sul Grande fratello... Ma certo, è indubbio che le compagnie petrolifere sperano di vendere tutte le scorte di petrolio, per ripagare il più possibile tutti gli investimenti fatti per la loro estrazione e raffinazione. Ma quando la tecnologia arriva, e si ha una transizione epocale, questa spazza via tutto! Gli allevatori di cavalli se la ridevano delle prime automobili, ma le auto hanno preso inesorabilmente il sopravvento! Come il cellulare, che negli anni 90 era una cosa per ricchissimi, e oggi te lo regalano con le patatine! Quando una tecnologia diventa dirompente, spazza via tutto, non c'è santo che tenga! Le auto a idrogeno oggi viaggiano con idrogeno che non è ancora frutto di processi riciclabili, ma con processi che consumano combustibili fossili. Ritengo che il cambiamento sia inevitabile.

**Domanda:** sulla fotosintesi artificiale a che punto è la ricerca?

**Nicola Armaroli:** si tratta di produrre dall'acqua lo ione  $H^+$ , con ossidoriduzione. Siamo capaci di fare due semicellule per riuscirci, ma accoppiarle è difficile. Negli anni '70 il petrolio costava tanto, e si è iniziato a lavorare in questo campo, raggiungendo in breve grossi progressi, ma per 25 anni poi si è smesso di ricercare – perché il prezzo del petrolio è calato. Poi da 4-5 anni a oggi si è riusciti a riprendere questo tipo di ricerca, perché ora ci sono problemi strutturali – non più politici – che determinano l'ascesa del prezzo del petrolio.

L'errore umano non è mai escluso, anche con la migliore tecnologia, e quindi il Golfo del Messico e Chernobill si possono ripetere! La tecnologia solare o eolica ha il vantaggio che un terrorista con una pala eolica o un pannello fotovoltaico può fare dei grandi danni. Non si riesce ancora a fare guerra con armi solari, e questo è una garanzia. E l'energia solare è distribuita in modo abbastanza uniforme, nelle fasce temperate, in cui vive la maggior parte delle persone.

Termini Imerese sarà riconvertito a energie solari. Questa è una notizia.

Nucleare e automobile sono tecnologie vecchie, del XX secolo, hanno già dato. I governi non ci puntano per niente, salvo l'Italia. La Germania è un paese pragmatico, è uno dei loro pregi. Hanno sviluppato nel passato recente una filiera nucleare esclusivamente civile, e 10 anni fa hanno deciso di uscire dal nucleare, per puntare tutto sulle energie rinnovabili, di cui sono *leader*. Gli svantaggi nell'usare il nucleare sono risultati superiori ai vantaggi, e quindi non vogliono proseguire, ne sono usciti. L'Italia ha abbandonato il nucleare quando se lo doveva tenere, chiudendo le centrali che c'erano già lì. Anche noi abbiamo sviluppato l'energia nucleare solo a scopo civile, mentre la Francia – non dimentichiamolo – è la terza potenza nucleare mondiale a livello bellico, e ha prodotto le centrali come sottoprodotto. L'unico governo occidentale che sta puntando su questa tecnologia, che dovremo importare dalla Francia – perché in Italia nessuno è in grado – e non abbiamo i soldi. È una filiera che non può pagare il privato, ma deve farlo lo stato, che non ha più neanche i soldi per pagare i soldi dei gessi nelle scuole. Io faccio ricerche perché vivo di fondi europei, ma molti colleghi stanno chiudendo. È un settore in cui stiamo iniziando da zero e che forse tra 20 anni avremo le centrali... Il problema è che in Italia si è detto 25 anni fa a dei professionisti: "basta". E per questo ci sono un sacco di colleghi che sperano che si possa riparlare. Si rifiutò il nucleare per una scelta a quel tempo stupida, perché era un settore che allora non si era dimostrato che fosse negativo; e oggi non ha senso tornare indietro, non lo fa nessuno. Si può fare, ma non ha senso.

**Domanda:** grazie mille per l'offerta di giudizio critico argomentato che in un'oretta e mezza ha messo in crisi tutti i luoghi comuni, perché di solito non si capisce niente e poi si dice: chi se ne frega. Dal punto di vista pedagogico, sia sui giovani che sui media, quanto si sta facendo fare in Italia, cosa si può fare per coscientizzare su queste cose?

**Nicola Armaroli:** sono circa 10 anni che sto facendo – nei ritagli di tempo – questa attività. Certamente l'interesse è cresciuto in questi anni. I ragazzi capiscono che sono problemi che non riguardano altri, ma la loro generazione. Per gli adulti di oggi... Con mia nonna, che viveva una vita modesta, era naturale dire queste cose, ma con mia mamma, che ha vissuto nel clima del consumo senza limiti... Negli anni 50 si costruivano case con muri sottilissimi, perché si pensava che lì arrivava poi un cavo per poter agire sul microclima. Gli insegnanti sono afflitti come i ricercatori, ma come insegnanti, genitori e cittadini abbiamo qualche responsabilità in più. Accettare di tenere il condizionatore spento d'estate, se non c'è proprio caldo iper-torrido, ad esempio. Imparare a spegnere la luce se non è inutile... forse riusciamo a educare le generazioni più adulte grazie ai piccoli. E dal punto di vista politico, mi è capitato di andare in Senato a parlare di queste cose, e vedi senatori sinceramente interessati. Non sanno niente, purtroppo, come quando si vede quando le iene li vanno a intervistare, problema di cultura della classe politica, e poi ci sono le linee di partito che prevalgono, con disciplina di partito. Le rinnovabili di sinistra e il nucleare di destra? È assurdo, solo in Italia è così. Non esiste destra e sinistra su questi temi, ma il pragmatismo.

Don Federico: Grazie al dott. Armaroli, per un contributo di altissimo livello, che ci chiama in causa. Dobbiamo tenerci formati, non disposti a bere tutto quello che ci viene detto su questi argomenti. A questo scopo ci sono pubblicazioni sue e di altri. È un tipo di studio e di informazione che ci fa bene coltivare. Se per primi vi fate promotori, per fare conoscere in giro e sensibilizzare i coetanei è quel po' che possiamo fare tutti, per essere responsabili e fare crescere la coscienza critica su queste tematiche.