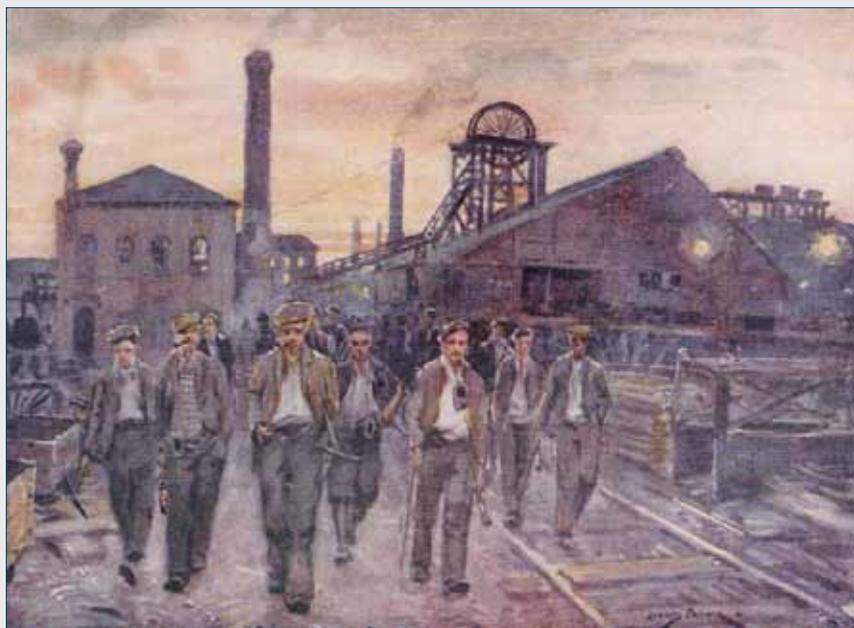


FLASHBACK

PAGINE DI STORIA



Gerald Palmer (1914): Uomini che lasciano la miniera prima della Grande Guerra

Marco Taddia
Dipartimento di Chimica "G. Ciamician"
Università di Bologna
marco.taddia@unibo.it

IL DILEMMA ENERGETICO E I CHIMICI DEL PRIMO NOVECENTO

L'impegno dei chimici sul fronte energetico è di lunga data, almeno da quando l'umanità ha cominciato ad utilizzare a dismisura i combustibili fossili, fonte di energia abbondante e a basso prezzo, accorgendosi presto che questi non potevano durare per sempre.

Volendo fare previsioni sul nostro futuro energetico in base al numero di scienziati che oggi si occupano di energia, reperimento di nuove fonti e migliore utilizzo di quelle tradizionali, potremmo dormire sonni tranquilli. Meglio tuttavia non abbassare la guardia, anche perché le parole superano quasi sempre i fatti, come dimostra l'inflazione di convegni, conferenze e simposi sull'argomento. Il sito "Conference Alerts", che riporta le conferenze in programma in tutto il mondo per il 2013, ne elenca ben 158 e, per il solo mese di settembre 2013, almeno tredici. Purtroppo, almeno per ora, l'obiettivo di conciliare il progresso tecnico-industriale e il benessere economico con l'ecologia sembra ancora lontano e la crisi che investe molti Paesi pone limiti severi alle nostre speranze.

Tra gli scienziati, i chimici hanno un ruolo di primo piano nelle ricerche volte a scongiurare futuri black-out energetici ma, come vedremo, il loro impegno sul fronte energetico è di lunga data e risale almeno ai primi del Novecento. Nel biennio 1911-12 furono almeno tre i chimici di fama in-

ternazionale che intervennero pubblicamente sul tema delle risorse energetiche: il britannico William Ramsay (Glasgow, 1842 - High Wycombe, Bucks., 1925); il tedesco Carl Engler (Weisweil, 1852 - Karlshue, 1916); l'italiano Giacomo Ciamician (Trieste, 1857 - Bologna, 1922). Non si prenderà in considerazione, per ragioni temporali, il contributo del premio Nobel Frederick Soddy (1877-1956) da molti considerato il "padre" dell'economia ecologica.

All'inizio del Novecento al centro dell'attenzione vi era il carbon fossile, combustibile che allora dominava il mercato, poi superato dal petrolio. Al carbone e al petrolio è indissolubilmente legato anche il fenomeno delle cosiddette "crisi energetiche", ossia i periodi di penuria e conseguente depressione economica più o meno prolungati nel tempo. Le due principali crisi che interessano i combustibili fossili si sono verificate nel 1873 per il carbone e nel 1973 per il petrolio [1]. Fino al 1870 circa, il prezzo del carbone si era mantenuto più o meno a livelli stabili, a parte un incremento dell'ordine del 15% tra il 1855 e il 1859.

Lavoro presentato alla 9ª Conferenza Internazionale per la Storia della Chimica (Uppsala, 21-24 agosto 2013).



Fig. 1 - William Stanley Jevons (1835-1882)

Tuttavia era chiaro, almeno agli osservatori più attenti, che non si poteva continuare a fare affidamento solo sul carbone, risorsa destinata inevitabilmente all'esaurimento. Lo si era capito dalle riflessioni di alcuni economisti, in particolare dalle analisi di William Stanley Jevons (Liverpool, 1835 - Hastings, 1882) (Fig. 1).

Nel 1865 vide la luce il suo libro "La questione del carbone" [2]. Jevons metteva in luce il valore senza pari del carbone per il suo Paese, prevedeva l'aumento esponenziale della domanda, metteva in guardia sul progressivo esaurimento delle riserve, richiamava la teoria di Malthus, si occupava dei limiti della crescita economica, dei rimedi e, infine, esortava alla responsabilità sociale nei periodi di prosperità. Enunciava anche il suo famoso paradosso "It is wholly a confusion of ideas to suppose that the economical use of fuel is equivalent to a diminished consumption. The very contrary is the truth". Per quanto riguarda le previsioni, secondo i calcoli di Jevons, le riserve britanniche non sarebbero bastate nemmeno un secolo e, nel frattempo, l'economia nazionale avrebbe subito un rapido declino. Gli avvertimenti di Jevons tornarono alla mente di molti circa cinque anni più tardi. In tre anni (1871-1873) il prezzo medio del carbone aumentò del 42% e, in alcune zone, raddoppiò. Il coke era la principale fonte di energia industriale (75% dei consumi) e il suo prezzo ne fu particolarmente influenzato. Le cause di quella crisi sono da ricercare nell'inadeguatezza dell'offerta rispetto alla domanda. Questa era alimentata soprattutto

dall'industria siderurgica che nel periodo 1870-1875 vide espandersi fortemente le proprie attività e mutare i sistemi produttivi. Un esempio fu l'introduzione dei forni Martin-Siemens (1850-1865) (Fig. 2) e dei convertitori Bessemer (Fig. 3). Anche la navigazione a vapore, divenuta la forma generalizzata di trasporto a partire dal 1870, incrementò i consumi. Nella sola Francia, dai 514.000 quintali del 1869 si passò agli 11.590.000 quintali del 1871. La crisi del 1872-1875 fu superata grazie alle innovazioni industriali che permisero di risparmiare energia e quindi di abbassare consumi e prezzi. Essa rivelò comunque le debolezze strutturali del "sistema energia" basato sul carbone, esattamente come quella petrolifera del 1973. Specialmente in Gran Bretagna si intensificarono le indagini sulle riserve di carbone.

La *Royal Commission on Coal Supplies*, ad esempio, le stimava (1905) pari a ca. 98.000 milioni di tonnellate. Se ne occupò anche *The British Science Guild* (BSG) una società composita (meglio dire una lobby), fortemente voluta dall'astronomo Norman Lockyer (1836-1920), primo *editor* di *Nature*. La BSG assumerà negli anni un ruolo più politico della *British Association for the Advancement of Science*, fondata nel 1831 e di cui si parlerà più avanti. Le due associazioni si unirono nel 1923.

La BSG istituì un *Energy Committee* che, sotto la presidenza di William Ramsay, elaborò un documento intitolato *Conservation of Natural Sources*, in cui venne esaminata la situazione con riferimento alle riserve disponibili. Un mese dopo la pubblicazione del rapporto Ramsay fu istituita una *Royal Commission* che doveva indagare e riferire sulle riserve naturali dell'Impero. Non fu un bell'esempio di coordinamento, tant'è che *Nature* (31 ottobre 1912) deplorò che nessun membro del Comitato BSG per l'energia fosse stato chiamato a farne parte, così come ne rimasero fuori gli scienziati in genere. Stupisce, in particolare l'assenza di Ramsay. William Ramsay (Fig. 4) era professore di chimica generale presso lo University College di Londra da 1887. Nell'ultimo decennio del secolo compì le ricerche sui gas nobili

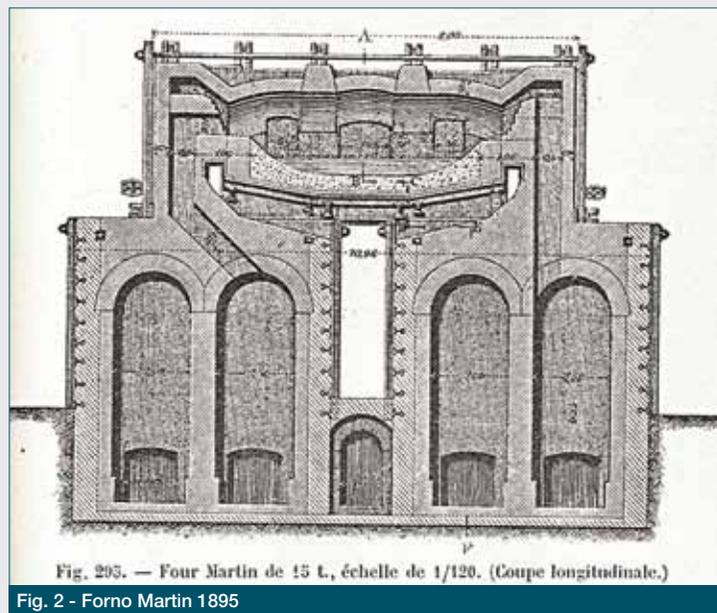


Fig. 2 - Forno Martin 1895

FLASHBACK

PAGINE DI STORIA

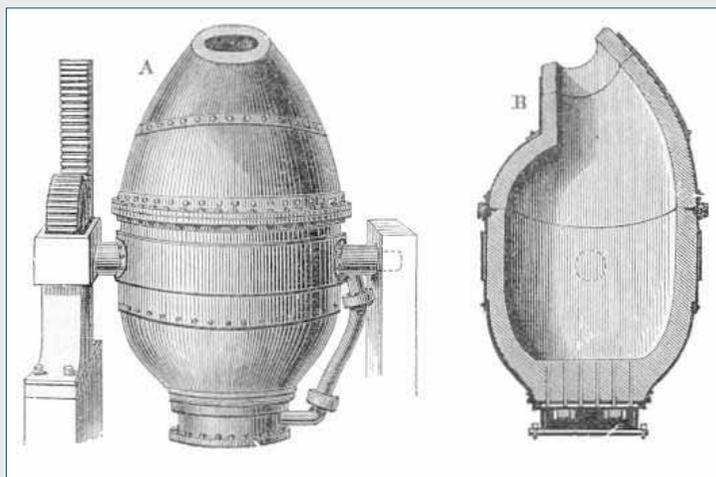


Fig. 3 - Convertitore Bessemer

che lo resero famoso e che gli valsero, nel 1904, il Premio Nobel per la Chimica. L'anno del Nobel fu quello in cui iniziò a dedicare meno tempo alla ricerca. Divenne un consulente assai richiesto in vari settori e intraprese anche attività di tipo imprenditoriale [3]. Come Presidente della *British Association for the Advancement of Science* pronunciò il discorso inaugurale del meeting di Portsmouth che si tenne nell'agosto 1911 [4].

Il discorso fu pubblicato da *Science* (8 settembre 1911) e occupa ben quindici pagine [5]. Ramsay iniziò volgendo lo sguardo al passato e facendo alcune considerazioni sui mutamenti intervenuti a livello tecnologico e scientifico nel mondo. Fece notare che la domanda posta all'arte ingegneristica non era più "Can it be done?" ma bensì "Will it pay to do it?". In sostanza la razza umana aveva ormai familiarizzato con le applicazioni della scienza e gli uomini erano pronti a credere a qualsiasi cosa si facesse in suo nome. Dopo questo affrontò il tema spinoso dell'istruzione tecnico-scientifica, della carenza di strutture e di insegnanti, spesso sottopagati, suggerendo i modi per porvi rimedio. A questa parte introduttiva, seguì la relazione sui progressi della scienza nell'anno precedente. Ramsay scelse di esporre qualche considerazione su "the ancient and modern views regarding the chemical elements". Partì dagli Antichi Greci, poi passò a Boyle, Lavoisier, Davy, Proust, Dumas per giungere infine a Mendeleev. Da qui, attraverso Becquerel, eccolo concentrarsi su Madame Curie e la scoperta del radio. A questo elemento e alle questioni del decadimento radioattivo dedicò molto spazio, con relative equazioni e dati sui tempi di dimezzamento. Cominciò parlando del Niton (oggi radon), primo prodotto del decadimento alfa del radio, poi passava al resto. Ramsay sembrava fortemente impressionato dall'enorme quantità di energia concentrata in una porzione di materia così piccola.

Aveva calcolato, fra l'altro, che se si fosse potuto sfruttare il calore liberato dalla disintegrazione del Niton questa, a parità di volume, sarebbe stata pari a tre milioni e mezzo di volte quella ottenuta dall'esplosione del gas tonante. Calcolò che se si fosse potuto utilizzare l'energia liberata da una tonnellata di radio in trent'anni, questa sarebbe bastata per agire da propellente di una nave da 15.000 tonnellate,

con macchine da 15.000 cavalli, alla velocità di 15 nodi orari, per trent'anni. Tutto ciò avrebbe richiesto un milione e mezzo di tonnellate di carbone. Visto che il radio e i suoi discendenti si decomponevano spontaneamente liberando energia, Ramsay si chiese se non avesse potuto farlo anche gli elementi stabili qualora fossero stati sottoposti a enormi forzature e, magari, ricorrendo a qualche catalizzatore.

Dopo queste considerazioni, Ramsay passò in rassegna i progressi fatti nel secolo precedente in termini di trasformazione dell'energia. Il lavoro delle macchine e la disponibilità di energia consentiva alle popolazioni delle isole britanniche di risparmiare parecchio lavoro manuale, così come gli schiavi consentivano agli Ateniesi di dedicarsi alla letteratura e alla filosofia. Ogni Ateniese aveva in media cinque schiavi che lavoravano per lui, mentre ogni famiglia britannica aveva una ventina di "schiavi" ai suoi comandi.

Lo aveva calcolato dal consumo di carbone ripartito tra nove milioni di famiglie composte mediamente da cinque individui. Purtroppo però, il carbone non era inesauribile. Negli ultimi quarant'anni i consumi erano costantemente aumentati, come testimoniato dai dati riportati nel *General Report of the Royal Commission on Coal Supplies* (1906). Considerando che le riserve britanniche erano stimate in 100.000 milioni di tonnellate si poteva prevederne il completo esaurimento nell'arco di 175 anni. Era evidente che l'esaurimento del carbone locale e l'aumento dei prezzi avrebbe compromesso non solo la supremazia e la

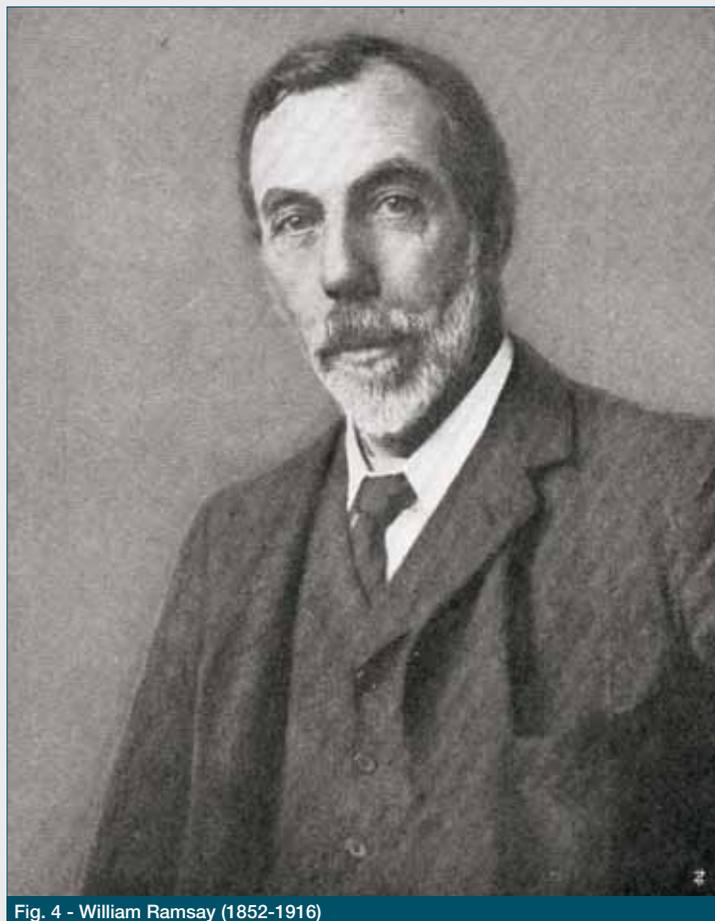


Fig. 4 - William Ramsay (1852-1916)



Fig. 5 - Carl Engler (1842-1925)

competitività britannica ma, con il tempo, avrebbe portato alla miseria e alla fame. Occorreva rivolgersi ad altre fonti di energia e, a questo proposito, Ramsay citò le conclusioni del Comitato BSG che aveva studiato il problema.

Gli esperti suggerivano di prendere in considerazione:

1. la possibilità di utilizzare le maree;
2. il calore interno della terra;
3. i venti;
4. il calore solare;
5. l'energia idraulica;
6. l'estensione delle foreste e l'impiego del legno e delle torbe come combustibili;
7. la possibilità di controllare la disintegrazione degli elementi, certa ma infinitamente lenta.

Ramsay dichiarò di non poter entrare nel merito della discussione ma si dimostrò piuttosto scettico sulla reale possibilità di risolvere i problemi energetici ricorrendo a tali mezzi, se non in maniera marginale. In particolare, osservò che il clima incerto e le basse temperature non portavano a sperare alcunché dall'energia solare, mentre sarebbe stato folle prendere seriamente in considerazione la possibilità di ricavare energia dalla trasformazione degli atomi.

Era convinto che non si potesse prescindere dal carbone e che occorre utilizzarlo in maniera più efficiente. Ecco come:

1. sostituendo le macchine a turbina con quelle reciprocanti;
2. sostituendo le macchine a turbina con macchine a gas;
3. generando la potenza sul luogo di estrazione della materia prima e distribuendola poi elettricamente;
4. sostituendo forni a coke con forni a recupero di calore;
5. sostituendo il carbone o il coke con il gas nella metallurgia, nell'industria chimica e in altre attività.

Seguivano altre indicazioni sul risparmio energetico e l'efficienza della combustione, come il controllo dei fumi, l'introduzione del riscaldamento centralizzato ecc.

La parte conclusiva della relazione conteneva una critica al comportamento collettivo e alla sordità della Nazione verso i richiami degli esperti. Cosa fare dunque? Dopo aver citato l'esempio USA in questo settore, Ramsay invocò interventi legislativi per punire gli sprechi, accompagnati da un'informazione adeguata sui vantaggi del risparmio energetico e da prestiti che potevano favorire l'adozione di adatti provvedimenti. Ribadì quindi che era necessario concentrare l'energia in forma di corrente elettrica per trasportarla a distanza e migliorare il rendimento delle macchine che trasformavano l'energia meccanica in energia elettrica. Aggiunse che era necessario ricorrere al gas e avvicinare le fabbriche alle miniere per risparmiare sui trasporti. Bisognava poi inventare qualcosa che permettesse di convertire direttamente l'energia contenuta nel carbone in energia elettrica. Rivolse poi un appello perché ci si dedicasse allo studio delle scienze pure, a prescindere dalle loro applicazioni, non sempre prevedibili a priori. Il discorso di Ramsay fu citato da vari organi di stampa sia in Europa che in America, Australia e Nuova Zelanda.

Qualche settimana dopo l'intervento di Ramsay a Portsmouth, si svolgeva a Karlsruhe l'83ª assemblea dei ricercatori tedeschi di scienze naturali e dei medici. Nella prima assemblea generale che si tenne la mattina di lunedì 25 settembre intervenne Carl Engler (Fig. 5). Engler si era formato alla Technische Hochschule di Karlsruhe. Aveva conseguito il PhD a Friburgo nel 1865, poi era passato ad Halle dove ricevette l'abilitazione nel 1867. Rimase ad Halle dieci anni a svolgere ricerche in chimica organica. Di quel periodo si ricorda un importante lavoro sulla sintesi dell'indaco. Nel 1876 tornò a Karlsruhe come professore di tecnologie chimiche e divenne direttore dell'omonimo istituto. Engler contribuì ad espandere l'Università di Karlsruhe e a renderla una delle migliori scuole tecniche europee. Si impegnò particolarmente nelle ricerche sul petrolio e arrecò contributi significativi sia alla tecnologia che alle prove sul petrolio [8]. I chimici industriali conoscono bene il viscosimetro di Engler e la distillazione di Engler. Per molti decenni l'handbook sulla fisica, chimica e geologia del petrolio "Das Erdöl" (1890), di cui fu uno dei co-autori, rimase il testo di riferimento per chimici, ingegneri e geologi. Engler intervenne sul tema "Über Zerfallprozesse in der Natur [Processi di decomposizione in natura]". Un riassunto del suo discorso si trova nel resoconto dell'Assemblea [6] ma il testo integrale fu poi pubblicato anche a parte [7] (Fig. 6). Engler fece rilevare che le osservazioni sulla struttura e sulla decomposizione naturale della materia organica erano scientifi-

FLASHBACK

PAGINE DI STORIA

camente di grande interesse e assumevano un ruolo di fondamentale importanza per la vita di tutti i giorni. Disse che il carbone, così come il petrolio, erano prodotti ottenuti da processi naturali di trasformazione della materia organica. Per la carenza di ossigeno, questa non poteva essere convertita completamente nei prodotti volatili finali come avveniva nel normale processo di ossidazione. A causa di questa inibizione dell'ossidazione, in un caso si formavano residui altamente carboniosi (carbone), e nell'altro caso si formavano sostanze (petrolio o bitume) ricche di idrocarburi, ossia composti frutto della decomposizione, che ne permettevano la parziale conservazione. In assenza di aria, i residui vegetali e animali, ossia i materiali di partenza, venivano sottratti alla completa decomposizione.

Così, nel corso dei millenni si erano formati enormi accumuli di sostanza organica non ancora completamente decomposta che, a partire dall'età moderna, veniva estratta e sfruttata tramite processi di combustione completa ad anidride carbonica e vapore d'acqua. Quindi, tramite l'utilizzo della principale fonte energetica, cioè il carbone, si sfruttava l'energia solare dei millenni passati. Per ogni Nazione il possesso di carbone era un fattore primario per lo sviluppo globale dell'industria.

Nel contesto europeo la Germania risultava avere una posizione particolarmente favorevole in quanto era in possesso di molto più della metà della riserva di carbone europea (416 miliardi di tonnellate su 700). Sulla base del fabbisogno di allora le riserve di carbone fossi-

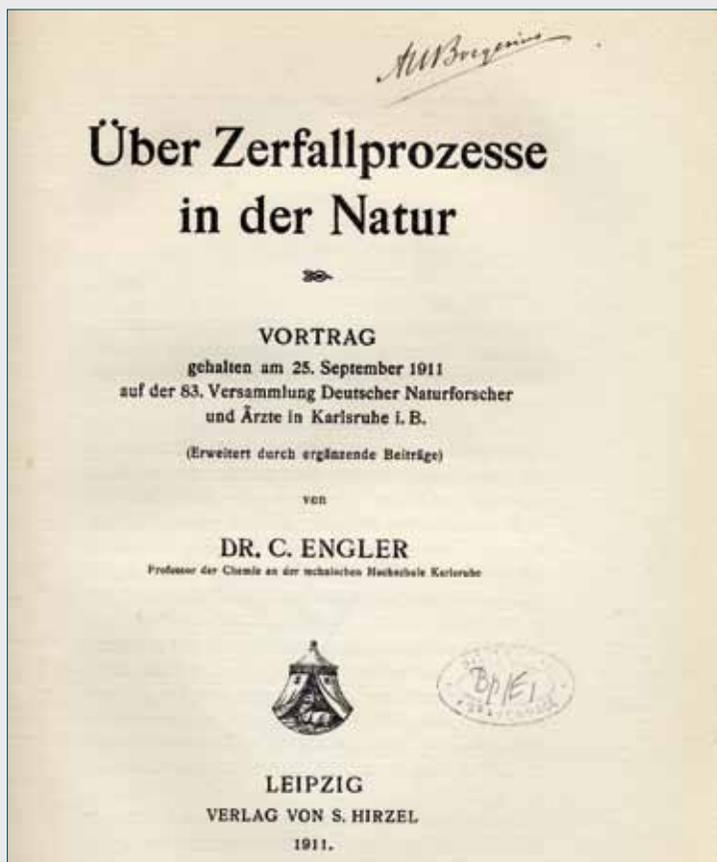


Fig. 6 - C. Engler "Über Zerfallprozesse in der Natur" (1911)



Fig. 7 - Giacomo Ciamician (1857-1922)

le in Germania potevano soddisfare la richiesta per altri 3.000 anni, mentre la Gran Bretagna avrebbe esaurito le proprie già dopo 700 anni, il resto dell'Europa dopo 900 anni e il Nord America in 1.700 anni. Con l'esaurimento delle riserve di carbone i rapporti economici potevano variare in quanto il possesso di riserve idriche sfruttabili energeticamente avrebbe ricoperto un ruolo d'importanza sempre maggiore. Engler presentò in proposito una tabella di dati ripartiti per continenti. Tuttavia si poteva presumere che da qui ad allora l'uomo avrebbe scoperto nuove fonti energetiche attraverso l'utilizzo diretto dell'energia solare.

Engler aggiunse che il petrolio costituiva una seconda riserva energetica di sostanza residua della vita organica. Ormai quasi tutti ritenevano che la materia prima del petrolio fosse costituita dai grassi solidi e liquidi e dalle cere provenienti da esseri viventi animali e vegetali. Sia la macro che la micro fauna e la flora erano coinvolte nei processi di trasformazione.

Si poteva supporre che nei giacimenti dei residui vegetali e di animali morti, ricoperti da strati fangosi e quindi isolati dall'aria atmosferica, le sostanze non grasse, mediante i processi di putrefazione e decomposizione, si fossero separate completamente dai grassi e dalle cere. Solo così si poteva spiegare il motivo per il quale nei giacimenti petroliferi erano stati rilevati quasi esclusivamente idrocarburi puri e mai olii contenenti azoto oppure depositi petroliferi mescolati con carbone.

Un'ulteriore prova a sostegno di questa teoria di formazione del petrolio consisteva nel fatto che si era riusciti a produrre artificialmente il petrolio in laboratorio scaldando grassi animali o vegetali in un tubo chiuso sottoposto ad alta pressione. Anche per il petrolio era prevedibile l'esaurimento delle scorte in tempi relativamente brevi, in quanto si stimava che la riserva conosciuta poteva ancora bastare per circa 100 anni. Engler aggiunse che le più recenti ipotesi circa l'energia disponibile non potevano prescindere dalle potenzialità dei composti chimici del radio, ritenuti in grado di fornire energia attraverso il loro decadimento.

Agli interventi di Ramsay ed Engler vanno aggiunti quelli del nostro connazionale Giacomo Ciamician (Fig. 7), titolare della cattedra di chimica generale nell'Ateneo bolognese dal 1889 fino alla morte. Di Ciamician e della sua opera si è parlato diffusamente altrove [9]. Anche lui, in occasione dell'inaugurazione dell'anno accademico 1903-1904 pronunciò un discorso importante [10] avvertendo che la civiltà moderna non poteva continuare a fare affidamento soltanto sul carbon fossile. Occorreva, secondo lui, riflettere se non era meglio cercare di imitare le piante, piuttosto che far loro concorrenza con l'industria chimica. Così, imparando da loro, con l'aiuto di un catalizzatore e della luce solare, si sarebbero potuti utilizzare anche scarichi industriali. Alcuni anni dopo, all'VIII Congresso Internazionale di Chimica Applicata che si tenne a New York e Washington nel 1912, denunciò la "crescente avidità e spensierata prodigalità" con cui si ricorreva al carbone e fece un intervento che suscitò non solo l'interesse dei congressisti ma anche quello della stampa. Ciamician parlò in italiano, affrontando il tema "La fotochimica dell'avvenire" [11], connesso alle sue ricerche sull'azione chimica della luce. Dato che i giacimenti di carbone non erano inesauribili, Ciamician si domandò se l'energia solare fossile fosse la sola che potesse giovare alla civiltà moderna e se invece non si dovesse ricorrere ad altre fonti di energia. Secondo i calcoli di Ciamician, un chilometro quadrato di superficie tropicale riceveva, per sei ore di insolazione, una quantità di calore equivalente a quella prodotta dalla combustione di 1.000 tonnellate di carbone. Per rimediare a questo enorme spreco, Ciamician propose di aumentare prima di tutto la produzione di materia organica vegetale, migliorare le rese delle industrie di trasformazione ed estendere l'impiego dei materiali di origine vegetale. In secondo luogo,

suggerì di trasformare le piante in combustibile gassoso. In terzo luogo occorreva valorizzare la capacità delle piante di produrre sostanze preziose per l'industria (alcaloidi, glucosidi, essenze, gomme e coloranti) che, altrimenti, dovevano essere ricavate per sintesi dai derivati del catrame. L'ultima prospettiva che indicò riguardava la fotochimica industriale. Secondo Ciamician il problema principale dal punto di vista tecnico era quello di fissare con opportune reazioni fotochimiche l'energia solare. Occorreva imitare il processo di assimilazione delle piante e immaginare pile a base di processi fotochimici.

Affidarsi alla fotochimica voleva dire, secondo Ciamician, costruire una società più tranquilla, meno frettolosa e più felice. Alla discussione parteciparono il chimico-fisico americano W.D. Bancroft (1867-1953) e il chimico belga Leo H. Baekeland (1863-1944) [12]. Il testo del discorso di Ciamician fu tradotto in più lingue e pubblicato pochi giorni dopo (27 settembre) da *Science*.

Dopo Ciamician parlò il chimico tedesco Heinrich August Berthsen (Krefeld, 1855 - Heidelberg, 1931), un collega di Fritz Haber [13]. Illustrò i vantaggi della sintesi industriale dell'ammoniaca e i benefici che avrebbe arrecato all'umanità. Alla luce dei progressi scientifici successivi le indicazioni di Ciamician, a quei tempi prive di soluzioni tecniche credibili, appaiono più realistiche e quasi obbligate ma è difficile pensare che senza petrolio e senza la sintesi industriale dell'ammoniaca saremmo stati davvero più felici. Anche oggi, tuttavia, si ripropone un dilemma energetico di pari importanza che richiede, come a quei tempi, un approccio realistico e non utopico. Giova a questo punto ricordare le conclusioni dell'editoriale di Mark Peplow in apertura dello speciale dedicato all'energia dal giornale della *Royal Society of Chemistry*. Peplow così scriveva: *Chemistry really can save the world - but scientists must be canny about selecting the most commercially realistic way of achieving that* [14].

Talvolta gli scienziati appaiono aspramente divisi sulle risposte da dare al dilemma energetico. Gli interventi di Ramsay, Engler e Ciamician indicano la strada per un confronto più civile e pacato fra le diverse posizioni.

Ringraziamenti: sono grato al dott. Marco Tutsch per la traduzione dell'intervento di Engler.

Bibliografia

- [1] J.L. Escudier, *Revue économique*, 1988, **39**(2), 369.
- [2] W.S. Jevons, *The Coal Question. An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines*, Mcmillan and Co., London, 1865.
- [3] K.D. Watson, *Ambix*, 1995, **42**(3), 143.
- [4] W. Ramsay, in *Meeting of the British Association, Scottish Geographical Mag.*, 1911, **27**(10), 516.
- [5] W. Ramsay, *Science*, New Series, 1911, **34**(871), 289.
- [6] T. Arldt, *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 1911, **26**(45), 581.
- [7] C. Engler, *Über Zerfallprozesse in der Natur*, S. Hirzel, Leipzig, 1911.
- [8] L.S. Ettre, *Chromatographia*, 1995, **40**(3-4), 207.
- [9] M. Taddia, *Sapere*, 2007, **73**(4), 44.
- [10] M. Ciardi, S. Linguetti (a cura di), *Giacomo Ciamician. Chimica, Filosofia, Energia. Conferenze e discorsi*. Bononia University Press, Bologna, 2007, p. 75, p. 133.
- [11] G. Ciamician, *Science*, 1912, **36**, 38.
- [12] M. Taddia, *La Rivista dei Combustibili*, 2012, **66**(2), 26.
- [13] M. Taddia, *Chimica e Industria*, 2012, **95**(9), 118.
- [14] M. Peplow, *Chem. World*, 2007, **4**(10), 2.