

21^{mo} SECOLO

SCIENZA e TECNOLOGIA

DALLA DECARBONIZZAZIONE ALL'IDROGENO

Politica energetica ed illusioni verdi

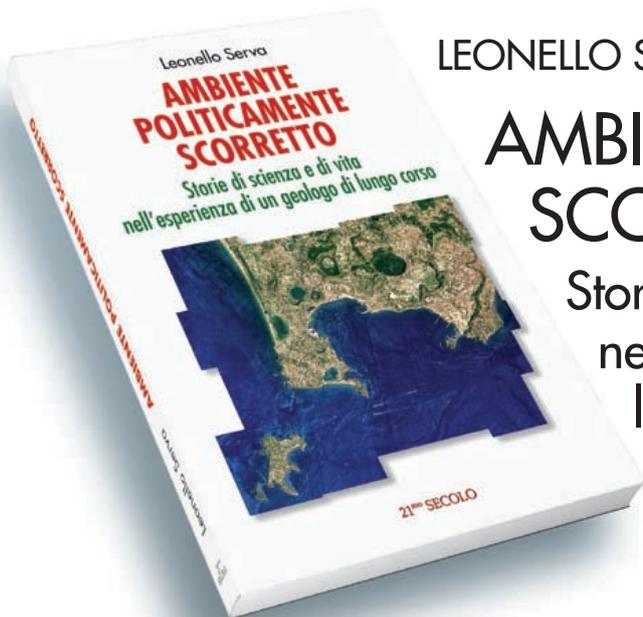


CALIFORNIA

FONTI RINNOVABILI
E BLACK OUT

TECNOLOGIE E PROSPETTIVE DELL'IDROGENO

LA STRATEGIA UE
VERSO IL NULLA



LEONELLO SERVA

AMBIENTE POLITICAMENTE SCORRETTO

Storie di scienza e di vita
nell'esperienza di un geologo di
lungo corso

ISBN 978-88-87731-75-0

Pagine 276 – Euro 20,00 i.i.

INDICE

Presentazione di Uberto Crescenti

CAPITOLO PRIMO - IL RISCHIO, NATURALE E NON

Frane e alluvioni – Le leggi della natura e quelle dell'uomo – Terremoti – Imparare a riconoscere il linguaggio della Terra – Quando i pensieri svolazzano... disordinatamente – Serve una ricostruzione sostenibile – Il rischio industriale/ ambientale non ha una lunga storia. Ha un suo presente Avrà un futuro? – La localizzazione degli impianti industriali Cos'è il siting? – Rischi naturali e priorità di intervento – Il rischio di terremoti distruttivi in Italia – I costi economici dei terremoti: Una proposta a prova di spreco – La revisione degli impianti nucleari europei: cosa dicono gli "Stress Test" – Rischio geologico-idraulico: la prevenzione che si può fare è quella che non costa – Il terremoto di Ancona: sperando che sia solo un altro piccolo segnale – Sismicità e vulcanismo... e in Italia, come stiamo? – Rischio sismico, prevenzione zero – Rewind: Parole e scelte che bisogna imparare – Rischi Naturali e Centrali Nucleari in Europa – I conti delle ricostruzioni

CAPITOLO SECONDO - LA CONOSCENZA

L'entropia regola la sostenibilità della vita? – Se la scoperta scientifica è una truffa – I «semi» che fanno nascere le montagne – Quando sbocciano i minerali – Il fiore dei terremoti e quello della... botte – Quando fa bene mangiare la terra – Innaffiare vincendo pigrizie ataviche – I veleni uccidono, i veleni guariscono – Biodiversità, non ne facciamo un dogma – Basta con i fideismi nella Ricerca – Su Gaia c'è un paradosso: l'uomo – Un giuramento di Ippocrate anche per il geologo? – La geologia dei terremoti – Un frutto di pietra – Tutto è relativo, anche naturale o artificiale – Mani in bocca? Va bene se sporche di... argilla – Sostenibilità per cosa? – Il

vino dà felicità all'uomo e alla terra – Chernobyl e Fukushima, ecco come farci del male – Carta e alberi possono convivere? – La Natura «maestra» di plastica – L'attraente bellezza delle ossidiane – Terreni super sfruttati, terreni incolti – In Cina nucleare e alternative – Produzione e paesi emergenti – Breve storia del clima – Il bosco si riprenderà i campi abbandonati – Dighe, il male oscuro dell'interrimento – La mano dell'uomo sul territorio – La geologia si fa camminando – Tre aiuti dall'agricoltura – Aree marginali e allevamenti – Adattiamoci sennò c'è il sottosviluppo – Il lungo tramonto del fondamentalismo darwinista – Scienza e fede: la Bibbia e i terremoti – Intervista al prof Leonello Serva – Etna vulcano d'Europa – Il Grande Buco – Le cave di lignite in Germania: Carbone e cocomeri – Risorse energetiche: Un'infinita boccata di ossigeno – Terremoti nella cintura di fuoco: Le grandi scosse – Cambiamenti climatici: Ma com'è profondo il mar? – Lo shale nel Mediterraneo: La manna che viene dal passato – Faglie e oleodotti: La soluzione c'è – Peculiarità delle Geologia: Fatti e interpretazioni – La modellazione dei fenomeni naturali – Gli idrocarburi nell'Adriatico – Giacimenti di Pelagosa. L'Isola del Tesoretto – I grandi vulcani sottomarini – I vulcani delle Isole Eolie – Vecchie linee secondarie: Il treno dei desideri

CAPITOLO TERZO - LA VITA

Rifiutare la cultura dei rifiuti – Rilettura di un viaggio in Cina – Una favola o una possibile realtà? – Il Patrono e il Padre non fanno più... nomi – Il benessere si liberi dell'«avere» – La qualità e le stelle – Il nostro patrimonio artistico non raccontato – Low cost o non low cost – Scalare le vette della convivenza – Da Capo Nord a Giava e una facile profezia – Ma poi è arrivata la crisi – Ri-Creazione... ma fino a che punto? – La sofferenza

Editore:

21^{mo} SECOLO s.r.l.
via L. Di Breme, 18 - 20156 Milano

Direzione

via L. Di Breme, 18 - 20156 Milano
Tel. 02 33408361
E-mail: info@21mosecolo.it
Internet: www.21mosecolo.it

Direttore responsabile:

ing. Giorgio Prinzi

Direttore

Roberto Irsuti
tel. 335 7600520
robertoirsuti@21mosecolo.it

Stampa:

E.Lui Tipografia (Reggiolo - RE)
Finito di stampare nel mese di
ottobre 2020

Hanno collaborato a questo numero:

Mohamed Al Hammadi, Franco Battaglia, Sergio Fontanot, Samuele Furfari, Roberto Irsuti, Luigi Mariani, Umberto Minopoli, Ettore Ruberti, Franco Zavatti

Una copia euro 6,00

Abbonamento

Ordinario (5 numeri)	30,00
Benemerito	60,00
Sostenitore	da euro 100,00
Enti e Ditte	260,00

versamento su C.C. Postale n.
23966203 intestato a 21^{mo} SECOLO
via L. Di Breme, 18 - 20156 Milano
IBAN
IT 06 K 07601 01600 000023966203

È obbligatorio citare la fonte per gli articoli utilizzati



ASSOCIATO ALL'USPI
UNIONE STAMPA
PERIODICA ITALIANA

In copertina: I due reattori EPR (Reattori nucleari ad acqua in pressione di terza generazione) di Taishan (Cina). Elaborazione grafica Claudio Rossi

L'editore garantisce la massima riservatezza dei dati forniti dagli abbonati e la possibilità di richiederne gratuitamente la rettifica o la cancellazione scrivendo a robertoirsuti@21mosecolo.it. In ottemperanza del D.L. 196 del 30.6.2003, ed al recente nuovo regolamento Europeo sulla Protezione dei Dati (GDPR) per la tutela delle persone e di altri soggetti rispetto al trattamento di dati personali, vi confermiamo che i vostri dati verranno utilizzati esclusivamente per l'invio della rivista, dei documenti allegati alla stessa, compresi i dati utili per il rinnovo dell'abbonamento, e per informarvi delle nostre nuove pubblicazioni (libri) e delle future conferenze e seminari di studi.

Le illustrazioni sono quasi sempre fornite dagli autori; l'editore resta a disposizione per definire eventuali diritti.

Editoriale pag. 2

Recovery fund? Un inganno verde pag. 3

Impero Romano: temperature marine da record pag. 4

Commenti all'articolo di Nazzareno Diodato et al. uscito su *Environmental Research Communications*

1200 anni di eventi pluviometrici estremi nella valle del Po pag. 5

In ricordo di Paolo Togni

Sostenibilità ambientale ed ecologia umana pag. 6

Il guru verde che si pente pag. 8



L'avvio della prima centrale nucleare dei paesi arabi

Un momento storico per gli Emirati Arabi Uniti

pag. 9

Nella riduzione dei costi la chiave della competitività del nucleare pag. 11

Basta ipocrisie sull'energia nucleare pag. 12

Illusioni verdi: California, fonti rinnovabili e black out pag. 13

La California al buio: è il futuro che ci attende? pag. 13

Attualità del nucleare nel mondo pag. 15

La strategia UE dell'idrogeno procede verso il nulla pag. 18



La bomba all'idrogeno europea scoppierà in mezzo al Mare del Nord

pag. 21

Editoriale

Cari lettori, alle pagine 9 e 10 trovate uno scritto di Mohamed Al Hammadi, amministratore delegato della Emirates Nuclear Energy Corporation, che brevemente illustra i successi e le ragioni che hanno consentito, in dodici anni, agli Emirati Arabi Uniti di divenire la prima nazione araba che ha collegato alla rete elettrica il primo di 4 reattori nucleari in via di completamento nella centrale di Barakah.

Il progetto venne avviato nel 2008, partendo da zero; più o meno contemporaneamente al tentativo del governo Berlusconi di riaprire l'opzione nucleare nella nostra Italia, nazione che non partiva da zero ma aveva ed ha importanti competenze nel settore della generazione elettroneucleare.

Il tentativo italiano naufragò sull'onda emotiva e mediatica del dopo Fukushima (2011), in ciò che (come scrissi allora) confermò la bancarotta della classe dirigente politica, industriale e scientifica del nostro Paese.

Le principali ragioni del successo degli Emirati sono tre:

Un percorso chiaro definito fin dal varo del programma energetico nucleare (2008) ed un costante impegno politico per realizzarlo; una collaborazione con partner internazionali che hanno una lunga esperienza nel settore (Corea del Sud e USA); lo sviluppo di una nuova generazione di professionisti e tecnici nucleari di talento (il 60% sono cittadini degli Emirati).

Le ragioni dell'insuccesso italiano furono molteplici. Fin dall'inizio esponenti del governo Berlusconi, in privato, sostenevano che: "La scelta nucleare è la migliore per il sistema elettrico italiano, ma non riusciremo mai a realizzarla in Italia" ed anche: "In Italia non è possibile costruire reattori nucleari garantendo economicità e sicurezza, tempi di realizzazione certi e consenso sociale".

Altri politici consideravano il tema troppo "divisivo": non sarà considerato un piano energetico della nazione, ma il progetto di una parte politica contro il quale si scatenerà l'opposizione (che pure aveva tra le sue fila importanti esponenti favorevoli all'utilizzo pacifico dell'energia nucleare).

Perché parlarne oggi?

Siamo di fronte alla necessità di una svolta nella politica economica ed industriale, italiana ed europea, che apprenda le lezioni dei successi del passato (in particolare negli anni 1950-1970) e dei fallimenti che ci hanno portato alla progressiva stagnazione delle attività economiche in Europa già prima del

Covid-19 (ed in particolare in Italia nei passati venti anni). Dobbiamo farlo rapidamente per fronteggiare un drammatico calo del PIL registrato in tutta Europa a seguito della pandemia Covid-19 e delle decisioni politiche prese dai governi per fronteggiarla.

Un meno 10%, forse 12% della ricchezza disponibile nell'Unione Europea, in un anno, corrisponde ad una crisi che non abbiamo mai affrontato e significa milioni di disoccupati in più e la chiusura di decine di migliaia di imprese.

L'energia nucleare diventa quindi un tema secondario; ma, oggi come in passato, il criterio che guida le nostre scelte economiche, la capacità di spiegare le diverse opzioni tecnicamente realizzabili, la credibilità per convincere i cittadini che si stia procedendo nella giusta direzione e che l'impegno ed i sacrifici richiesti produrranno i risultati sperati, tutto ciò resta al centro della politica; insieme con la capacità di realizzare i programmi annunciati, evitando che restino sulla carta o siano solo propaganda in una eterna campagna elettorale, anche in assenza di elezioni politiche.

Vi è inoltre una caratteristica specifica nell'energia nucleare e nella politica energetica: esse richiedono una visione ed un progetto che si estendono ai prossimi 60-100 anni; ben al di là del mandato dei nostri governanti e ben al di là della carriera dei nostri dirigenti. Una visione molto distante dal Green Deal, ideologia fondata sulla sfiducia nelle capacità dell'essere umano, considerato solo come "distuttore degli equilibri ambientali". Le origini recenti di tale ideologia, basata su vecchie teorie malthusiane smentite dalla storia, le troviamo nei documenti del Club di Roma (nato nel 1968, pubblicò *I limiti dello sviluppo*, nel 1972). Per il Club di Roma e per le associazioni ambientaliste che ne copiarono l'agenda politica e l'ideologia, la prima minaccia per l'umanità era la crescita demografica (ad esempio, secondo Paul Ehrlich, *The population bomb*, 1968, 65 milioni di cittadini statunitensi avrebbero dovuto essere ridotti alla fame già negli anni Settanta). Per il Club di Roma la crescita economica mondiale si sarebbe esaurita poco dopo l'anno 2000; anche per l'esaurimento delle materie prime (per il petrolio, le riserve nel 1992, le riserve allora stimate nel 2020); l'umanità sarebbe stata decimata dalla crisi economica in un mondo popolato da decine di miliardi di persone prive delle necessarie risorse alimentari e minerarie.

Per uscire dalla crisi economica odierna occorre tornare all'ottimismo che caratterizzò il primo dopoguerra; una visione del futuro fondata sulla conoscenza e che richiede determinazione, credibilità ed un grande impegno per il bene comune (non per la propria poltrona o carriera).

Roberto Irsuti

Recovery fund? Un inganno verde

di Franco Battaglia *

Che fosse un imbroglio l'ho subodorato subito, quando chiunque dei mammasantissima al potere, ogni volta che apriva bocca per elogiare 'sto Recovery fund, aggiungeva subito la necessità di utilizzarlo per l'economia verde. Così **Mattarella, Conte e Zingaretti**. Fateci caso la prossima volta che lo nominano. Siccome Recovery sottintende dal Covid e dalle disastrose conseguenze del lockdown, mi son chiesto cosa diavolo ci azzecasse l'economia verde. No, perché, vedete, il caso del Covid ha fatto emergere una forte debolezza nel sistema sanitario di molti Paesi; un sistema che uno vorrebbe pronto ad affrontare emergenze, cosa che si è dimostrata non valere. Quanto al lockdown, esso ha dato una sonora batosta all'economia di chi lo ha adottato. Per farla breve, uno s'attende che un Recovery fund fosse mirato a 1) riorganizzare il sistema sanitario in modo che in futuro un qualche altro virus o qualche altra emergenza sanitaria non ci cogliesse impreparati e 2) risollevare tutti i colpiti dalla crisi economica.

Perché mai i detti mammasantissima mettono al primo posto la **green economy**? Come chi mi legge sa, io vedo l'economia verde come il fumo negli occhi. Non perché non me ne frega dell'ambiente, ma proprio perché la cura dell'ambiente è una delle cose che mi stanno a cuore. E la green economy con la cura dell'ambiente non ci azzecca proprio. Sicuramente però – torto o ragione che io abbia sulla green economy – si può tranquillamente concordare che installare parchi eolici e fotovoltaici o sequestrare CO₂ (perché questo, e nient'altro, è la green economy) non sposta di un millimetro né le lacune sanitarie né la crisi economica patita da chi l'ha patita come conseguenza, diretta o indiretta, del virus. E allora? Allora, sono andato alle origini, e il fatto è che nel testo del Recovery Fund si legge, scolpito come una mazzata che modella il marmo, quanto segue.

“La UE e i suoi Stati membri devono adottare misure d'emergenza per proteggere la salute dei cittadini e il collasso dell'economia... A questo scopo, il pluriennale piano finanziario (sigla Mff, nel testo) è affiancato da uno specifico sforzo di ripresa (sigla Ngeu, nel testo) col preciso scopo di affrontare que-

sta crisi senza precedenti”. E oltre: “Mff e Ngeu aiuteranno la transizione della UE verso le sue politiche primarie, e cioè: Green New Deal, rivoluzione digitale e resilienza”. Cosa la resilienza sia non lo so, nel senso che il vocabolo, pur nominato più volte nel sacro testo, non è lì mai definito. In ogni caso, su un totale del Mff che, per i prossimi 7 anni ammonta a oltre 1.200 miliardi, 54 miliardi stanno sotto la voce *resilience and values*. Insomma, qualunque cosa sia, 'sta resilienza conta poco. Alla voce ambiente, cioè green economy, vanno invece 400 miliardi. Recita il documento: “Il piano per il Recovery della UE richiede massicci investimenti, pubblici e privati, per riparare i danni causati dalla pandemia, sostenendo le priorità Verdi e digitali della UE”.

E ancora: “Ogni Stato membro dovrà preparare e presentare piani d'investimento per gli anni 2021-23. I piani saranno valutati da una Commissione entro due mesi dalla presentazione. Necessario prerequisite per ottenere una valutazione positiva è la presenza, in quei piani, del contributo alla transizione Verde e digitale”. E più in là: “La lotta contro i cambiamenti climatici è convogliata nei finanziamenti di Mff e Ngeu. Come principio generale, le spese sostenute dalla UE saranno consistenti con gli Accordi di Parigi”. Che, ricordo, sono quelli dai quali gli Stati Uniti si sono ritirati e nei quali la Cina non è mai entrata (salvo dire di sì purché non sia essa a pagare).

Per fare breve una storia lunga: prima della pandemia ci veniva detto che il problema primario del pianeta sarebbe il **cambiamento climatico** (che c'è sempre stato dalla notte dei tempi), per combattere il quale bisogna installare parchi eolici e fotovoltaici, e bisogna sequestrare la CO₂. Il virus ci ha riportato coi piedi per terra: il pianeta ha altri problemi. Questi irresponsabili non s'azzardano più a dire che il problema del pianeta è il cambiamento climatico. Ma ci stanno ora dicendo che per riprendersi dai danni del virus bisogna installare parchi eolici e fotovoltaici, e bisogna sequestrare la CO₂. E il denaro ce lo danno solo se lo spendiamo come loro dicono. Indovinate un po' nelle tasche di chi andrà codesto denaro, posto che l'Italia non produce quei fallimentari impianti. Personalmente, accendo ogni giorno un cero affinché l'ineluttabile crollo di questa chimera – cioè mostruosa ibrida creatura – che è la UE, accada più prima che poi.

* Docente di Chimica Fisica presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

(da <https://www.nicolaporro.it/recovery-fund-un-inganno-verde/> 24 luglio 2020)

Impero Romano: temperature marine da record

Una ricerca condotta dall'Istituto di ricerca per la protezione idrogeologica (Cnr-Irpi) in collaborazione con l'Istituto di scienze marine (Cnr-Ismar) e con l'Università di Barcellona, ha addotto nuovi dati sulla fase di eccezionale riscaldamento della superficie del Mediterraneo durante il primo mezzo millennio dell'era cristiana. Lo studio è pubblicato su Scientific Reports del gruppo Nature.

Uno studio congiunto tra Consiglio nazionale delle ricerche, condotto dall'Istituto di ricerca per la protezione idrogeologica (Cnr-Irpi) di Perugia in collaborazione con l'Istituto di scienze marine (Cnr-Ismar) di Napoli, e Università di Barcellona, basandosi sulla ricostruzione della temperatura della superficie del mare degli ultimi 5000 anni, ha permesso di quantificare l'entità del riscaldamento nella regione mediterranea durante il periodo romano (1-500 d.C.). La ricerca è stata pubblicata su *Scientific Reports*, del gruppo *Nature*.

Durante la campagna oceanografica NEXTDATA2014, svolta dal Cnr a bordo della R/V *Urania*, (responsabile scientifico Fabrizio Lirer, ricercatore Cnr-Ismar), sono stati acquisiti nuovi dati in diversi siti del Mare Adriatico e del Canale di Sicilia, relativi al clima del Mediterraneo negli ultimi millenni. In particolare, nel settore occidentale del Canale di Sicilia, ad una profondità di 475 metri, è stata recuperata un'importante successione di strati sotto il fondale marino, mediante un sistema di carotaggio a gravità che ha permesso di preservare l'interfaccia acqua-sedimento e quindi anche i sedimenti degli ultimi secoli, consentendo di ricostruire le variazioni delle temperature superficiali del mare negli ultimi cinque millenni.

“Questo nuovo dato è stato integrato da quelli provenienti da altre aree del Mediterraneo - mare di Alboran, bacino di Minorca e mar Egeo - per far emergere lo scenario

complessivo e confermare che il periodo romano è stato il periodo più caldo dell'intero bacino negli ultimi 2000 anni: le temperature superficiali del mare erano di circa 2°C maggiori rispetto ai valori medi della fine del XX secolo d.C. - spiega Giulia Margaritelli, ricercatrice Cnr-Irpi. - Cronologicamente, questa distinta fase di riscaldamento corrisponde con lo sviluppo, l'espansione e il conseguente declino dell'Impero Romano, mentre, successivamente a questa fase, lo studio mostra una graduale tendenza verso condizioni climatiche più fredde in tutta l'area, coincidenti con la caduta del Grande Impero.”

La configurazione geografica del Mediterraneo rende questa regione estremamente vulnerabile ai

cambiamenti climatici e la probabile relazione tra le favorevoli condizioni climatiche di questa fase e l'espansione dell'Impero Romano nell'area mediterranea è oggetto di una ricca letteratura. “Tra il Nord Africa e i climi europei, la zona di transizione strategica occupata dal Mare Nostrum fornisce informazioni chiave per svelare le teleconnessioni climatiche, ovvero delle variazioni di temperatura che si verificano in fase in punti del globo distanti tra loro” - prosegue la ricercatrice. - Lo studio del clima del passato è un prezioso strumento di analisi delle dinamiche del sistema climatico terrestre in condizioni differenti da quelle attuali ed è dunque insostituibile per testare la validità dei modelli previsionali a medio e lungo termine”.

Il Mediterraneo è caratterizzato da un'enorme ricchezza archeologica e storica e da dati paleoclimatici registrati negli archivi fossili. “Il bacino è quindi un ottimo laboratorio naturale per indagare la potenziale influenza del clima sulle civiltà che qui si sono susseguite”, conclude Margaritelli.

(CNR. 17 luglio 2020)

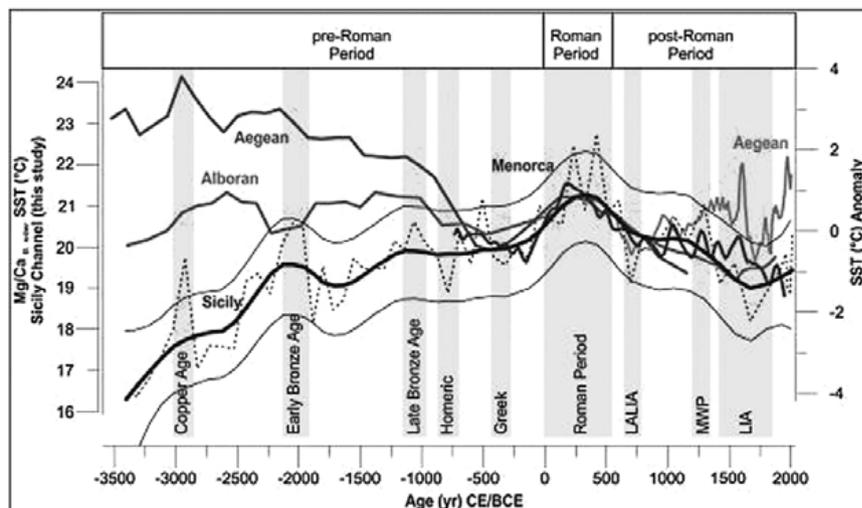


Grafico dello studio sul clima nel periodo romano

Commenti all'articolo di Nazzareno Diodato et al. uscito su *Environmental Research Communicatons*

1200 anni di eventi pluviometrici estremi nella valle del Po

di Luigi Mariani * e Franco Zavatti **

Il Nord Italia è per sua natura esposto ad eventi pluviometrici estremi che per la loro intensità, estensione areale e persistenza nel tempo sono in grado di dar luogo a piene rovinose del Po o dei relativi sottobacini di primo ordine (Tanaro, Ticino, Adda, ecc.) e di secondo ordine (nomi ai più sconosciuti come Rabbiosa, Febbraro, Aveto e tanti altri). Al riguardo ricordiamo che:

Con una certa frequenza irrompono sul Mediterraneo le maggiori ondulazioni del flusso perturbato atlantico in forma di grandi saccature, che sul nostro mare trovano un enorme alimento energetico in forma di aria umida. Da questo derivano le grandi alluvioni perché tali strutture si muovono con molta lentezza, essendo spesso "bloccate" da anticloni che persistono nella parte orientale del bacino del Mediterraneo.

Quando il flusso atlantico meno ondulato interessa il Nord Italia è relativamente frequente assistere all'innescio spesso di una caratteristica ciclogenesi di sottovento alle Alpi, con formazione di una depressione su Golfo di Genova – Alto Tirreno (il che vuol dire che tale depressione può alimentarsi di energia dal mare, in un Golfo la cui forma arcuata si presta a uno sviluppo "esplosivo"). Non a caso il Golfo di Genova è la zona ciclogenetica principale del Mediterraneo. Il "Genoa cyclone" (così è chiamato nella bibliografia scientifica internazionale – http://glossary.ametsoc.org/wiki/Genoa_cyclone) presenta poi traiettorie che interessano spesso la Val Padana, con piogge abbondanti e a volte estreme (spesso non sono le grandi alluvioni del Po come nel caso b ma alluvioni limitate a sottobacini).

A tale riguardo sulla rivista scientifica *Environmental Research Communicatons* è uscito l'articolo di

Nazzareno Diodato, Fredrik Charpentier Ljungqvist and Gianni Bellocchi dal titolo "Monthly storminess over the Po River Basin during the past millennium (800-2018 CE)" – *Environ. Res. Commun.* 2 (2020) 031004, liberamente scaricabile dal sito <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ab7ee9>

In sostanza gli autori hanno effettuato un *data mining* sui dati presenti in Google books giungendo in tal modo a individuare 1000 eventi alluvionali che nel periodo compreso fra l'Alto Medioevo (800 d.C.) ed oggi (2018) hanno colpito il bacino padano. Gli eventi sono classificati come 0 (normal) , 1 (stormy) , 2 (very stormy) , 3 (great stormy) e 4 (extraordinary stormy). Da ciò si deduce la presenza di 387 eventi alluvionali estremi nel periodo d'indagine.

Analizzando tali dati gli autori stabiliscono in sostanza che nei periodi a bassa attività solare la *storminess* è più elevata che in quelli a alta attività solare, contestando con ciò l'ipotesi legata all'equazione di Clausius Clapeyron per cui freddo = secco; il che conferma in sostanza quanto affermato da un sempre più rilevante numero di lavori (Diodato et al., 2019, Glaser et al., 2010, Wirth et al., 2013, Wilhelm et al., 2012, Yiou et al., 2006).

La cosa buona che cogliamo nell'articolo è che, a differenza di quanto accade in altri articoli scientifici di settore, il ragionamento non si sviluppa a partire da ipotesi preconcepite ma viceversa si guardano i dati e se ne deducono delle conseguenze. Ciò detto, vogliamo rilevare che leggendo il lavoro ci sono sorti alcuni dubbi che qui di seguito elenchiamo perché possono a nostro avviso tradursi in nuove opportunità di ricerca.

Anzitutto gli autori non considerano la teoria di Shaviv e Svensmark (Svensmark et al, 2017) secondo la quale nelle fasi a bassa attività solare vi sarebbe maggior presenza di raggi cosmici galattici (Galactic Cosmic Rays o GCR) in atmosfera, che quando il Sole è molto attivo sono deviati dal vento solare. Ciò avrebbe un effetto sulla pluviometria in quanto i GCR dovrebbero stimolare la nucleazione nelle nubi con formazione di pioggia.

Un ulteriore legame da indagare potrebbe essere quello fra eventi pluviometrici e il ciclo nodale della Luna, che in più occasioni si ritrova nelle periodicità delle precipitazioni; vedere ad esempio Agosta, 2014, o, su *Climate Monitor*, un articolo sulle piogge nei bacini di 15 fiumi inglesi nel marzo 2020, e la cui

* Agronomo libero professionista, condirettore del Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura e vicepresidente della Società Agraria di Lombardia. Presso la Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Milano insegna Storia dell'Agricoltura dopo essere stato docente a contratto di Agrometeorologia e Agronomia generale.

** Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università di Bologna

ragione fisica risiede a nostro avviso nel fatto che la Terra è soggetta ad effetti mareali indotti dal nostro satellite. La serie di Diodato et al, 2020 mostra, nello spettro dei dati annuali, il massimo a 18,6 anni del ciclo nodale lunare.

Dobbiamo infine rilevare che poiché nel lavoro si copre un periodo molto lungo sarebbe stato a nostro avviso auspicabile in sede di materiale accessorio riportare l'elenco completo delle fonti documentali utilizzate.

Concludiamo segnalando ai lettori che l'articolo merita sicuramente di essere letto e discusso.

Bibliografia

- Agosta E. 2014 The 18.6-year nodal tidal cycle and the bi-decadal precipitation oscillation over the plains to the east of subtropical Andes, South America, *Int. J. Climatol.*, 34, 1606-1614
- Diodato N, Ljungqvist F C and Bellocchi G 2019 A millennium-long reconstruction of damaging hydrological events across Italy *Sci. Rep.* 9 9963
- Glaser R. et al., 2010. The variability of European floods since AD 1500, *Climatic Change* (2010) 101:235–256, DOI 10.1007/s10584-010-9816-7

Svensmark H., Enghoff M. B., Shaviv N. J. & Svensmark J., 2017. Increased ionization supports growth of aerosols into cloud condensation nuclei, *Nature Communications* volume 8, Article number: 2199

Wirth S.B., Glur L., Gilli A., Anselmetti F.S., 2013. Holocene flood frequency across the Central Alps – solar forcing and evidence for variations in North Atlantic atmospheric circulation, *Quaternary science reviews*, 80(2013), 112-128.

Wilhelm, B., Arnaud, F., Sabatier, P., Crouzet, C., Bricquet, E., Chaumillon, E., Disnar, J.-R., Guiter, F., Malet, E., Reyss, J.-L., Tachikawa, K., Bard, E. and Delannoy, J.-J. 2012. 1400 years of extreme precipitation patterns over the Mediterranean French Alps and possible forcing mechanisms. *Quaternary Research* 78: 1-12.

Yiou P., Ribereau P., Naveau P., Nogaj M., Brázdil R., 2006. Statistical analysis of floods in Bohemia (Czech Republic) since 1825, *Hydrological Sciences Journal*, 51:5, 930-945, DOI: 10.1623/hysj.51.5.930

(da <http://www.climatemonitor.it/?p=52688>, 9 aprile 2020)

In ricordo di Paolo Togni

Sostenibilità ambientale ed ecologia umana

A metà luglio 2020 è deceduto il Prof. Paolo Togni. Docente di Diritto Pubblico, tra i numerosi incarichi fu Capo dell'ufficio legislativo e Direttore generale del Ministero dell'Ambiente, Capo di Gabinetto del ministro dell'Ambiente Altero Matteoli, consigliere di amministrazione dell'ENEA, vice presidente della SOGIN, direttore della Scuola Superiore Territorio, Ambiente, Management, presidente delle associazioni ambientaliste Kronos e VIVA per una corretta informazione ambientale. Fu il coordinatore della riforma della normativa ambientale tentata con il Decreto Legislativo 152/2006, c.d. "Codice Ambientale". Autore di numerosi articoli, studi e pubblicazioni. Uomo competente e coraggioso, erede di una tradizione culturale e spirituale che gli derivava direttamente dal padre, il ministro democristiano Giuseppe Togni. Un caro amico personale e di 21mo Secolo; vogliamo ricordarlo pubblicando la sua prefazione al libro Da Malthus al razzismo verde (21mo Secolo, ottobre 2000), che bene illustra il suo corretto approccio alla tutela ambientale.

Roberto Irsuti

La sostenibilità ambientale di una popolazione mondiale crescente è da anni al centro dell'attenzione delle associazioni ambientaliste dominanti, le quali ritengono necessaria una forte riduzione delle nascite. Il problema è dei più scottanti: sulla limitazione delle nascite, e più in generale sulla politica demografica, è difficile ipotizzare un accordo che soddisfi tutti.

Ciò è dovuto non tanto al problema in sé, quanto al fatto incontestabile che la soluzione scelta, quale che sia, costituisce elemento fondante di una concezione dell'uomo, di una filosofia complessiva di vita, di un disegno di società e di uno schema di rapporti internazionali; se non vi fa paura, di una ideologia.

Tutte le nostre conoscenze, i nostri studi, le convinzioni e le idee che costituiscono il nostro patrimonio ci fanno affermare che l'uomo è ricchezza e potenziale della Terra, sulla quale e per la quale è destinato a riprodursi, a creare risorse e ricchezza da condividere con gli altri membri della sua specie.

Opporsi a qualunque forma di malthusianismo è una conseguenza immediata di queste premesse; ed è dimostrazione della inconciliabilità che ci caratterizza nei confronti dell'ambientalismo giurassico, come noi definiamo le associazioni ambientaliste dominanti ed

il contesto di attività, idee, potere e soldi che le attorniano.

Del resto, l'ambientalismo nostro, quello, per intenderci, scientificamente fondato, antropocentrico e pertanto di necessità ottimista, è per sua natura schierato anche sul problema della disponibilità e dell'uso delle risorse: è infatti assolutamente evidente che i due problemi – risorse e demografia – essendo intrinsecamente connessi, anzi, costituendo due facce della stessa medaglia, sopportano solo soluzioni coerenti.

E allora mi si consenta di proporre qualche considerazione sul problema delle risorse. Che, voglio dire subito, è un problema di uso e non di quantità della produzione.

Correlando con semplici formule matematiche i dati relativi alla radiazione solare che colpisce la Terra, l'assorbimento potenziale di questa quantità di energia da parte delle piante che vi sono esposte ed il rendimento in termini produttivi che ne discende, ed applicando questo calcolo alle terre attualmente coltivabili, si arriva necessariamente alla conseguenza che la Terra sarebbe in grado di fornire alimenti e beni sufficienti ad almeno sessanta miliardi di abitanti, e questo utilizzando criteri di calcolo assai conservativi. Va da sé che la teoria potrebbe diventare pratica solo ristrutturando in maniera radicale l'attuale sistema di distribuzione delle derrate, che attualmente è fortemente caratterizzato da egoismo, grettezza e irresponsabilità.

Quando vediamo che UE e USA premiano la riduzione della produzione agricola, mentre un quinto dell'umanità soffre la fame, dobbiamo provare vergogna per il mondo in cui ci troviamo, per chi lo governa e per la nostra indifferenza e dobbiamo trarne stimolo per rafforzare il nostro impegno a favore dei fratelli più bisognosi e per seguitare a combattere il sordido egoismo di chi rifiuta di offrire a chi ne ha bisogno non ciò che a lui stesso è necessario – si badi bene – ma ciò che gli è superfluo.

Le migliaia di bambini e di adulti che annualmente, in tutto il mondo, muoiono di fame, di sete, di malattie che potrebbero essere facilmente sconfitte da un impegno serio delle nazioni "civili", pesano sulla coscienza dei nostri governanti e sulla nostra come macigni. Tanto più che non si tratta di eventi inevitabili, ma di crimini consentiti dalla nostra indifferenza.

La relazione tra queste considerazioni ed il modo di affrontare i problemi ambientali risulterà evidente a chi voglia approfondire le relazioni tra nascita del movimento ambientalista classico, movimento malthusiano e alcuni influenti gruppi composti e organizzati da importanti componenti dell'élite capitalista mondiale.

Sia ben chiaro: non abbiamo nulla contro i sistemi economici a economia libera, che riteniamo gli unici in grado di garantire sviluppo, benessere e dignità alle persone.

Questa affermazione è divenuta oggi addirittura superflua, dato che frotte compatte di persone che fino a dieci o quindici anni fa affermavano con decisione che il sistema capitalista era la rovina dell'umanità e andava bandito dal mondo civile ne sostengono oggi

la bontà e l'insostituibilità. E tuttavia noi, che non possiamo essere tacciati di essere gli ultimi arrivati su questa posizione, riteniamo debbano essere posti dei limiti molto chiari allo *ius utendi et abutendi* di romana memoria, sulla base di considerazioni morali, del necessario rispetto della dignità della persona, della riaffermazione del valore assoluto che la vita di ogni singola persona rappresenta.

Un approccio di questo tipo a questa problematica non è però così diffuso, specialmente tra coloro che impostano la vita senza tenere conto del valore di quella degli altri e in particolare dei meno vicini. Costoro infatti spesso trovano utile riunirsi in gruppi, associazioni o consorzierie dalle quali far nascere e crescere e diffondere nell'opinione pubblica analisi e progetti che costituiscono né più né meno che schemi di razionalizzazione dei propri interessi, spesso in palese contrasto con le acquisizioni della conoscenza e della ricerca scientifica. Avviene talvolta che tali schemi, per lo più scarsamente compresi nella loro proiezione teleologica, vengano accettati dall'opinione pubblica e portino a costruire ipotesi di gestione della cosa pubblica a loro ispirati. (Che a questo sia funzionale il conformismo degli strumenti delle comunicazioni di massa e una certa omertà mafiosa anzichè di un certo schieramento politico, anche questo è vero: però si tratta di argomento che deve essere ripreso e approfondito in altra sede; ci impegniamo a farlo).

Un riferimento (evidentemente non l'unico) è chiaro: il Club di Roma e la teoria dello sviluppo limitato. Una teoria scientificamente infondata, moralmente ignobile e assolutamente inaccettabile a chiunque mantenga nel suo animo un minimo soffio di solidarietà e di disponibilità per i propri simili e che pure ha tenuto il campo per decenni, incontrastata; e che tuttora fa danni.

Il movimento per il controllo delle nascite si alimenta alle stesse sorgenti emotive, l'egoismo e l'indifferenza. Ne sono portatori, in genere, le stesse persone: coloro che si preoccupano solo per se stessi e vivono nell'indifferenza per gli altri; coloro che hanno grande sensibilità verso il proprio o l'altrui gatto, ma nessuna verso il proprio simile che si dibatte nella stretta del bisogno.

Siamo agli antipodi della nostra concezione della vita e dei valori che ne dobbiamo porre a fondamento.

Solo un impegno diffuso per una migliore distribuzione delle risorse esistenti potrà guidarci ad un mondo in cui i conflitti non siano determinati dal bisogno, e nel quale i bisogni siano alleviati dalla solidarietà internazionale. Nel quale ognuno sia chiamato a dare il contributo che per lui è possibile offrire – la logica del regalo sarebbe, come spesso è stato dimostrato da vicende anche recenti, deleteria – ed abbia la possibilità di vivere in libertà e dignità.

Un mondo, per concludere, nel quale anche la "risorsa ambiente" sia strumento per il miglioramento della qualità della vita degli uomini e non uno strumento di sopraffazione e di rapina, secondo la vecchia logica di alcuni capitalisti giurassici, ereditata e perfezionata da alcuni ambientalisti giurassici.

Il guru verde che si pente

di Franco Battaglia *

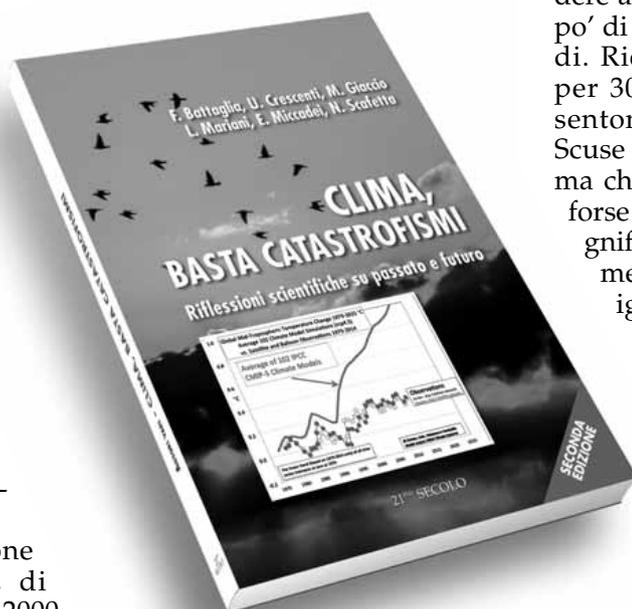
«A nome di tutti gli ambientalisti del mondo, chiedo perdono per il terrorismo climatico che abbiamo esercitato durante gli ultimi trent'anni». Questo è l'incipit di una lettera, pubblicata ai primi di luglio su *Environmental Progress*, da tale Michael Schellenberger che, per chi non lo sapesse, nel 2008 fu eletto "ambientalista dell'anno" dal settimanale *Time*, lo stesso che nominò persona dell'anno 2019 la piccola Greta Thunberg. Per farla breve, il guru ambientalista ha ammesso ciò che noi sosteniamo da tempo, e cioè che il variopinto verdume del mondo dice bugie sin da quando è nato. Nacquero, appunto poco più di trent'anni fa, i verdi, col simbolo del sole che ride orlato dalla massima "Nuke? Grazie, no". Cioè promettendo interruzione della produzione elettro-nucleare e un mondo il cui fabbisogno energetico sarebbe stato alimentato dal sole.

Peccato che la produzione elettronucleare mondiale, di 1700 TWh nel 1990, è stata di 2000 TWh nel 2019 e che il contributo del sole al fabbisogno energetico mondiale è, oggi come trent'anni fa, dell'8%.

Abbiamo quindi un guru Verde che chiede perdono. Apprezziamo, ma non bisogna lasciarsi ingannare: chi, per scelta, somaro era allora, somaro continua a essere. Appunto perché la sua asineria non era un accidente ma una scelta. Nel cospargersi il capo

di ceneri, il giovanotto continua a fuorviare. Per esempio, scrive: «il cambiamento climatico è una realtà». È vero che aggiunge che «non è né la fine del mondo e neanche un problema», e su questo dice il vero. Ma avrebbe dovuto aggiungere che il cambiamento climatico c'è sempre stato, anzi è lo stato naturale del pianeta, e l'uomo non ha nulla a che vedere con esso. Men che meno controllarlo.

Continua confortandoci che le emissioni di CO₂ stanno dimi-



nuendo in molti paesi occidentali. Avrebbe dovuto dire che le emissioni di CO₂ non rappresentano alcun problema. Perché, se lo fossero, la loro diminuzione nei paesi ricchi non è motivo di alcun conforto, visto che le emissioni, globali, sono oggi del 60% in più che vent'anni fa. Ci rassicura che «la produzione agricola cresce man mano che il mondo si fa più caldo». No. La produzione agricola cresce perché le biotecnologie hanno intro-

dotto gli Ogm ed i Paesi illuminati ne fanno largo uso e perché la produzione tradizionale fa uso degli anti-parassitari che i chimici e i biologi hanno inventato. La moderna agricoltura usa energia, tanta energia, che ci viene per quasi il 90% dai combustibili fossili: di fatto, la moderna agricoltura non è altro che la trasformazione di petrolio in cibo.

Il guru, patetico, confessa di aver omesso di parlare fino ad oggi, per due ragioni: primo, dice, perché si sentiva in imbarazzo. E poi per paura. Paura di perdere amici e denaro. Vediamo un po' di che pasta son fatta 'sti Verdi. Riescono a propalare bugie per 30 anni senza imbarazzo e sentono imbarazzo a ritrattare. Scuse un po' tardive, no? E poi: ma che razza di amici hanno? O forse non hanno idea di cosa significhi l'amicizia. La cosa non meraviglia, pare che sia una ignoranza comune: mi viene in mente il nostro Conte, che s'è esibito proibendo le visite tra amici in un lockdown ove erano permesse quelle tra congiunti. Ecco, Conte in proposito deve essere come i Verdi: non ha amici. Ne avesse avuto almeno uno, non avrebbe sottoscritto quella proibizione.

Quanto al timore di perdere denaro non abbiamo dubbi: con l'età abbiamo imparato che ovunque v'è un comportamento irrazionale, bisogna cercare dov'è il denaro che lo giustifichi. E quello dei Verdi è tutto fuorché razionale. Comunque sia, grazie Michael Schellenberger. Ti perdoniamo lo stesso. Anche se non lo meriti.

(<https://www.nicolaporro.it/il-guru-verde-che-si-pente/>, 14 luglio 2020)

* Docente di Chimica Fisica presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

L'avvio della prima centrale nucleare dei paesi arabi

Un momento storico per gli Emirati Arabi Uniti

Mohamed Al Hammadi, amministratore delegato della Emirates Nuclear Energy Corporation, descrive il significato del recente avvio della prima centrale elettronucleare del Mondo Arabo.

di Mohamed Al Hammadi *

Il 2020 è certamente un anno fondamentale per il Programma di sviluppo pacifico dell'energia nucleare negli Emirati Arabi Uniti (UAE). Gli Emirati sono infatti divenuti il primo paese del Mondo Arabo in grado di sviluppare l'infrastruttura intellettuale e fisica necessaria per l'utilizzo dell'energia nucleare per fornire l'elettricità sicura e pulita per soddisfare il fabbisogno elettrico di base. La Centrale Nucleare di Barakah, pietra d'angolo del programma nucleare degli UAE, costituisce un importante progetto infrastrutturale nazionale ed è parte integrale della strategia energetica di diversificazione delle proprie fonti di energia pulita. Questa centrale nucleare civile quando sarà pienamente operativa fornirà fino al 25% del fabbisogno elettrico degli UAE, evitando al tempo stesso l'emissione di 21 milioni di tonnellate di anidride carbonica l'anno, pari alla rimozione dalla circolazione stradale di 3,2 milioni di automobili ogni anno.

Questo agosto abbiamo raggiunto, la più significativa e storica pietra miliare del programma, ad oggi: l'avvio del primo dei quattro reattori della centrale di Barakah, il primo reattore per gli UAE e per l'intero Mondo Arabo, e un momento cruciale nella transizione degli UAE ad un futuro di energia pulita.

Per la prima volta il reattore 1 ha generato calore mantenendo in sicurezza la reazione di fissione nucleare. Tale significativa pietra miliare segue il caricamento del combustibile nucleare, in marzo, da parte della nostra joint venture Nawah Energy Company, che come sussidiaria gestisce l'operatività e la manutenzione del reattore. Questo importante passo è stato completato dalla Nawah dopo aver ricevuto, a febbraio, la licenza di operare il reat-

tore 1 da parte dell'ente regolatore nucleare, indipendente, degli UAE: la Federal Authority for Nuclear Regulation (FANR).

Ma al di là di questa pietra miliare, la principale lezione appresa è il come gli UAE abbiano raggiunto tale risultato. Esso è il culmine di dieci anni di visione, pianificazione strategica ed impegno, unito al rispetto dei più elevati livelli di sicurezza e qualità nucleare ed alla costante collaborazione con le organizzazioni internazionali.

I nostri team di qualificati professionisti hanno dimostrato un incredibile impegno per lavorare in sicurezza e costantemente, fronteggiando anche le sfide poste dalla pandemia globale del Covid-19. Dal febbraio di questo anno abbiamo lavorato in stretta collaborazione con le autorità locali e federali, insieme con la comunità nucleare internazionale, per mettere in atto delle rigorose misure di protezione della salute specifiche per il Covid-19, proteggendo i nostri lavoratori e l'impianto, così da minimizzare l'impatto di ogni possibile evento sulla realizzazione della centrale di Barakah. Tale approccio ci ha consentito di rispettare in sicurezza i tempi di avvio del primo reattore, del quale siamo molto orgogliosi, e che la dimostrazione della resilienza e flessibilità dei nostri lavoratori nel lavorare in condizioni che abbiamo definito come la "nuova normalità".

Sono tre i fattori che hanno reso possibile costruire l'impianto di Barakah nei tempi previsti e rispettando i più elevati livelli di qualità e sicurezza.



Immagine dei quattro reattori della centrale nucleare di Barakah nella regione di Al Dhafrah in Abu Dhabi

* Chief Executive Officer (amministratore delegato) della Emirates Nuclear Energy Corporation

Prima di tutto, la nostra politica per l'energia nucleare ci ha assicurato fin dall'inizio un percorso ben definito.

La scelta politica del 2008 su *The Evaluation and Potential Development of Peaceful Nuclear Energy* delineò la necessità di sviluppare ulteriori fonti di elettricità per soddisfare il previsto futuro fabbisogno elettrico e sostenere il continuo sviluppo dell'economia.

La politica stabili saldi impegni che sono stati confermati nel tempo. Essi comprendono impegni alla completa trasparenza delle azioni, a conseguire i più alti livelli di non-proliferazione nucleare, tutela della salute e sicurezza. Essi includono l'impegno a lavorare insieme con nazioni responsabili e direttamente con l'International Atomic Energy Agency (IAEA); conformandoci ai suoi standard internazionali nella realizzazione di un programma per il pacifico utilizzo dell'energia nucleare.

Nel 2012 iniziammo la costruzione e dopo otto anni la società Nawah ha avviato il primo dei quattro reattori. Una politica chiara ed un percorso definiti fin dall'avvio del programma ci hanno consentito di procedere con la costruzione e raggiungere l'avvio del reattore in modo sicuro, efficiente ed efficace.

In secondo luogo, lavorare con partner e portatori di interesse internazionali ci ha permesso di trarre vantaggio dalla loro decennale esperienza e competenza, assimilandole in un programma di sviluppo davvero efficiente.

La Emirates Nuclear Energy Corporation ha lavorato a stretto contatto con il capo commessa e nostro partner nella *joint venture*, la Korea Electric Power Corporation (KEPCO), così da assicurare che la centrale rispettasse tutte le normative nazionali insieme con gli standard e le migliori pratiche internazionali. La centrale utilizza la tecnologia coreana APR1400, che è stata sviluppata e perfezionata dalla KEPCO nel corso dei passati 30 anni, e certificata dall'ente regolatore coreano, il Korea Institute of Nuclear Safety (KINS), per l'utilizzo in South Korea.

La tecnologia è stata approvata per le realizzazioni negli UAE dal FANR e successivamente anche dalla US Nuclear Regulatory Commission (NRC) per un utilizzo negli USA. Tali approvazioni mostrano chiaramente come il progetto del reattore soddisfi i più elevati livelli di sicurezza e di prestazioni operative.

L'unità Barakah 1 è il primo reattore APR1400 costruito al di fuori della Corea del Sud, ma tre reattori APR1400 hanno già operato per molti anni in Corea del Sud ed un quarto, l'unità 2 a Shin Hanul, raggiungerà la criticità all'inizio del 2021.

La guida di organizzazioni internazionali come la IAEA e la World Association of Nuclear Operators (WANO) è stata uno strumento utile per rag-

giungere i risultati di Barakah. All'inizio del 2020 un gruppo internazionale di esperti dell'industria nucleare provenienti dal Centro di Atlanta della WANO ha condotto un approfondito esame della preparazione operativa, concludendo che il reattore 1 della centrale, realizzato nella regione Al Dhafra dell'Emirato di Abu Dhabi, fosse pronto per l'avvio delle operazioni. Il completamento con successo della valutazione Pre-Start Up Review (PSUR) da parte della WANO ha fornito il riconoscimento internazionale che la nostra centrale, i nostri tecnici e le nostre procedure soddisfano i requisiti internazionali per l'avvio di un reattore nucleare.

Terzo fattore, nel successo del programma ha avuto un ruolo fondamentale lo sviluppo di una generazione di talentuosi professionisti dell'energia nucleare. Fin dal varo del programma nucleare degli UAE, abbiamo lavorato senza sosta per assumere, addestrare e certificare talentuosi cittadini degli Emirati per assicurarci la disponibilità di professionisti del nucleare qualificati per i prossimi 60 anni di funzionamento della centrale di Barakah.

Siamo orgogliosi del fatto che circa il 60 per cento dei nostri dipendenti siano cittadini degli Emirati – professionisti che stanno già diventando leader mondiali nelle loro specializzazioni.

Lo scorso anno abbiamo conseguito un traguardo storico nel programma di sviluppo del capitale umano: la certificazione dei primi cittadini degli Emirati come *senior reactor operators* (SROs) e *reactor operators* (ROs) e la qualifica di cittadini degli Emirati come operatori di impianti nucleari, controllori della qualità e altre qualifiche essenziali per operare la centrale di Barakah. Attualmente, già 72 lavoratori sono stati certificati dal FANR come SROs, 30 dei quali sono cittadini degli Emirati.

Complessivamente, il settore energetico nucleare è un motore di crescita sociale, accademica ed economica. L'energia nucleare sostiene la diversificazione delle fonti energetiche negli UAE, creando migliaia di posti di lavoro altamente qualificati attraverso la realizzazione di una industria nucleare locale sostenibile e dei suoi fornitori. Già oggi, duemila industrie locali hanno ricevuto contratti, del valore complessivo di 4,8 miliardi di dollari, qualificandosi per la fornitura di servizi e prodotti di livello nucleare, mostrando quale valore abbia il nucleare, al di là della fornitura di energia elettrica abbondante ed economica.

Proseguendo nel nostro percorso verso la piena operatività commerciale, la centrale di Barakah ed il più vasto Programma degli Emirati senza dubbio forniranno una pietra di paragone per altre nazioni che per la prima volta desiderino padroneggiare i numerosi benefici sociali, economici ed ambientali a lungo termine dell'utilizzo pacifico dell'energia nucleare.

(da *World Nuclear News* del 10 agosto 2020)

Nella riduzione dei costi la chiave della competitività del nucleare

È opinione comune che l'energia nucleare non sia economicamente sostenibile per l'incertezza dei costi e dei tempi di realizzazione, che in genere tendono a lievitare di molto rispetto a quanto preventivato, in alcuni casi causando anche l'abbandono del progetto.

Tuttavia, ad una più attenta analisi, questa dinamica appare tutt'altro che generalizzata, ma limitata ad alcuni, seppur significativi, casi: Olkiluoto 3 in Finlandia, Vogtle 3 e 4 negli USA, Flamanville in Francia, per citare quelli più recenti.

Di converso, le recenti realizzazioni in Cina, Russia, Corea ed Emirati Arabi Uniti dimostrano che si può costruire nucleare nei tempi e nei costi stabiliti.

A queste conclusioni giunge il rapporto della *Nuclear Energy Agency* (in seno alla OECD, Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) intitolato *Unlocking Reductions in Construction Costs of Nuclear* presentato recentemente in un webinar.

Dal rapporto si evince che il più elevato fattore di rischio è rappresentato dalla scelta di progetti *first-of-a-kind*, ovvero i primi esemplari di un determinato impianto.

La standardizzazione è quindi rilevante nella riduzione dei costi, dunque i programmi nucleari che puntano su un design già affermato, o per lo meno sulla costruzione di una flotta di centrali

dello stesso design, sono più sostenibili economicamente. Ad esempio, la costruzione della seconda unità di Hinkley Point C (Gran Bretagna) mostra già benefici in termini di tempi e costi rispetto alla prima unità, e si prevedono ulteriori miglioramenti nei tempi e costi di costruzione delle due unità della centrale di Sizewell C, EPR gemelli delle unità di Hinkley Point.

Un ulteriore elemento di riduzione dei costi è apportato dalla stabilità e dalla prevedibilità dell'assetto normativo. Ad esempio, confrontando il costo capitale (al netto degli interessi, *Overnight Cost*) di Flamanville 3 con le unità 1 e 2 della centrale cinese di Taishan (entrambe EPR) si nota che il primo si situa intorno a 7500 €/kW mentre il secondo si ferma a 2900 €/kW. Evidentemente, al di là delle differenze politiche e culturali tra Francia e Cina, la determinazione nel perseguire il programma nucleare fa la differenza. Prova ne sia che in passato

la stessa riduzione dei costi che oggi si osserva nei programmi nucleari in Cina e Russia si osservò nei programmi nucleari francese degli anni Ottanta e giapponese degli anni Novanta.

Nel breve medio termine il rapporto dunque vede come vincenti sul piano della sostenibilità economica i programmi nucleari che si affidano a design maturi da costruire in serie, con il corollario di un supporto governativo che si traduca sia in sostegno finanziario (almeno in Occidente e per una fase di transizione), sia in un quadro normativo e di assetto del mercato chiaro e stabile. Senza trascurare di curare la filiera industriale necessaria al programma stesso, nonché una continua attenzione all'innovazione tecnologica e alla coltivazione dei talenti.

(www.associazioneitaliananucleare.it, 12 agosto 2020)



La centrale nucleare di Taishan (EPR), in Cina (foto CGN)

Basta ipocrisie sull'energia nucleare

Il nucleare contribuisce al 26% dell'elettricità prodotta nell'Unione europea: un terzo dell'intero fabbisogno elettrico, grazie a 108 centrali esistenti ed operative in molti paesi europei, ma non in Italia.

di Umberto Minopoli *

Sessantaquattro membri del Parlamento Europeo hanno sottoscritto un appello alla Commissione Europea perché si consideri, ufficialmente, il contributo del nucleare civile nella strategia del *green new deal* e perché l'energia nucleare entri a far parte delle politiche di incentivi agli investimenti, di sostegno alla ricerca e di stimolo alla produzione al pari delle altre fonti energetiche *low carbon*. La stessa richiesta è stata avanzata, al presidente von der Leyen, ai vice-commissari e al presidente del Parlamento Europeo, da un Forum di utilities elettriche e dai rappresentanti dell'industria nucleare europea (1 milione e 100.000 addetti).

È ora di rimuovere l'ipocrisia diffusa sul contributo dell'energia nucleare in Europa: considerata indispensabile ma penalizzata nelle scelte di sostegno. Con 108 centrali esistenti ed operative (in molti paesi europei ma non in Italia), il nucleare contribuisce al 26% dell'elettricità prodotta nell'Ue: un quarto dell'intero fabbisogno elettrico. Senza i 119 GWe prodotti dal nucleare la stessa contabilità delle emissioni di CO₂ del continente cambierebbe radicalmente. Come pure la fattibilità e il realismo della transizione energetica in Europa. Già oggi

l'Europa è un importatore netto di energia primaria: pur in arretramento (per la debolezza del ciclo economico) i consumi energetici eccedono (per oltre la metà) la produzione. Per coprire questo gap l'Europa spende 400 miliardi l'anno.

È del tutto evidente che nessuna politica realistica di riduzione della dipendenza da fonti esterne, di abbattimento delle emissioni di CO₂, di riduzione del contributo delle fonti fossili è ipotizzabile senza, almeno, il mantenimento della quota di produzione elettrica da nucleare nel portafoglio energetico europeo. Semmai, in previsione di una crescita dei consumi sarebbe saggio prevederne l'espansione. Tranne la Germania, che prevede la chiusura dei suoi 8 impianti entro il 2022 (lo farà?), nessuno dei paesi nucleari europei (GB, Spagna, Svezia, Finlandia, Belgio Olanda) e dei paesi dell'est (Cekia, Bulgaria, Ungheria, Slovacchia, Romania, Slovenia) prevede di cancellare la sua produzione nucleare. Anzi, cresce l'importazione di elettricità da nucleare (17% del fabbisogno europeo) da paesi terzi confinanti (Russia, Ucraina, Svizzera).

Si finge di ignorarlo, ma in Europa risultano ben 15 impianti nucleari in costruzione per una capacità di circa 14 GWe. L'ipocrisia diffusa è quella di dare per scontato, in Europa, questo contributo indispensabile del nucleare, ma rimuovere o tacere sulle conseguenze che ne discendono in termini di politiche pubbliche

di sostegno. Pur essendo impianti con ciclo operativo di vita (40 anni) utile doppio o triplo di ogni altro impianto energetico, fossile o rinnovabile, esistente il 90% delle centrali attive in Europa, in attività (media) ormai da oltre un trentennio, entro il 2035 raggiungerà la data del suo fine ciclo vita. La gran parte di questa flotta di impianti necessiterà, dunque, di essere rimpiazzata. Non sarà possibile farlo senza un cambiamento che riconosca l'eleggibilità degli impianti nucleari, in quanto fonte *no carbon*, ai sostegni e agli incentivi della transizione energetica. Non solo. Il nucleare va sostenuto, anche, nella prospettiva.

Entro il 2030 la fusione nucleare passerà dalla fase di sperimentazione a quella di dimostrazione della fattibilità. E qui l'Europa ha un ruolo decisivo. Ma, prima di essa, è la frontiera del nuovo nucleare, quello dei piccoli reattori modulari tra i 300 e i 500 MW, intrinsecamente sicuri e "puliti", a ciclo chiuso del combustibile (senza produzione di scorie), integratori e complementari delle reti di energie rinnovabili, che sta entrando nella fase della fattibilità. Quesito finale: è giusto che l'Italia, fuori dal "vecchio nucleare" (quello dei grandi impianti da oltre 1000 MW) per effetto del referendum del 2011, sia fuori anche dalle innovazioni del futuro e dal "nuovo nucleare"?

(da *Formiche*, 14 luglio 2020)

* Presidente Associazione Italiana Nucleare

Illusioni verdi: California, fonti rinnovabili e black out

L'elenco dei problemi della California si allunga: incendi, terremoti, colate di fango, degrado urbano, violenza, rivolte e anche il COVID-19; ora possiamo aggiungere anche i "blackout a rotazione" della rete elettrica e nel mese di agosto 2020 la California è stata costretta a istituire blackout continui, spegnendo le luci per milioni di cittadini in agosto, un mese afoso in gran parte dello Stato.

Nonostante circa 30 anni di avvertimenti da parte di esperti di politica energetica, che sottolineavano come l'energia eolica e solare siano fonti di energia costose, aleatorie e quindi poco affidabili, che non possono essere immagazzinate su una scala significativa, era stato assicurato ai cittadini che quegli avvertimenti erano solo cortine fumogene, propaganda, pagata da società interessate a vendere combustibili fossili.

Ora i tecnici del California Independent Systems Operator (ISO), l'ente senza scopo di lucro che controlla l'80% del flusso della distribuzione di elettricità della California, hanno affermato che la situazione è peggiorata drammaticamente dopo la chiusura di tre centrali elettriche convenzionali.

L'ISO ha anche sottolineato la mancanza di accesso all'elettricità da fonti esterne allo stato. "Comprendiamo che le interruzioni di servizio non sono facili e facciamo tutto il possibile per evitarle" - ha affermato Anne Gonzales, portavoce dell'ISO della California. - "Il motivo della carenza di energia è il caldo elevato e le persone che vogliono naturalmente stare al fresco".

Quando ci si affida troppo alle nuove fonti di energia rinnovabile, ovvero quando il vento non soffia e il sole non splende, hai un crescente bisogno di fonti energetiche di riserva.

Queste possono essere generate con fonti di energia convenzionali come il gas o l'energia nucleare o se il tuo stato è ideologicamente contrario ai combustibili fossili, si può acquistare elettricità dall'esterno evitando qualsiasi menzione di come sia stata prodotta.

Va tutto bene, fino a quando non accade che le società che vendono l'energia di riserva abbiano effettivamente bisogno di usarla per le loro necessità, che si sovrappongono pesantemente a quelle degli utenti della California. L'anno scorso, la commissione Public Utilities ha ordinato alle aziende di servizi pubblici e ai fornitori di energia elettrica della California di procurarsi 3.300 megawatt di capacità aggiuntiva tra il 2021 e il 2023, poiché la carenza di potenza elettrica potrebbe sicuramente portare a blackout drammatici.

L'energia rinnovabile non programmabile (sole e vento) richiede una crescente riserva di potenza elettrica, che non è sempre disponibile o sufficiente, e non è gratuita; aumenta ulteriormente i già elevati costi del chilowattora da fonte rinnovabile; così mentre paghi per fare la figura dell'ambientalista verde, metti a rischio l'affidabilità delle forniture elettriche.

(fonte, <https://climatechangedispatch.com/california-reveals-the-s.../>, 30 agosto 2020)

La California al buio: è il futuro che ci attende?

Venerdì 14 agosto alle ore 18.30 il gestore della rete californiana (CA-ISO) ha lasciato al buio milioni di utenti in quanto le riserve di capacità erano troppo basse per garantire la stabilità della rete. Le cause dirette del black-out imposto sono da ricercarsi nella indisponibilità di 1250 MW di capacità andata fuori servizio in concomitanza con un'intensa ondata di calore.

È la seconda volta in meno di un anno che la California sopporta un grave black-out: in ottobre, per evitare incendi boschivi, due utilities attuarono un black-out programmato. A ben vedere però i black-out sono una delle facce della medaglia di una politica energetica e climatica che ha puntato tutto sulle rinno-

vabili, forzando la chiusura di centrali nucleari e di centrali a gas. L'energia solare ricopre ormai un ruolo preponderante nel mix di produzione della California, e al tramonto, proprio quando la domanda aumenta, migliaia di MW di capacità solare vanno a zero.

Come se non bastasse, uno studio pubblicato dalla Pacific Gas & Electric Company, disegna un quadro ancor più inquietante per il futuro, prevedendo un raddoppio della frequenza dei black-out nei prossimi 15 e una loro quadruplicazione nei prossimi 30 anni, a meno di non intervenire sulla rete di distribuzione con pesanti investimenti di ammodernamento.

Questi investimenti dovrebbero aggiungersi ai costi già di per sé esorbitanti che gli utenti californiani

hanno dovuto sopportare per rendere possibile la transizione verso le fonti rinnovabili: il prezzo del kWh in California è cresciuto di sei volte rispetto al resto degli Stati Uniti nel periodo 2011-2019. Anche per questo motivo il governatore Newsom non si è assicurato l'importazione di elettricità extra dagli stati confinanti, cosa che avrebbe probabilmente scongiurato i black-out, ma ha imposto ulteriori aumenti al prezzo dell'elettricità.

Anche la politica anti-nucleare della California non ha aiutato: fosse stata ancora operativa la centrale di San Onofre, chiusa prematuramente nel 2015, il black-out sarebbe stato scongiurato, dal momento che la sua capacità era doppia rispetto alla potenza in difetto sulla rete. La chiusura della centrale nucleare di Diablo Canyon, programmata per il 2025, non potrà che acuire il problema, riducendo ulteriormente la potenza di carico di base disponibile sulla rete.

Paradossalmente, se la California avesse speso 100 miliardi di dollari in energia nucleare piuttosto che nel solare e nell'eolico, oggi avrebbe abbastanza elettricità per rimpiazzare tutte le fonti fossili.

Le centrali nucleari esistenti, posizionate sulla costa, sono più vicine ai centri urbani dove la domanda è localizzata, a differenza dei grossi impianti solari nelle zone interne, che richiedono lunghe linee di trasmissione (spesso causa di incendi boschivi) per soddisfare la domanda.

Le difficoltà di quest'estate sono state acuite da un fattore climatico facilmente prevedibile, ovvero un'area di alta pressione che ha causato assenza di vento (quindi di produzione eolica) e alte temperature (quindi elevata domanda). Sole e vento raramente si complementano a vicenda, e la situazione non migliorerà in inverno, quando la produzione solare cala. Né i costosi tentativi di accoppiare crescenti capacità di stoccaggio alla produzione solare potranno alleviare i problemi se non sulla scala temporale di alcune ore.

Incuranti delle crescenti difficoltà in cui versa, alcuni esponenti del Partito Democratico elevano la California ad esempio nazionale. E dire che gli esempi alternativi non mancano: il piano strategico dell'Arizona Public Service, la più grande utility elettrica nel Copper State, prevede il raggiungimento dell'obiettivo zero emissioni nel 2050, combinando tutte le fonti a basse emissioni disponibili, ovvero rinnovabili e nu-

clear. La centrale nucleare di Palo Verde infatti produce più elettricità di qualsiasi altra centrale elettrica in America (oltre 32 miliardi di kWh all'anno) e il 40% in più della centrale idroelettrica di Grand Coulee, benché quest'ultima abbia il doppio della capacità nominale.

Con il nucleare nel proprio portafoglio, l'utility dell'Arizona produrrà il 65% di elettricità da fonti a basse emissioni già tra 10 anni.

A questo punto è lecito chiedersi che lezione l'Europa, e l'Italia in particolare, debbano trarre dalla California: sono i black-out programmati il futuro che ci attende? Il rischio c'è, anche se non è dietro l'angolo. Per ora il Paese europeo con le politiche più simili alla California è la Germania, la cui transizione energetica, parimenti costosa e non indolore, è però lungi dall'essere compiuta, dal momento che i tedeschi non sono intenzionati a rinunciare al carbone come spina dorsale della loro produzione elettrica per ancora molti anni, come pure non hanno intenzione di rinunciare al gas naturale, il "salvatore" delle rinnovabili, in quanto fornisce rapido back-up alle loro carenze.

L'Italia dal canto suo ha una strategia energetica saldamente imperniata sul gas naturale e il portafoglio rinnovabile del nostro Paese vede ancora preponderante la fonte idroelettrica, di gran lunga meno capricciosa di solare ed eolico.

Nel 2003, distacchi programmati interessarono il nostro Paese per concomitante elevata domanda, basse importazioni e ridotta produzione idroelettrica: allora la produzione solare ed eolica era agli albori. Tuttavia i consumi elettrici procapite in Italia sono tre o quattro volte inferiori a quelli della California. Se, come previsto, i consumi dovessero aumentare complice l'elettrificazione di trasporti e la climatizzazione invernale, anche l'Italia dovrebbe attentamente pianificare fino a che punto le rinnovabili intermittenti possano coprire in sicurezza il nostro fabbisogno elettrico. L'equilibrio tra sicurezza degli approvvigionamenti, costi della rete, livello di emissioni e altre considerazioni ambientali non è scontato, e se il nostro obiettivo fosse azzerare le emissioni, la fonte nucleare non potrebbe essere scartata a priori, non senza essere consci dei sacrifici che tale scelta comporterebbe, e che la situazione in California ci pone dinnanzi agli occhi.



(da <http://www.associazioneitaliananucleare.it>)

Attualità del nucleare nel mondo

Dopo aver fornito, nei numeri precedenti della rivista, una breve descrizione di come si sono effettivamente verificati i drammatici eventi di Chernobyl e di Fukushima, delle conseguenze causate dagli stessi e della manipolazione delle informazioni da parte di politici e mass media, mi sembra doveroso fornire al lettore una breve panoramica sulla situazione attuale del comparto nucleare a livello europeo e mondiale.

di Ettore Ruberti *

Premessa

Stando a quanto riportato dai mass media italiani, sembra che il nucleare sia ridotto al lumicino come fonte energetica, come abbiamo verificato negli articoli precedenti. Ma le cose non stanno affatto così, al contrario, il nucleare sta attualmente vivendo un momento di espansione. Potremmo persino dire che stia vivendo una nuova primavera.

Alcune centrali di prima e seconda generazione, che erano state progettate per durare trent'anni, grazie ai progressi tecnologici sono state "ringiovanite" ed hanno allungato la loro vita operativa, spesso addirittura raddoppiandola.

Le centrali più vecchie dovranno comunque essere sostituite (nel periodo 1998-2018, sono andati in pensione 89 vecchi reattori e 98 nuovi reattori sono entrati in funzione), anche se la demagogica campagna contro il nucleare ha ottenuto lo scopo di rendere l'opinione pubblica europea estremamente "critica" nei confronti di questa fonte energetica: in Austria la popolazione decise nel 1978, tramite referendum, di non far entrare in funzione l'unica centrale appena costruita a Zwentendorf e di rinunciare al nucleare (va rimarcato che per sostituire il fabbisogno energetico che doveva garantire la centrale di Zwentendorf vennero costruite due centrali a carbone!); della disastrosa uscita dell'Italia dal comparto abbiamo già discusso. Tale uscita ha peggiorato enormemente la già critica situazione energetica del Paese che importa attualmente, va sottolineato, ben il 75% del proprio fabbisogno energetico; la Germania, a parole il Paese più "green" d'Europa, ha intenzione di dismettere le centrali nucleari entro il

2022, e si è impegnata a rinunciare al carbone dal 2038, ma sta continuando a costruire centrali elettriche a carbone e sta distruggendo interi villaggi per estrarre torba, ossia il carbone più giovane, più ricco d'acqua e meno energetico. La vicina Svizzera, che non fa parte della Unione Europea, dei suoi 5 reattori ne ha chiuso uno, giunto al termine della normale vita operativa e ha deciso di non costruire nuovi impianti nucleari e tra i Paesi europei, solo la Francia, la Finlandia, la Gran Bretagna e i Paesi dell'Europa orientale (Bielorussia, Bulgaria, Repubblica Ceca, Romania, Slovacchia, Ucraina e Ungheria) stanno costruendo o hanno in programma nuove centrali.

Per quanto concerne i supposti costi eccessivi che presenta il nucleare, sono coautore di uno studio pubblicato sulla pregevole rivista *Analysis*, cui rimando (Ciotti M., Ruberti E., Manzano J. 2017 Il Progetto Hinkley Point C, *Analysis* 3/2017 pp. 23-34), in cui dimostriamo che i costi previsti per la nuova centrale inglese di Hinkley Point C, sono assolutamente congrui.

Sviluppo del nucleare nel Mondo

A differenza di quanto accade nell'Unione Europea, a livello mondiale il nucleare sta vivendo una seconda giovinezza; questo grazie soprattutto ai Paesi emergenti, Cina in primis, ma non solo.

La Cina, dopo una pausa di tre anni, nel 2019 ha deciso di avviare la costruzione di sei-otto centrali l'anno, fino al 2030, con l'obiettivo di arrivare a coprire il 10% dei consumi elettrici entro quell'anno, partendo dall'attuale 4,9%. La Cina è orientata a costruire centrali autofertilizzanti HTGR ad alta temperatura, utilizzabili in processi industriali, con l'obiettivo di produrre anche idrogeno, da utilizzare prevalentemente per il trasporto su gomma, ed a produrre vapore per il teleriscaldamento.

Attualmente sono in costruzione a livello mondiale ben 53 centrali nucleari, soprattutto in Paesi extraeuropei, per una potenza elettrica complessiva di 54.094 MWe.

La Russia sta attivamente promuovendo la costruzione di centrali anche al di fuori dei suoi confini (ad es. Turchia, Iran, Bangladesh), offrendo un portafoglio di opportunità adeguato al livello tecnologico del Pa-

* Ricercatore dell'ENEA, Dipartimento FSN-FISS-SNI. Professore a contratto di Biologia generale e molecolare all'Università Ambrosiana.

Reattori nucleari in attività: 441
Potenza elettrica complessiva: 391.665 MWe
Percentuale di generazione elettrica mondiale: 10,5 %
Reattori nucleari in costruzione: 53
per una potenza elettrica di: 54.094 MWe

se cliente: si va dal pacchetto integrale con addestramento del personale a contratti che prevedono la gestione totale degli impianti. La Russia è anche il Paese che ha maggiormente sviluppato le piccole centrali offshore ubicate su chiatte, mentre anche la tecnologia delle centrali modulari è molto avanzata.

L'India ha attualmente 22 reattori in funzione, 7 in costruzione ed è intenzionata a costruirne altri 14 poiché, come ha dichiarato il Dipartimento dell'Energia Atomica indiano "non esiste un sostituto per l'energia atomica particolarmente affidabile". In passato l'India aveva dichiarato di voler raddoppiare la propria capa-

Reattori Nucleari nel mondo (settembre 2020)

	Nazione							
	Elettricità da fonte nucleare nel 2019		Reattori collegati alla rete elettrica		Reattori in costruzione		Reattori pianificati	
	TWh	% e	No.	MWe netti	No.	MWe lordi	No.	MWe lordi
Argentina	7,9	5,9	3	1641	1	29	1	1150
Armenia	2,0	27,8	1	375	0	0	0	0
Bangladesh	0	0	0	0	2	2400	0	0
Belarus	0	0	0	0	2	2388	0	0
Belgium	41,4	47,6	7	5930	0	0	0	0
Brazil †	15,2	2,7	2	1884	1	1405	0	0
Bulgaria	15,9	37,5	2	2006	0	0	1	1000
Canada	94,9	14,9	19	13.554	0	0	0	0
China	330,1	4,9	48	46.498	12	12.451	44	49.985
Czech Republic	28,6	35,2	6	3932	0	0	1	1200
Egypt	0	0	0	0	0	0	4	4800
Finland	22,9	34,7	4	2794	1	1720	1	1250
France	382,4	70,6	56	61.370	1	1650	0	0
Germany	71,9	12,4	6	8113	0	0	0	0
Hungary	15,4	49,2	4	1902	0	0	2	2400
India	40,7	3,2	22	6255	7	5300	14	10.500
Iran	5,9	1,8	1	915	1	1057	1	1057
Japan	65,7	7,5	33	31.679	2	2756	1	1385
Jordan	0	0	0	0	0	0	0	0
Kazakhstan	0	0	0	0	0	0	0	0
Korea RO (South)	138,8	26,2	24	23.172	4	5600	0	0
Lithuania	0	0	0	0	0	0	0	0
Mexico	10,9	4,5	2	1552	0	0	0	0
Netherlands	3,7	3,2	1	482	0	0	0	0
Pakistan	9,1	6,6	5	1318	2	2200	1	1170
Poland	0	0	0	0	0	0	0	0
Romania	10,4	18,5	2	1300	0	0	2	1440
Russia †	195,5	19,7	38	28.437	4	4854	24	25.810
Saudi Arabia	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovakia	14,2	53,9	4	1814	2	942	0	0
Slovenia	5,5	37,0	1	688	0	0	0	0
South Africa	13,6	6,7	2	1860	0	0	0	0
Spain	55,9	21,4	7	7121	0	0	0	0
Sweden	64,4	34,0	7	7740	0	0	0	0
Switzerland	25,4	23,9	4	2960	0	0	0	0
Thailand	0	0	0	0	0	0	0	0
Turkey	0	0	0	0	2	2400	2	2400
Ukraine ‡	78,1	53,9	15	13.107	2	1900	0	0
UAE	0	0	1	1345	3	4200	0	0
United Kingdom	51,0	15,6	15	8923	2	3440	2	3340
USA †	809,4	19,7	95	97.154	2	2500	3	2550
Uzbekistan	0	0	0	0	0	0	2	2400
WORLD*	2657	c 10,2**	441	391.665	53	59.192	106	113.837

Fonti: International Atomic Energy Agency Power Reactor Information System (PRIS); US Energy Information Administration; World Nuclear Association (settembre 2020).

Reattori in costruzione = Primo cemento di fondazione gettato

Reattori pianificati = Approvati; finanziamenti ed contratti già attivati; probabilmente collegati alla rete entro i prossimi 15 anni.

* World figures include Taiwan, which generated a total of 31.1 TWh from nuclear in 2019 (accounting for 13.4% of Taiwan's total electricity generation). The island has four operable reactors with a combined net capacity of 3844 MWe.

TWh = terawatt hour (billion kilowatt hours); kWh = kilowatt hour; MWe = megawatt (electrical as distinct from thermal).

Generazione elettrica	(TWh)	Tasso di crescita (%)	Quota (%)	
	2018	2017-2018	2000	2018
Carbone	10 116	2,6%	39%	38%
Petrolio	903	-3,9%	8%	3%
Gas	6 091	4,0%	18%	23%
Nucleare	2 724	3,3%	17%	10%
Idro	4 239	3,1%	17%	16%
Biomasse e rifiuti	669	7,4%	1%	3%
Eolico	1 217	12,2%	0%	5%
Solare fotovoltaico	570	31,2%	0%	2%
Altre rinnovabili	144	4,2%	0%	1%
Totale	26 672	4%	100%	100%

cità nucleare entro il 2031, ipotesi poi ridimensionata poiché la Nuclear Power Corporation indiana aveva espresso dubbi sulla fattibilità del progetto. Questo vuol dire che punterà ancora molto sul carbone, come del resto sta avvenendo in Cina dove stanno costruendo centinaia di nuove centrali, per la maggior parte con tecnologie non certo all'avanguardia.

Attualmente il Pakistan dispone di 5 centrali (+ 2 in costruzione ed 1 in progettazione), ma ha annunciato l'intenzione di costruirne 32 entro il 2050. Il Pakistan è stato il primo Paese musulmano in grado di costruire e gestire autonomamente centrali nucleari. Anche l'Iran ha costruito una centrale e ne ha una seconda in costruzione.

Anche altri Paesi asiatici, come la Corea del Sud, Thailandia, Bangladesh, Bielorussia e Taiwan, stanno costruendo o hanno in previsione la costruzione di nuove centrali, facendo dell'Asia la protagonista di quello che è stato definito un rinascimento nucleare.

Quest'anno la Corea del Sud ha completato il primo di quattro reattori in costruzione a Barakah, inaugurando la prima centrale negli Emirati Arabi Uniti.

Il Giappone, dopo il blocco totale seguito al disastro di Fukushima, ha riavviato 9 reattori ed ha confermato un ruolo importante per il nucleare nella propria politica energetica, tanto da avviare la costruzione di 2 nuovi reattori, che si aggiungeranno ai 24 impianti nei quali sono in corso adeguamenti alle più severe nuove normative di sicurezza.

In Turchia è in fase avanzata di costruzione la prima

centrale nucleare costruita dai russi, è stata avviata la costruzione del secondo reattore ed Erdogan ha annunciato l'intenzione di costruirne rapidamente altre 2.

In Africa, dove la Repubblica Sudafricana ha due reattori in funzione e progetta di costruirne altri, numerosi Paesi (tra i quali Egitto e Tunisia) hanno avviato il percorso che li porterà alla realizzazione della propria prima centrale nucleare.

Nelle Americhe, Stati Uniti, Argentina e Brasile stanno costruendo nuove centrali, purtroppo poche poiché puntano ancora sui combustibili fossili, nel caso degli USA soprattutto sul carbone. Il Canada non ha in programma la costruzione di nuove centrali ma sta attivamente ammodernando i reattori CANDU per allungarne significativamente la vita operativa.

In Europa, come scrive giustamente Alberto Clò nell'articolo "Nucleare: chiudere la stalla quando i buoi sono scappati", pubblicato sulla rivista *Energia*: "Le nuove rinnovabili non hanno scalfito le fossili ma hanno semmai "cannibalizzato" la tecnologia nucleare" e di seguito "Non tutto il mondo si allontana dal nucleare, che non se ne parli è indicativo della parzialità dell'informazione", ed ancora: "Dalle statistiche dell'Agenzia Internazionale dell'Energia emergono quattro tendenze, dal 2000 al 2018, nella generazione elettrica: (a) la quota delle fossili è rimasta predominante e sostanzialmente costante (dal 65% al 64%); (b) le nuove rinnovabili (solare ed eolico) sono salite di 7 punti (da zero al 7%); (c) il nucleare è diminuito di una medesima quota (dal 17% al 10%); (d) le emissioni di CO₂ del sistema elettrico, emissioni di cui è il primo responsabile, sono aumentate".

In pratica, i Paesi che hanno rinunciato al nucleare, oltre a dover dipendere significativamente dai fossili, peggiorano la loro vulnerabilità energetica, a causa delle fluttuazioni dei mercati internazionali e riducono la loro competitività a causa del maggior costo dell'energia.

Nuovi reattori: costruzione avviate recentemente

Reactor Name	Model	Process	Net Capacity (MWe)	Construction Start	Location
Zhangzhou 2	Hualong One	PWR	-	2020-09-04	China
Akkuyu 2	VVER V-509	PWR	1114	2020-04-08	Turkey
Taipingling 1	HPR1000	PWR	1000	2019-12-25	China
Hinkley Point C 2	EPR-1750	PWR	1630	2019-12-12	United Kingdom
Bushehr 2	VVER-1000	PWR	974	2019-11-10	Iran
Zhangzhou 1	Hualong One	PWR	1126	2019-10-16	China
Kursk 2-2	VVER-TOI	PWR	1175	2019-04-15	Russia
Hinkley Point C 1	EPR-1750	PWR	1630	2018-12-11	United Kingdom
Shin Kori 6	APR-1400	PWR	1340	2018-09-20	South Korea
Roopur 2	VVER V-523	PWR	1080	2018-07-14	Bangladesh

La strategia UE dell'idrogeno procede verso il nulla

di Samuele Furfari *

Per anni la questione energetica è stata uno dei grandi assi dello scontro geopolitico. Le previsioni angoscianti degli anni Settanta del Club di Roma sono oramai superate visto l'indiscutibile abbondanza delle riserve di petrolio e gas, molto più equamente distribuite di quanto pensassimo 40 anni fa. I loro mercati sono oramai controllati dalla domanda e non più dall'offerta. Questo crea finalmente un mercato globale fluido e competitivo che consente ai paesi emergenti di usufruire di energia fossile abbondante e a buon mercato. Il mondo ha abbandonato le paure del passato legate ai rischi d'approvvigionamento energetico, ma nell'UE ne abbiamo inventata un'altra.

L'UE sogna di controllare il clima

Lo scontro energetico si è spostato dalla sfera globale verso l'UE, sia all'interno degli Stati membri che fra di loro. Il Consiglio europeo di luglio 2020 è durato per la prima volta cinque giorni, a dimostrazione di quanto fosse duro lo scontro tra gli stati membri. La questione principale e difficile all'ordine del giorno di questo Consiglio era come distribuire i 750 miliardi di euro agli Stati membri, e in primis per l'Italia, per rispondere alle conseguenze economiche della crisi del Covid-19. Pertanto, bisognava anche individuare come tassare le energie fossili e la plastica per recuperare il debito che probabilmente due generazioni di europei dovranno

rimborsare. Con freddezza dobbiamo purtroppo dire che il nome della strategia di sostegno all'economia si chiama ben giustamente e involontariamente "Next generation". Tutto ciò si discuteva tenendo presente la politica voluta dall'UE e decisa nel Consiglio europeo di dicembre 2019: il "Green Deal" – il Patto verde.

L'UE si è ostinata a cambiare radicalmente il proprio consumo energetico, che dipende ancora oggi da energie fossili per il 70%, per ridurre tale percentuale a zero prima del 2050. Si tratta di un obiettivo per lo meno spropositato, che nessuno altro grande paese tra quelli avanzati al mondo si è permesso di sognare. Soprattutto quando bisogna osservare che dal 2000 ad oggi abbiamo complessivamente speso più di mille miliardi di euro per arrivare faticosamente a raggiungere il 2,5% del consumo di energia primaria con energia eolica e solare. Il Parlamento europeo è sulla stessa linea. Ha adottato il 15 gennaio 2020 il Patto verde per l'Europa, una risoluzione in 120 punti che mira alla "neutralità per il carbonio" entro il 2050. Avrebbero potuto chiamare questa risoluzione "transizione giusta", poiché il termine "giusto" è usato 15 volte nella risoluzione. Per il Parlamento, la politica climatica è una politica per la "giustizia" e pertanto giustifica qualunque manovra finanziaria. Motivo per cui la parola "finanziamento" (ed i suoi derivati) è usata ben 49 volte in questa risoluzione. L'UE ha scelto di spendere una grande quantità di soldi – che non ha – per imporre la "giustizia" attraverso la supposta lotta contro il clima che cambia. Dal lontano 1992 si parla di ridurre le emissioni di diossido di carbonio (CO₂), che invece nel frattempo sono aumentate nel mondo del 58%; di fronte a questo dato si capisce che l'illusione politica dell'UE

si frantumerà sul muro della realtà dei fatti globali. L'UE potrà spendere soldi raccolti imponendoci nuove tasse per lottare contro le emissioni di CO₂, ma questo sarà però totalmente irrilevante a livello mondiale. L'argomento che questa politica ci permetterà di vendere le nostre tecnologie nel mondo non regge; primo perché al resto del mondo importa ben poco della ipotetica lotta contro il cambiamento climatico, secondo perché le tecnologie che usiamo provengano dalla Cina; ed infine perché la digitalizzazione dell'economia è nelle mani dei GAFA (Google, Apple, Facebook, Amazon). L'UE perderà su tutti i piani se continua nel vicolo cieco della lotta al cambiamento climatico.

L'illusione idrogeno

Per lottare contro un fenomeno naturale, l'UE spera di rovesciare progressivamente i suoi consumi energetici grazie all'idrogeno. La Commissione Europea ha presentato la sua strategia sull'idrogeno nel luglio 2020 (https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/FS_20_1296). È convinta che sarà possibile fare dell'idrogeno "pulito" (senza emissioni di CO₂); una soluzione praticabile per un'economia neutrale dal punto di vista climatico e nel contempo costruire una catena del valore dinamica per questa risorsa nell'UE. È persino convinta di poterlo fare nei prossimi cinque anni. La Commissione Europea spiega che "dal 2025 al 2030, l'idrogeno deve diventare una parte intrinseca del nostro sistema energetico integrato, con almeno 40 GW di elettrolizzatori a idrogeno rinnovabile e la produzione di fino a 10 milioni di tonnellate di idrogeno rinnovabile nell'UE". Per la Commissione nel 2030 l'idrogeno prodotto con energia rinnovabile dovrebbe essere diffuso in tutta l'UE. In questo modo segue l'esempio della

* Professore di geopolitica dell'energia alla Libera Università di Bruxelles. Dottore in scienze applicate (ULB), ingegnere chimico (ULB). Presidente della Società Europea degli Ingegneri e degli Industriali

Germania, che un mese prima aveva lanciato la sua strategia sull'idrogeno.

Anche l'Italia pare crederci. Nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) la parola idrogeno appare ben 55 volte, più di fotovoltaico (48) e dell'eolico (33). La Direttiva 2014/94 non obbligava l'adozione di obiettivi quantitativi per lo sviluppo dell'infrastruttura idrogeno; c'era allora ancora un po' di contegno nella propaganda, ma l'Italia ha deciso di inserire l'idrogeno nel recepimento della Direttiva, introducendo anche una regola tecnica per progettare, costruire e operare le stazioni di ricarica per le autovetture a idrogeno. Le imprese italiane e le varie associazioni di categoria sembrano crederci visto che gli studi che hanno finanziato e le promesse di obiettivi quantificati inventati e reclamizzati attirano gli ottimisti dell'energia. Per esempio, si annunciano 3700 autobus a celle a combustibile entro il 2030. Roger Billings, nel 1965 ha costruito la prima auto al mondo e due autobus alimentati ad idrogeno. Billings Energy Corporation, la società che ha costituito nel 1973 come veicolo per il suo lavoro pionieristico sull'idrogeno, è stata venduta da Billings nel 1984 quando, dopo anni di duro lavoro, si è reso conto che il mondo non era ancora pronto per l'energia ad idrogeno. Per tanti personaggi politici, è invece arrivato il momento di re-inventare la mobilità all'idrogeno. Ma da dove arriverà quest'idrogeno?

Una falsa soluzione ad un problema reale

Da oltre 40 anni l'UE promuove le energie rinnovabili. All'inizio sosteneva lo sviluppo di nuove tecnologie, ma dal 2001 obbliga la produzione di elettricità da nuove fonti rinnovabili. Nonostante un forte sviluppo nel periodo 2008-2015, gli investimenti nell'elettricità rinnovabile intermittente nell'UE non stanno tenendo il passo sperato. Nella produzione di elettricità da energia eolica e solare, essendo per natura intermittente, in caso di domanda insufficiente l'eccesso deve essere smaltito

pagando dei consumatori volontari per eliminarlo; questo costo è a carico di tutti i consumatori, e in particolare dei consumatori domestici, motivo per cui aumentano le nostre bollette. L'incidenza di questi oneri nelle Bollette elettriche in Italia ha già superato il 20% del loro importo totale. Lo stoccaggio dell'elettricità diventa quindi indispensabile. Le batterie non sono e non saranno una soluzione per ragioni intrinseche legate all'elettrochimica, ma anche alla geopolitica, perché la Cina controlla il mercato delle batterie attraverso il suo dominio sul mercato minerario delle terre rare. Rimane dunque la speranza di convertire in idrogeno l'elettricità che il mercato non vuole. La logica alla base della strategia è di trovare una soluzione al problema dell'intermittenza dell'elettricità eolica e solare.

Una soluzione molto inefficiente

La conversione di questa indesiderata eccedenza di elettricità in idrogeno sarà realizzata mediante elettrolisi dell'acqua, per ottenere idrogeno, che poi si utilizzerà come combustibile o si riconvertirà in elettricità in celle a combustibile. Ecco il meccanismo proposto:

- 1) Produrre energia elettrica intermittente, e quindi a volte in eccesso, utilizzando l'energia eolica e solare.
- 2) Trasformare questa elettricità in idrogeno per mezzo di elettrolisi dell'acqua.
- 3) Comprimere o liquefare l'idrogeno per immagazzinarlo e trasportarlo (con sistemi e materiali molto complessi e costosi, vista la peculiarità di questa piccolissima molecola).
- 4) Bruciarlo per produrre elettricità.

Nessuno di questi passaggi richiede una nuova tecnologia. Ma i processi chimici industriali non sono mai efficienti al 100%. Lo stadio 2 è al massimo efficiente all'80%, e la fase 3 è efficiente al 70%. Il passaggio 4 con le celle a combustibile - una tecnologia costosa che non è ancora prodotta in serie nonostante 30 anni di sostegno pubblico nell'UE e negli USA - è oggi efficiente al 50%. L'efficienza dell'intero processo è quindi: $0,80 \times 0,70 \times$

$0,50 = 0,28$. Delle 100 unità di energia prodotte dalle turbine eoliche o dai pannelli solari fotovoltaici, non rimane nemmeno il 30%. Il processo è totalmente inefficiente e quindi non avrà alcuna applicazione industriale senza abbondanti finanziamenti. L'inefficienza si traduce, ovviamente, in un costo sensibilmente più elevato.

Un vecchio sogno

L'idrogeno è un argomento affascinante e quindi non dobbiamo sorprenderci che sia stato promosso per decenni. Nel 1972, cioè prima della prima crisi petrolifera, un rapporto del Centro di Ricerca di Ispra della Commissione Europea presentava, in un momento di entusiasmo per il nucleare, il concetto di utilizzare reattori nucleari ad alta temperatura per rompere la molecola dell'acqua. Questa è ancora oggi una possibilità utilizzando un reattore ad altissima temperatura (VHTR) e potrebbe un giorno essere una soluzione, ma siamo lontani da questa possibilità. Inoltre, con il sentimento antinucleare prevalente nell'UE, se diventerà una realtà economicamente conveniente, sarà al di fuori dell'UE.

Un lungo articolo di Giorgio Beghi, funzionario del Centro di Ricerca della Commissione Europea, pubblicato nel 1979 sul *Giornale degli ingegneri del Belgio* (N. 2, p. 11) presentò l'affascinante soluzione che l'idrogeno avrebbe offerto alla società moderna. Si ricorda che all'epoca non esisteva una politica per combattere il cambiamento climatico. Beghi annunciava allora con argomentazioni scientifiche le stesse promesse di oggi, con gli stessi condizionamenti. Citerò solo una frase che parla da sola: *"Per il trasporto aereo le prospettive sono molto incoraggianti e la densità energetica per unità di peso - il parametro è interessante in questo caso - è molto più alta per l'idrogeno che per altre possibili soluzioni. Si possono prevedere realizzazioni sperimentali negli anni Novanta."*

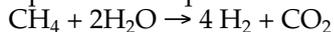
Quando ero incaricato dei progetti europei di trasformazione del carbone in prodotti liquidi (per produrre materie prime chimiche e carburanti) - perché avevamo paura della fine del petrolio! - ho lavorato molto sull'idrogeno, un ele-

mento essenziale per la produzione di combustibili sintetici. Poi, con il contro-shock petrolifero, il sogno dell'idrogeno è svanito, ma non è scomparso del tutto.

È tornato alla ribalta nel 2003, quando il presidente americano George W. Bush ed il presidente della Commissione europea Romano Prodi hanno firmato un accordo di cooperazione per lo sviluppo dell'economia dell'idrogeno, accompagnato da un accordo di cooperazione nel campo delle celle a combustibile. Il comunicato stampa annunciava: "L'idrogeno e le celle a combustibile [...] sono fondamentali per raggiungere l'obiettivo dell'UE di sostituire il 20% dei carburanti per veicoli con carburanti alternativi entro il 2020, compreso l'idrogeno". Il 16-17 giugno 2003, 450 delegati entusiasti hanno partecipato ad una conferenza USA-UE. Ma ai politici non interessa la chimica; per loro, la volontà è sufficiente.

L'idrogeno, pietra angolare dell'industria chimica

L'idrogeno non esiste "libero" in natura. Deve quindi essere prodotto dall'industria chimica, liberandolo da altri elementi che lo contengono. Questa sostanza chimica è prodotta dal gas naturale in un processo comune e diffuso in tutto il mondo chiamato "steam cracking". Il vapore reagisce con il metano per produrre idrogeno e CO₂. L'85% dell'idrogeno nel mondo è prodotto da questa reazione:



L'altro 15% è principalmente un sottoprodotto della produzione di cloro e soda dall'elettrolisi del cloruro di sodio (NaCl).

Questa molecola è estremamente importante nell'industria petrolchimica e nelle industrie chimiche correlate. Viene utilizzata per rimuovere lo zolfo dal petrolio greggio per produrre carburanti senza zolfo per i mezzi di trasporto. Ma il suo uso principale è la produzione di ammoniaca, che è la base della produzione di fertilizzanti. Con una popolazione mondiale in crescita, la domanda di idrogeno per la produzione di fertilizzanti agricoli crescerà proporzionalmente alle esigenze alimentari. Secondo l'Agenzia Internazionale per l'Energia (AIE), le economie

dell'UE utilizzano attualmente una quantità di fertilizzanti fino a dieci volte superiore a quella delle economie in via di sviluppo su base procapite. Questo sottolinea l'enorme potenziale di crescita dell'idrogeno in tutto il mondo. Questa molecola di base, già molto ricercata, diventerà sempre più ricercata.

Come abbiamo visto all'inizio, il mercato del gas naturale sarà sempre più competitivo e fluido, il che si tradurrà in una riduzione del suo prezzo sui mercati internazionali. Dobbiamo quindi anticipare una diminuzione del prezzo di produzione dell'idrogeno, da un lato perché il prodotto primario sarà più economico e dall'altro perché il mercato è in espansione. Qualunque sia la politica dell'UE, l'idrogeno sarà prodotto in tutto il mondo grazie alla tecnologia più economica, cioè con il gas naturale abbondante ed economico.

Poiché un prodotto può avere un solo prezzo in un mercato aperto, l'idrogeno "rinnovabile" dovrà essere sovvenzionato finché il gas naturale sarà disponibile, cioè per almeno un secolo. Naturalmente, come è successo nel decennio precedente con i biocarburanti, alcune industrie dell'UE trarranno beneficio dalla strategia dell'idrogeno; beneficeranno di prezzi garantiti e di un'immagine verde a spese dei contribuenti/ consumatori che ne pagheranno il salato prezzo.

Inoltre, l'idrogeno è essenziale per la petrolchimica, ma non per l'uso energetico. Quindi - a meno che non si voglia creare un vasto mercato di contrabbando - l'idrogeno sarà utilizzato in chimica e non come combustibile perché - ovviamente - ha un valore molto più alto come materia prima chimica che come combustibile. Bruciare l'idrogeno per generare energia quando l'idrogeno è stato prodotto trasformando energia sarebbe come tenersi al caldo bruciando borse Louis Vuitton. Inevitabilmente, l'idrogeno prodotto finirà in chimica e non in un veicolo a motore.

Che la ricca UE ci pensi è tollerabile, ma che l'Agenzia Internazionale per le Energie Rinnovabili (IRENA) scriva che sia "un'opportunità strategica per rendere verde la ripresa globale" è inaccettabile per un'istituzione internazionale, quando si sa benissimo che soltanto

un terzo degli africani sono collegati alla rete elettrica; produrre idrogeno quando c'è una tale carenza di elettricità è assurdo ed eticamente e moralmente insopportabile. (Vedi anche <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiHzpPJ1dTqAhWCjqQKHU6tB2wQFjAAegQIB-BAB&url=https%3A%2F%2Fwww.latribune.fr%2Fopinions%2Ftribunes%2Fl-hydrogene-renouvelable-une-opportunit%C3%A9-strategique-pour-verdir-la-relevance-mondiale-852822.html&usq=AOvVaw0fvnYD92SL1zWP5KYlh20D>).

Tasse e ancora tasse

La tassazione dei carburanti è un'autentica manna per gli stati membri dell'UE. In media nell'UE le tasse energetiche valgono il sei per cento delle entrate statali e l'ottanta per cento di esse sono accise sui carburanti. In Italia la principale componente delle accise è rappresentata da quelle su benzina e gasolio, che nel 2018 hanno assicurato il 75 per cento degli introiti accertati. Nel 2017 hanno garantito allo stato italiano un incasso di 25,7 miliardi di euro. Se diminuiscono i consumi di benzina e diesel, le accise saranno spostate su elettricità e idrogeno. Questo colpirà tutti: cittadini, famiglie ed imprese in modo ingiusto. L'idrogeno non fa parte della "transizione giusta" propagandata dal Parlamento europeo. Talvolta nella vita, quando facciamo una cosa sbagliata, ne facciamo un'altra per nascondere la prima. Questo è quello che succede con l'idrogeno. È penoso vedere l'ostinazione "verde" e l'indottrinamento in cui sono caduti i politici europei. Un'enorme, incredibile e fuorviante speculazione!

Gli scienziati e gli ingegneri dovrebbero essere sempre aperti a nuove soluzioni e credere nel progresso tecnologico. Ma nel caso dell'idrogeno è da così tanto tempo che conosciamo tutto il perimetro della questione che credere benevolmente in un miglioramento drammatico dell'efficienza non è un segno di saggezza. Ciò che l'UE promette in questo settore non è altro che una imposizione fiscale per finanziare una soluzione che nessuno al mondo adotterà.

La bomba all'idrogeno europea scoppierà in mezzo al Mare del Nord

di Sergio Fontanot *

Antefatti: Il 7 luglio 2020 la Commissione UE rendeva pubblico il nuovo Piano Strategico per l'installazione di almeno (!) 6 GW (6 milioni di kW) di Elettrolizzatori alimentati da Fonti rinnovabili per la produzione in grande stile di Idrogeno, con previsione di progressivo aumento... fino alla "neutralità carbonica" al 2050, con un investimento (pare) di circa 50 miliardi di euro (https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf).

Circa una settimana più tardi la notizia rimbalzava, creando grande interesse, sui giornali europei con titoli entusiastici e talora un poco folli... salvo nei giornali inglesi, sempre misurati, sagaci e ricchi di humor.

LaVerità 14 agosto 2020

L'idrogeno è la benzina del futuro Entro il 2045 aerei a zero emissioni

FINANCIAL TIMES 31 agosto 2020
Energy.Environment

Chile aims to turn solar boom into green hydrogen bonanza

MILANO FINANZA 18 luglio 2020

SCENARI PER L'ENERGIA/3 Questa nuova fonte è al centro dell'agenda Ue e può essere la chiave della transizione. Il valore di mercato raggiungerà 2.500 miliardi. Cinque carte da giocare a Piazza Affari

Un futuro all'idrogeno

24 ORE 20 luglio 2020
Energia

Piano Ue per spingere l'idrogeno green

La cosa non mi ha stupito come cittadino, da anni subissato da entusiastici proclami verdi di alti personaggi laici e religiosi, ma come studioso di Sistemi Energetici mi ha interessato perché mi sono chiesto come, da dove ed a quali costi avrebbero tirato fuori tut-

* Ingegnere elettrotecnico, una lunga carriera direttiva in ENEL e successivamente docente a contratto all'Università di Trieste.

to questo magico elemento, inducendomi a documentarmi e scrivere per voi questo articolo.

Premessa

Sappiamo da sempre che l'Idrogeno (H_2) è un combustibile fantastico, con potere calorifico che è triplo di quello della benzina (ben 120 MJ/kg); tutti conosciamo, almeno, la "Fiamma Ossidrica" (figura 1): ottenuta dalla combustione di idrogeno nell'ossigeno, che sorge, impressionante, da un certo "cannello ossidrico" (ugello con impugnatura alimentato dai due gas, contenuti in separate bombole) ed è usata da un secolo per la "saldatura autogena" (gr. Αυτογενής... che si genera da sé... senza l'apporto di altri metalli) e per il taglio dei metalli.



Figura 1, Cannello ossidrico professionale: la fiamma raggiunge la temperatura anche di 1410 °C: si divide in diverse zone a seconda della temperatura: la base della fiamma che raggiunge i 300 °C, la zona di fusione (che si ritrova a circa 2/3 dell'altezza della fiamma) che supera i 1400 °C.

Ma politici e giornalisti forse non sanno che questo prodigio energetico d'un elemento ha il difetto che, pur diffusissimo nel Pianeta, perché presente in innumerevoli molecole: acqua, idrocarburi, etc. non ha mai avuto l'occasione di "rifugiarsi" in "giacimenti" da cui estrarlo con relativa facilità, come il gas naturale, ma è "legato" nelle molecole con forze molto rilevanti (O.d.G. da 100 a 1000 kJ/mol) e bisogna tirarlo fuori in vari modi, tutti piuttosto complessi e "faticosi" in termini di Energia (Megajoule) da spendere.

Da un secolo in qua si sono trovati molti processi tecnologicamente (Figura 3) ed economicamente (Tabella I) diversi per produrre questo gas. Per facilitarvi la lettura e permettervi di valutare i costi di produzione dell'ampia, interessante e poco diffusa tabella e di altri dati numerici che seguono (Tabella II e Figura 4), anticipo questa **panoramica essenziale sulla produzione dell'Idrogeno** (Tabella I e Figura 3): i processi

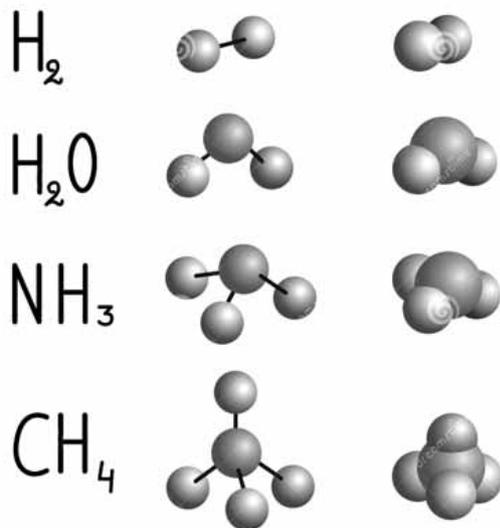


Figura 2, Modelli di legami molecolari dell'Idrogeno: Acqua, Ammoniaca, Metano; fonte immagine <https://it.dreamstime.com/illustrazione-di-stock-modello-della-molecola-e-di-formula-chimica-di-idrogeno-acqua-ammoni-image93296958image93296958h>

più "maturi", classificati come termochimici, utilizzano reazioni chimiche e termodinamiche per ottenere Idrogeno da materiali organici come la cosiddetta Biomassa o protorganici come i Combustibili fossili (Carbone, Gas naturale, Petrolio?).

In quelli ritenuti innovativi, l'Acqua, in particolare,

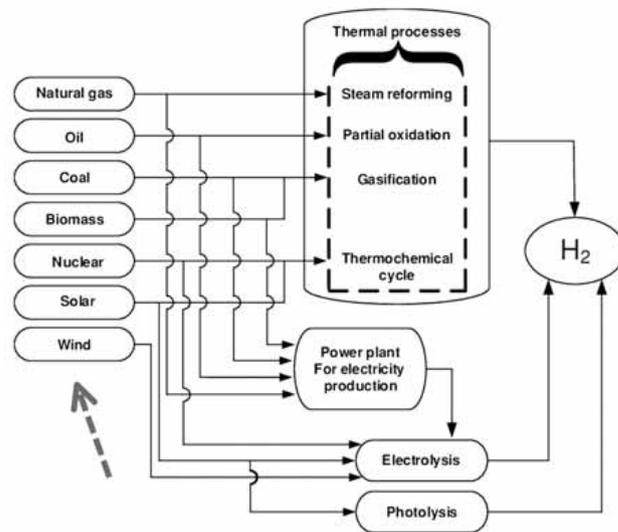


Figura 3, Tecnologie di produzione industriale dell'Idrogeno. Sono riquadrati in tratteggio i processi Termochimici tradizionali e dal Nucleare; la freccia tratteggiata evidenzia la produzione elettrica rinnovabile (Sole e Vento) da impiegare per i processi di Elettrolisi (fotolisi). Elaborazione su figura di fonte Researchgate, https://www.researchgate.net/figure/Flowsheet-of-the-main-hydrogen-production-technologies_fig1_227229577

può essere suddivisa in Idrogeno (H₂) e Ossigeno (O₂) mediante "lisi", cioè suddivisione, ottenuta attraverso vari processi: elettrochimici, fisici, biologici.

Elettrolisi (electrolysis), Termolisi (thermolysis), Fotolisi solare (Solar thermolysis, Elettrolisi solare

Tabella I, Processi e costi di produzione dell'idrogeno.

Processo	Fonte energetica	Materia prima	Costi di capitale (M\$) (*)	Costo Idrogeno (\$/kg)
SMR with CCS	Standard fossil fuels	Natural gas	226.4	2.27
SMR without CCS	Standard fossil fuels	Natural gas	180.7	2.08
CC with CCS	Standard fossil fuels	Coal	545.6	1.63
CG without CCS	Standard fossil fuels	Coal	435.9	1.34
ATR of methane with CCS	Standard fossil fuels	Natural gas	183.8	1.48
Methane pyrolysis	Internally generated steam	Natural gas	-	1.59-1.70
Biomass pyrolysis	Internally generated steam	Woody biomass	53.4-3.1	1.25-2.20
Biomass gasification	Internally generated steam	Woody biomass	149.3-6.4	1.77-2.05
Direct bio-photolysis	Solar	Water + algae	50 \$/m ²	2.13
Indirect bio-photolysis	Solar	Water + algae	135 \$/m ²	1.42
Dark fermentation	-	Organic biomass	-	2.57
Photo-fermentation	Solar	Organic biomass	-	2.83
Solar PV electrolysis	Solar	Water	12-54.5	5.78-23.27
Solar thermal electrolysis	Solar	Water	421-22.1	5.10-10.49
Wind electrolysis	Wind	Water	504.8-499.6	5.89-6.03
Nuclear electrolysis	Nuclear	Water	-	4.15-7.00
Nuclear thermolysis	Nuclear	Water	39.6-2107.6	2.17-2.63
Solar thermolysis	Solar	Water	5.7-16	7.98-8.40
Photo-electrolysis	Solar	Water	-	10.36

Legenda: CC: SMR: Steam Thermal Reforming. Combustione del carbone. CG: Gassificazione del carbone. Prima colonna, with e without CCS (Carbon Capture and Storage) sta per presenza o assenza del costoso processo di sequestro ed immagazzinamento della CO₂. Ho evidenziato il costo minimo (CC senza CCS) ed il massimo (Elettrolisi da Fonte eolica). Fonte tabella: Science Direct 2019 Comparison of different hydrogen production methods <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/hydrogen-production-cost>

(*) Rendimento alternativo che un capitale sarebbe in grado di produrre se fosse impiegato in un altro investimento con condizioni similari di rischiosità. Rappresenta il costo/opportunità dell'investimento in atto.

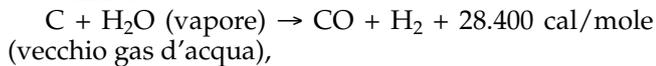
(Photo-electrolysis), inoltre, Microrganismi come batteri e alghe possono produrre Idrogeno attraverso processi biologici (Dark fermentation, Fermentazione di un substrato organico ad opera di batteri), Fotofermentazione (Photo fermentation). Per approfondire le tecnologie foto-biologiche che, per il loro scarso interesse industriale, qui non tratterò: http://www.treccani.it/export/sites/default/Portale/sito/altre_aree/Tecnologia_e_Scienze_applicate/enciclopedia/italiano_vol_2/337-360_ita.pdf

Nei Processi termochimici (Thermal processes di Figura 3 e Tabella I) si utilizzano, in ordine crescente di epoca/semplificata:

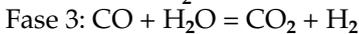
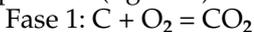
A) Carbone, secondo due vie:

Combustione (Coal Combustion, CC) e Gassificazione (Coal Gasification, CG)

In CC, insufflando, in reattori detti Gasogeni, braci di carbone con vapore d'acqua, si provoca la reazione esotermica:



La Gassificazione, CG, è più complessa e si svolge in più Fasi (figura 4)



Naturalmente ambedue i processi danno, come sottoprodotto biossido di carbonio (carbon dioxide,

non termico solare (Solar thermochemical hydrogen - STCH) che, come il caso delle tecnologie fotochimiche, non tratterò... per approfondire: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/2.F05181ipdf>.

Più citati dai media ed incontrovertibilmente attuali sono i Processi Elettrolitici.

Gli Elettrolizzatori usano l'elettricità per dividere l'acqua in idrogeno e ossigeno. Questa tecnologia è ben sviluppata e disponibile commercialmente e, come vedremo in dettaglio, sono in fase di sviluppo sistemi in grado di utilizzare in modo efficiente energia rinnovabile intermittente.

Conclusa questa presentazione propedeutica e prima degli approfondimenti diamo un'occhiata al Mercato.

Cenni al Mercato dell'Idrogeno

Attualmente i maggiori consumatori di H₂ sono anche auto-produttori. Si possono individuare sostanzialmente 2 categorie di produttori/consumatori: industrie chimiche (ammoniaca e metanolo) e petrolifere. Nelle sintesi dell'ammoniaca (NH₃) e del metanolo (CH₃OH) l'idrogeno costituisce un reagente fondamentale. Nella raffinazione del petrolio l'H₂ è impiegato nei trattamenti (hydrotreating, hydrocracking) necessari all'ottenimento delle specifiche di purezza (eliminazione dello zolfo) e del rapporto H/C richiesto dai componenti raffinati.

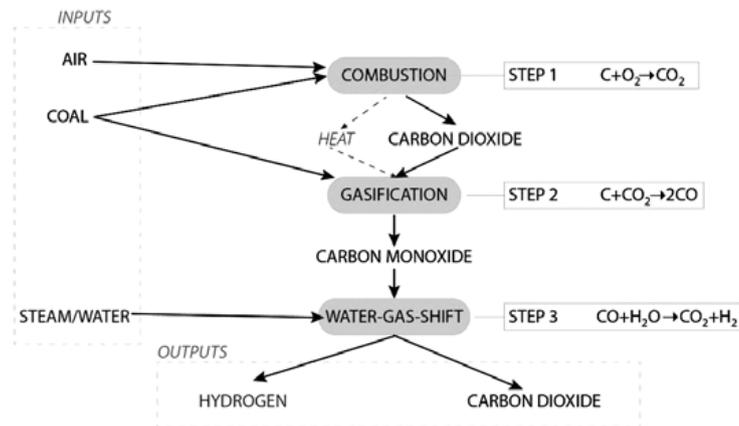


Figura 4, Idrogeno da processo Coal Gasification, CG

CO₂) che può/deve essere rimosso e sequestrato con il complicato processo detto CCS citato in Tabella I (prima righe).

Come evoluzione dal Carbone, si può ottenere Idrogeno anche dalla scomposizione termica (termolisi in cicli chiusi) della struttura molecolare del Gas naturale o derivati liquidi o gassosi da Biomasse.

Il processo base è il Reforming (1) di Idrocarburi che si distingue in:

Steam Thermal Reforming, SMR

Autothermal Reforming, ATR,

che per la loro affidabilità, diffusione e bassi costi approfondiremo di seguito.

Esiste anche il processo "sostenibile" per l'Idroge-

Fonte	10 ⁹ Nm ³ /y	%
Natural gas	240	48
Oil	150	30
Coal	90	18
Electrolysis	20	4
Total	500	100

Figura 5, Produzione mondiale di idrogeno, 2002, in miliardi di Nm³/anno: dal Reforming o gassificazione di fossili proveniva (oggi come allora) il 96% del totale ... solo un 4% da Elettrolisi. Fonte Università di Pisa. https://elearn.ing.unipi.it/pluginfile.php/157403/mod_resource/content/1/Idrogeno.pdf

(1) ingl. «trasformazione: utilizzato anche nella tecnologia sulle benzine provenienti dalla distillazione atmosferica del greggio, al fine di convertire alcuni componenti in altri di impiego più favorevole (> numero di ottani). Il R termico è poco usato, mentre più utilizzato e complesso è il R catalitico. Il R di nostro interesse è un processo di parziale ossidazione di idrocarburi liquidi o gassosi per mezzo di ossigeno libero o vapore acqueo, da cui si ottiene un gas (syngas) costituito essenzialmente da Idrogeno e ossido di carbonio.

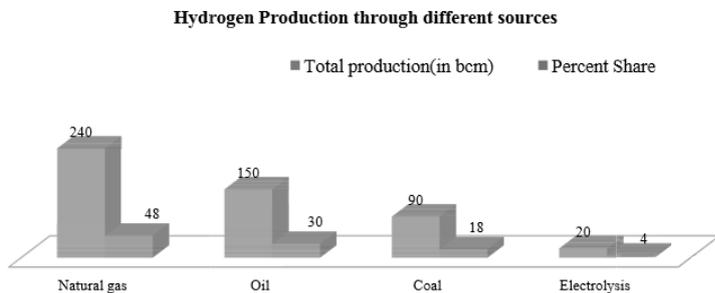


Figura 6, Produzione globale, 2015, di Idrogeno da varie Fonti in miliardi di metri cubi ed in %. Fonte: https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/45811447/Hydrogen_Production_by_Water_Electrolysis_20160520-7783-xs7b5p.pdf

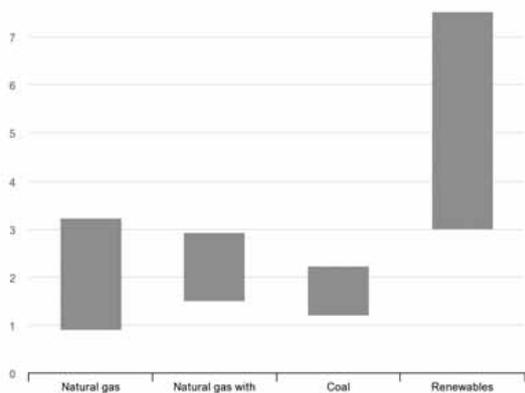


Figura 7, Costi di produzione, 2020, dell'idrogeno in USD/kg, da varie tecnologie; CCUS = Carbon Capture and Utilization. Il rapporto medio Reforming Fossili/Rinnovabili vale circa 2/6. Fonte IEA, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/hydrogen-production-costs-by-production-source-2018>

Nel caso del nuovo "Idrogeno europeo" di cui trattiamo in questo articolo, il processo deve essere "ecosostenibile" e quindi il buon gas non va prodotto, come da sempre, a buon mercato da fossili (carbone e gas) come appena visto, ma deve avere (a qualunque costo ndr), un pedigree "puro" (figlio di sole, vento ed

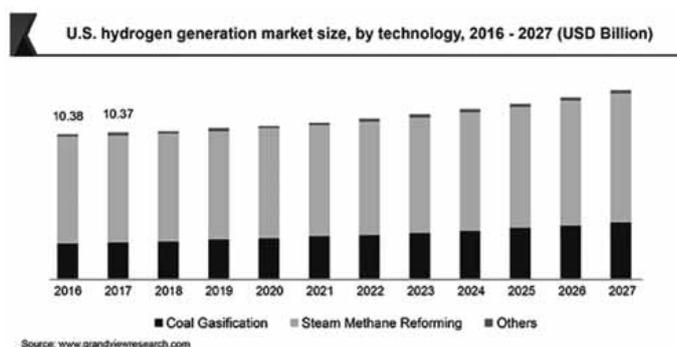


Figura 8, Mercato americano della produzione di Idrogeno, 2017 e Outlook 2027: dal basso in alto, Gassificazione del Carbone, Reforming del Metano, altre. Fonte, Brand View Research <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/hydrogen-generation-market>

acqua... con qualche incredibile riserva europea sui Pompaggi (vedi libro *Idroelettrico da pompaggio*, capitolo "Tante Oiropa").

Dei metodi "nucleari" (di cui ad alcuni fa paura anche solo il nome) diremo qualcosa nella conclusione di questo articolo.

Quindi, sull'onda del European Green New Deal, approfondiremo le tecnologie di produzione "carbon free" di questo gas.

Circa i costi di produzione, le Tabelle I e II, integrate da quella più aggiornata e nobilitata da IEA (figura 7) ci hanno fornito un ampio panorama e possiamo procedere da ingegneri.

L'Elettrolisi è un processo teoricamente noto, che approfondiremo nella seconda parte dell'articolo dal punto di vista industriale, insieme a qualche altro aspetto, ma vale la pena di anticipare, quantomeno per avere una pietra di paragone industriale, il meno noto ai *media* ma universalmente diffuso e citato in *Panoramica*, il Reforming ... nelle versioni SMR ed ATR

Tabella II, Altri costi di produzione dell'idrogeno

ELETTROLISI ACQUA:	300 €/Nmc (*) = ...	10,3 P.U.
REFORMING METANO:	100 €/Nmc ...	1 P.U.
REFORMING METANOLO:	130 €/Nmc...	1,3 P.U.

(*) Normal metro cubo = (ca. 100 gr) Quantità di gas contenuta in un metro cubo a condizioni standard di temperatura (15°C) e di pressione (1013,25 millibar, cioè la pressione atmosferica).

Fonte *Energia elettrica, Mercato, Ambiente* 3a edizione, nell'Appendice 2

Processi di Reforming del Metano

Steam Methane Reforming, SMR, detto anche Steam Cracking

La maggior parte dell'idrogeno oggi prodotto negli Stati Uniti (come nel Mondo ed in Italia) proviene, per le ragioni di costo dianzi viste, da processi di Reforming ed in particolare, SMR (figura 8), che è una tecnologia matura nella quale viene utilizzato vapore ad alta temperatura (700-1000 °C) per produrre idrogeno dal gas naturale (CH₄, Metano).

Nel processo SMR il metano reagisce col vapore alla pressione di 3-25 bar (1 bar = ca. 1 atm) in presenza di un catalizzatore nella cosiddetta Water-Gas Shift Reaction, per produrre H₂, CO e relativamente poca CO₂.

È una reazione endotermica e quindi la reattività richiede l'apporto di calore; nella fase finale, varie impurità vengono rimosse dal gas-vapore, offrendo Idrogeno commercialmente puro, secondo la reazione:



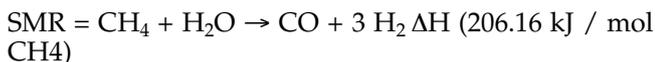
SMR si utilizza anche per produrre Idrogeno da altri composti come Etanolo, Propano e Benzina. In termini di tecnica impiantistica (figura 9) le cose vanno così:

In questo tipo di reattori una miscela preriscaldata di gas naturale e vapore passa attraverso reattori tubolari (contenenti un catalizzatore) inseriti all'interno di una camera ove sono presenti dei bruciatori nei quali avviene la combustione di parte del Metano da "riformare". La miscela attraversa i bruciatori in equicorrente (*Energia elettrica, Mercato, Ambiente* 3a edizione, capitolo 3, Scambiatori di calore) rispetto ai gas di reazione. Nello SMR il 35-50% dell'energia fornita attraverso i bruciatori viene assorbita dal processo: una parte serve ad aumentare la temperatura, un'altra si impiega nella reazione; la parte restante del calore viene persa a causa delle notevoli dispersioni termiche che si hanno in questi impianti. Ciò, unito alle elevate temperature che bisogna raggiungere per il processo, fa capire quanto esso sia dispendioso da un punto di vista energetico.

Cenni al Reforming ATR ed all'Ossidazione Parziale Catalitica, CPO detta anche POx

In questo processo, si ritiene vengano incorporati i vantaggi dello SMR e della CPO: gli Idrocarburi (Metano od altri combustibili liquidi fossili, specie Benzine e Metanolo), vengono fatti reagire sia con vapore che con aria, per produrre un gas con un alto contenuto di Idrogeno. (2)

Ad esempio, per il Metano :



Miscelando opportunamente aria e vapore, la reazione POx fornisce il calore necessario per quella di SMR. Questo fa sì che il processo non richieda energia termica dall'esterno, e ciò si riflette positivamente sia sulle dimensioni del Reattore (molto compatto, come quello utilizzato nel POx), sia sui costi e sui rendimenti.

Come nel caso dello SMR e del CPO, che vedremo, anche nell'ATR sono necessari particolari accorgimenti di sicurezza.

CPO

In linea generale, in Chimica, si ha un'ossidazione parziale quando una miscela sub-stoichiometrica combustibile-aria viene parzialmente bruciata in un reformer e si forma un gas di sintesi ricco di idrogeno, che può ad esempio essere ulteriormente utilizzato nella pila a combustibile.

Il processo di ossidazione parziale catalitica (Catalytic Partial Oxidation, CPO) rappresenta un'efficiente soluzione per la produzione di Syngas (Synthetic Gas, una miscela gassosa, essenzialmente monossido di Carbonio e Idrogeno, con modesta presenza di

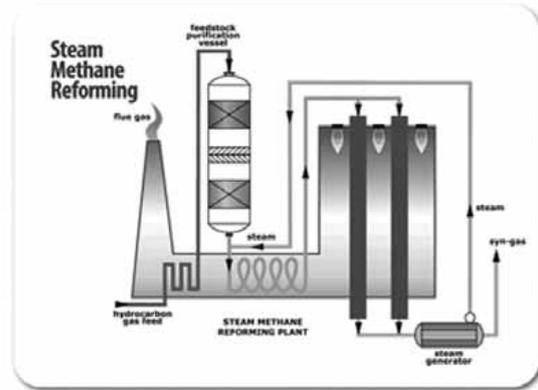


Figura 9, Schema impiantistico del processo SMR per la produzione di idrogeno: si notano, riquadrata, la camera di combustione con i fasci tubieri ed in basso, a destra, l'apparecchiatura finale di separazione-filtraggio ed infine, evidenziata dalla mia freccia, l'uscita dell'idrogeno. Fonte figura <http://www.5ggas.it/idrogeno.htm>

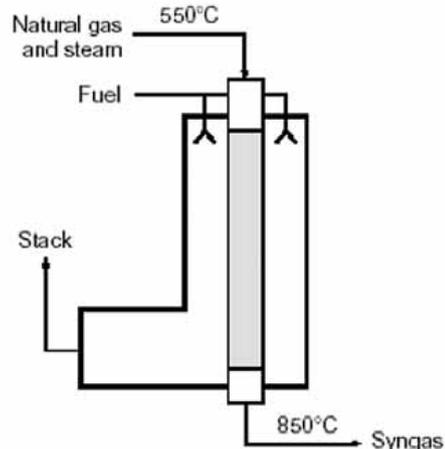


Figura 10, Schema funzionale di un impianto SMR: sopra ingresso del Metano e Vapore (natural gas and steam); subito sotto, del combustibile (fuel); in basso a destra l'uscita del Syngas, a sinistra il fumaiolo (stack). Fonte figura Università di Padova: http://tesi.cab.unipd.it/45715/1/Tesi_Gregoris.pdf

Metano e Anidride carbonica); ciò presenta alcuni vantaggi termodinamici (3):

- è debolmente esotermica,
- il rapporto H_2/CO è pari a 2, e
- la miscela gassosa dei prodotti di ossidazione parziale presenta un basso contenuto di CO_2 .

(2) https://www.politesi.polimi.it/bitstream/10589/5213/3/2010_10_Belcastro_Pagani.pdf

<https://core.ac.uk/download/pdf/41984939.pdf>, ATR, Reforming autotermico di Benzine e Metanolo (http://lem.ch.unito.it/didattica/infocimica/Idrogeno_2005/documenti/idrogeno2.pdf)

(3) A.P.E. York, T. Xiao, and M.L.H Green. Brief overview of partial oxidation of methane to synthesis gas. Topics In Catalysis, 22, 2003.



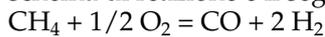
Figura 11, Vista panoramica di un impianto Reforming per la produzione di idrogeno industriale negli Stati Uniti. Fonte US Department of energy: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-natural-gas-reforming>

La tecnologia non necessita di ingenti quantitativi di vapore surriscaldato, come il CMR.

È un processo vintage: i primi studi sono stati pubblicati nel 1929, le applicazioni nel 1933. A causa di problemi col Catalizzatore in Nickel e del successo commerciale avuto dallo SMR, la ricerca si è fermata per 20 anni finché non è ripresa negli anni '90. Le recenti applicazioni di H₂ e gas di sintesi (Celle a Combustibile, etc.) hanno fatto sì che il processo CPO sia tornato all'attenzione della comunità scientifica ed oggi la ricerca per lo sviluppo di questo processo è ripresa nell'onda della nuova "fame" di Idrogeno.

L'ossidazione parziale di Metano è un processo catalitico in cui il metano reagisce direttamente con ossigeno in presenza di un catalizzatore, ed il prodotto di

reazione è un Syngas con un buon rapporto H₂/CO. Lo schema di reazione è il seguente:



In questo caso si tratta di un processo esotermico e quindi energeticamente si tratterebbe di un processo più economico rispetto allo Steam Reforming. Però, i due reagenti, CH₄ e O₂, sono di difficile gestione dal punto di vista della sicurezza, potendo dar luogo ad esplosioni, inoltre l'ossigeno puro è un reagente costoso; quindi la POx può essere condotta anche per una via, non catalitica. Si opera per via termica, a temperature di 1500 °C e ad elevate pressioni (fino a 40 bar). Anche in questo caso è la sicurezza è il fattore critico.

Abbiamo visto che per "smolecolare" l'idrogeno di energia ne serve tanta e che per farlo "pulito", serve l'energia elettrica. Quella di rete è più o meno cara dappertutto e spesso anche "impura" (sulla rete italiana, 2020, secondo ARERA: Rinnovabili 40%, Carbone 13%, Gas 39%, petroliferi 4%, Nucleare 4%).

Allora qualcuno, su nel ventoso Nord Europa ha pensato a quel gigantesco, capriccioso fornitore di energia (fluidodinamica) che può essere il vento, che produce roba che non serve per una corretta gestione della Rete... anzi fa danni (Vedi *L'energia eolica e la sfida dei mercati elettrici*).

Se poi la si vuol fare in mezzo al mare (ottimo sito ventoso) e da lì portarla a 20-30 km di distanza, oltre al resto, costa pure cara.

La soluzione paradossale, già pensata in America dieci anni fa è: "Con l'energia prodotta da pale che girano quanto e quando pare ad Eolo, invece di buttarla, facciamoci Idrogeno e costi quel che costi... ci pensa l'UE a pagare" ... anche con i nostri contributi (*Energia elettrica, Mercato, Ambiente* 3a edizione, capitolo 6, Regole comunitarie).

Sull'Eolico offshore... sappiamo già tutto (vedi "Tecnologie elettriche nei moderni Campi eolici fuoricosta", *21mo Secolo scienza e tecnologia* n. 2 luglio 2020), ma per trarre qualche conclusione su questi impianti detti Wind-Hydrogen, dobbiamo studiare un poco a fondo i moderni Elettrolizzatori industriali perché per fare tutto questo Idrogeno ci vuole tanta energia elettrica.

Elettrolisi

Richiami ai principi chimico-fisici ed evoluzione verso gli Elettrolizzatori industriali

L'Elettrolisi è una reazione chimica non spontanea (Ossidoriduzione) che avviene in un opportuno contenitore, grazie a due Elettrodi collegati ad un generatore esterno di tensione continua di intensità E (Volt) ed immersi in una soluzione acquosa, cioè non acqua pura ma modestamente conduttrice dell'elettricità, detta soluzione elettrolitica.

Grazie alla presenza di particelle dissociate ma dotate di "carica elettrica (+q), (-q) dette Ioni: Sotto l'azione del Campo elettrico di intensità E che si crea fra gli elettrodi, una "forza elettrica" di intensità

$$F = q \times E$$

agisce sugli Ioni, liberi di muoversi, i quali cessano

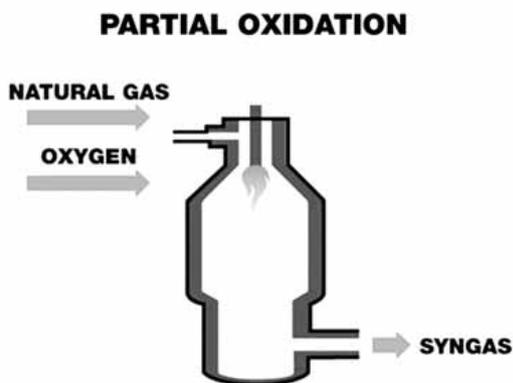


Figura 12, Schema della CPO

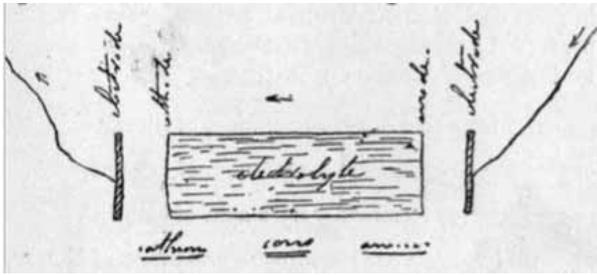


Figura 13, Cella elettrolitica, disegno originale di Michael Faraday (UK, 1791-1867), fonte https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Disegno_originale_di_Faraday_di_una_cella_elettrolitica.png

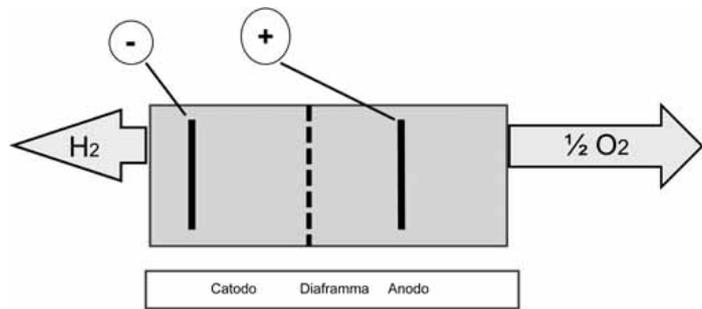


Figura 14, Schema semplificato di Cella per elettrolisi dell'acqua: gli elementi contrassegnati da (+) e (-) sono i terminali del circuito esterno Elettrodi. Fonte *Energia elettrica, Mercato, Ambiente* 3a edizione, nell'Appendice 2

il loro normale movimento disordinato, funzione diretta della temperatura-ambiente per dirigersi, ordinatamente... quelli positivi verso l'elettrodo negativo e gli altri verso quello positivo.

Giunti "in porto" gli Ioni si "scaricano": quelli positivi "acquistano" elettroni dall'Elettrodo negativo (Riduzione), mentre quelli negativi cedono elettroni a quello positivo (Ossidazione).

Il processo elettrolitico è regolato da un rapporto ben determinato tra la quantità di corrente (I) che viene erogata attraverso la cella e la quantità di sostanza (Q) che si deposita o si sviluppa sugli Elettrodi; l'Elettrolisi, infatti, comporta lo scambio di un numero ben definito di elettroni tra la forma molecolare che reagisce e la superficie dell'elettrodo; pertanto si instaurerà sempre una proporzionalità diretta tra le due grandezze I, Q. Due Leggi di Faraday (4) stabiliscono che la quantità di prodotto formato o di reagente consumato dalla corrente elettrica equivale (stechiometricamente, cioè in termini di quantità e proporzioni), alla quantità di elettroni (quantità di cariche di corrente) fornita.

Parlando in termini più ingegneristici:

La Cella base per l'Elettrolisi dell'acqua è un particolare dispositivo (elettrolitico), che permette di separare la molecola dell'acqua nei suoi costituenti: Idrogeno e Ossigeno, per mezzo di definite rilevanti (5) quantità di elettricità, come sopra spiegato e chiaramente materializzato dalla (figura 15) concettualmente valida anche per le grandi macchine che studieremo a seguire.

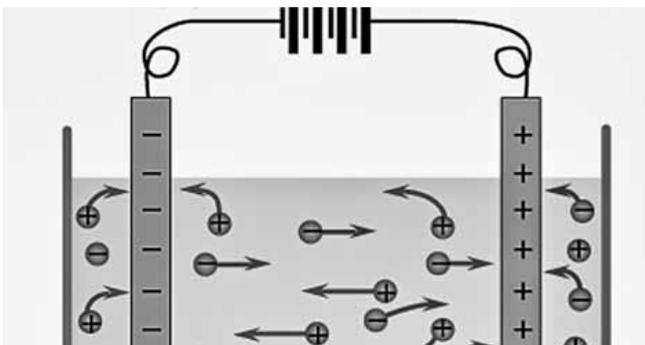


Figura 15, Schema di base di una Cella elettrolitica

L'Elettrolisi è il metodo più conosciuto per la produzione di idrogeno, ma anche il meno utilizzato industrialmente per il costo generalmente elevato dell'energia elettrica, che lo rende superiore a quello di altre tecnologie, come abbiamo visto nella Panoramica; in particolare, si stima che il 70-80% del costo dell'idrogeno ottenuto per elettrolisi sia da attribuire al costo dell'elettricità (figura 16).

Quindi, secondo taluni studiosi, del filone rifkiniano (6) l'Elettrolisi dell'acqua potrebbe risultare competitiva per ipotetici piccoli impianti, realizzati in prossimità del sito di utenza (in un Paese come la Svezia dove l'elettricità costa poco (7), ndr), dal momento, dicono, che si evitano i costi di distribuzione ed accumulo.

Ciò premesso, si può ammettere che l'Elettrolisi dell'acqua può presentare una certa convenienza economica e flessibilità tecnica se accoppiata a sistemi di generazione dell'energia elettrica caratterizzati da poco prevedibile discontinuità di erogazione di potenza, tipicamente l'Eolico, argomento che concluderà questo articolo.

(4) Michael Faraday studiò a fondo il processo dell'Elettrolisi. Nel 1833 pubblicò due Leggi su di essa basate sulla sua ricerca.

(5) *Energia elettrica, Mercato, Ambiente* 3a edizione, Appendice 3, ed Altri: per produrre 1 kg di H₂ occorrono circa 50-60 kWh col metodo elettrolitico classico descritto dianzi, riducibili del 50% con avanzate nanotecnologie.

(6) Jeremy Rifkin, economista, sociologo, attivista verde e saggista statunitense, autore di *Economia dell'Idrogeno*, 2002.

(7) Costi fornitura elettrica a piccole e medie imprese in €/kWh, fonte Sorgenia (vedi anche EMA 3, capitolo 3): <https://www.sorgenia.it/guida-energia/elettricit%C3%A0/costo-del-kwh-in-italia-e-europa-1>

DANIMARCA 0,308 - GERMANIA 0,298 - BELGIO 0,275 - PORTOGALLO 0,236 - ITALIA 0,234 - IRLANDA 0,234 - SPAGNA 0,228 - AUSTRIA 0,201 - SVEZIA 0,196 - UK 0,183 - GRECIA 0,172 - FRANCIA 0,171 - LUSSEMBURGO 0,170 - LIECHTENSTEIN 0,168 - NORVEGIA 0,163 - SLOVENIA 0,163 - LETTONIA 0,162 - CIPRO 0,162 - PAESI BASSI 0,159 - FINLANDIA 0,155

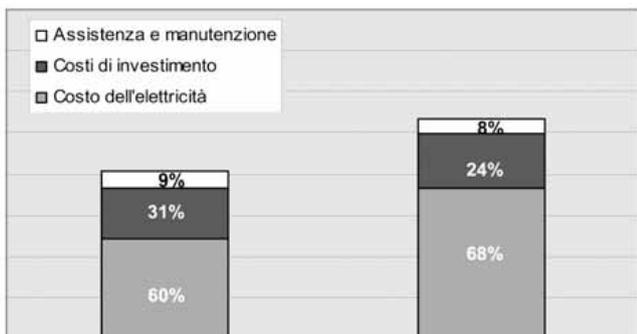


Figura 16, Composizione % dei costi dell'Idrogeno prodotto con elettrolizzatori commerciali (1000 kg/giorno), dal basso in alto: costo elettricità (60-68%), costi investimento (31-24%), costi di esercizio-manutenzione. Fonte *Chimica & Energia*, http://home.teletu.it/Potio/works/2010_10_108.pdf

Tipologie dei moderni Elettrolizzatori industriali (... di Potenza)

In termini generali, un Elettrolizzatore industriale è costituito da un insieme di Celle connesse elettricamente fra di loro ed alla sorgente di elettricità. Attualmente queste macchine si distinguono per due diverse configurazioni: Monopolare e Bipolare.

Nella configurazione Monopolare le singole celle sono connesse in parallelo, mentre nella configurazione

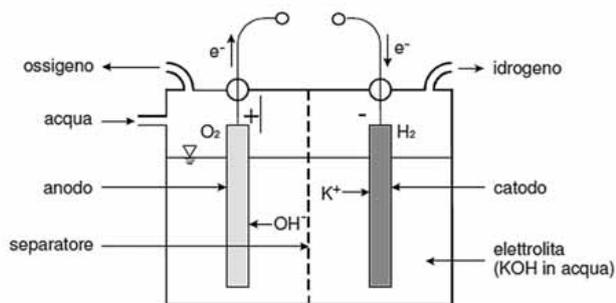


Figura 17, Schema dinamico di una cella di Elettrolizzatore di potenza; fonte figura Università di Padova <http://tesi.cab.unipd.it/40260/1/TESIdefinitiva.pdf>

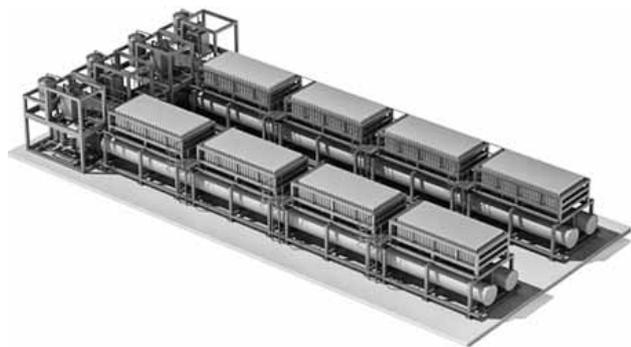


Figura 18, Modello di un modulo elettrolizzatore da 20 MW <https://www.greencarcongress.com/2018/07/20180728-tk.html>



Figura 19, Immagine di un grande impianto per la produzione di idrogeno da elettrolisi. L'impianto, che ha una potenza di picco di 6 MW, è realizzato da Siemens, in collaborazione con l'utility elettrica locale e con l'Università di Rhein-Main; impiega la tecnologia di membrana a scambio protonico (PEM). <https://www.key4biz.it/eolico-in-germania-il-piu-grande-impianto-di-elettrolisi-al-mondo-alimentato-con-il-vento/125008/>

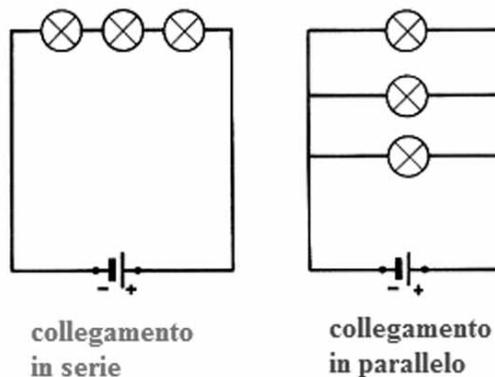


Figura 20, Collegamenti elettrici di Elettrolizzatore Monopolare, a destra, e Bipolare, a sinistra.

ne Bipolare sono connesse, elettricamente e geometricamente, in serie (figura 20).

L'Elettrolizzatore Bipolare è, intuitivamente, molto più compatto rispetto ad un uno monopolare, quindi si riducono gli ingombri e le perdite per resistenza ohmica nei cablaggi (più corti) ed interna dell'elettrolita (corrente totale suddivisa fra più celle). Svantaggi sono le Correnti parassite (8) che causano problemi di corrosione, inoltre la compattezza e le alte pressioni di esercizio degli Elettrolizzatori Bipolari richiedono sistemi complessi di costruzione, che aumentano i costi di produzione rispetto al tipo Monopolare. Tuttavia la maggior parte degli Elettrolizzatori sono di tipo bipolare, nonostante permanga il classico problema di

(8) Dette, più propriamente, correnti di Foucault sono delle correnti impropriamente indotte in masse metalliche conduttrici, nella fattispecie trattasi di fenomeno molto complesso.

esercizio che, essendo le Celle connesse in serie, in caso di guasto il Sistema deve essere arrestato; a differenza del monopolare dove, trovandosi connesse in parallelo, per operare su una ciò non è necessario; la si sconnette e funzionano le altre.

Le principali tipologie elettro-chimiche di Cella sono:

- 1) Elettrolisi Alcalina AE (Alcaline Electrolysis)
- 2) Elettrolisi ad Ossidi Solidi, SOEC (Solid Oxide Electrolyte Cell)
- 3) Elettrolisi a Polimero Solido, PEM (Polymer Electrolyte Membrane)
- 4) Elettrolisi ad Alta Temperatura, HTE (High Temperature Electrolysis)
- 5) Elettrolisi dell'Acido Bromidrico, BAE (Bromidric Acid Electrolysis), che ora approfondiremo singolarmente.

1) Elettrolisi Alcalina AE prevede due elettrodi immersi in un elettrolita liquido alcalino (9), costituito per il 20-30% in peso da idrossido di potassio (KOH). I due elettrodi, di acciaio nichelato, sono separati da un diaframma in amianto, che ha la funzione di tenere separati i gas prodotti, per questione di efficienza e sicurezza (H₂ e O₂ formano miscele esplosive), pur essendo permeabile per gli Ioni di Idrossido e le molecole di acqua.

L'elettrolita rimane nell'impianto grazie ad uno speciale sistema di ricircolo a circuito chiuso.

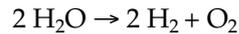
Fino da quando il fenomeno dell'elettrolisi è stato scoperto, quella alcalina è diventata la tecnologia più sviluppata per la produzione industriale di idrogeno, fino ad impianti di livello 1 MW, ed è anche quella più apprezzata a livello commerciale perché, dato il suo lungo e diffuso utilizzo, se ne ha ampia conoscenza, cosa che consente affidabilità e facilità di determinarne i costi effettivi sul lungo termine. Inoltre, l'alcalina usa catalizzatori di materiale non nobile, cosa che contribuisce a renderla una opzione relativamente di basso costo rispetto alle altre alternative attualmente in uso. Ciononostante l'utilizzo di Elettrolizzatori Alcalini comporta alcuni svantaggi, tipicamente la capacità limitata di rispondere alle fluttuazioni degli input elettrici, cosa notevole quando si integra l'impianto con Fonti rinnovabili imprevedibilmente variabili come l'eolica. Inoltre il diaframma non previene completamente la ricombinazione dei gas prodotti. Quindi nell'utilizzo dell'alcalina può avvenire la diffusione dell'ossigeno nella camera del catodo, che comporta un calo dell'efficienza dell'elettrolizzatore. Un altro svantaggio è legato all'Elettrolita liquido che risulta inadatto ad operare a pressioni elevate, il che rende ingombrante la configurazione del pacco-celle (stack). Inoltre, per produrre gas in pressione l'intera unità dovrebbe essere pressurizzata, incrementando i costi.

Inoltre, l'elettrolita contenendo il 20-30% di idrossido di potassio risulta essere altamente corrosivo (potassa caustica o liscivia, utilizzata in agricoltura per formulare miscele di fertilizzanti, etc.) ...

La temperatura di esercizio di questo tipo di Elettrolizzatore è solitamente compresa tra 60-80 °C, men-

tre la pressione di esercizio è al di sotto dei 30 bar. L'efficienza complessiva del sistema è elevata e raggiunge valori dell'ordine del 75-80%.

Come previsto dalle citate leggi di Faraday: la quantità di gas prodotti, in questo e negli altri sistemi che ora esamineremo, è direttamente proporzionale alla quantità di corrente che passa attraverso gli elettrodi; ricordo che la reazione complessiva è la seguente



2) Elettrolisi ad Ossidi Solidi SOEC (Solid Oxide Electrolyte Cell). Fin dagli inizi si è notato un importante vantaggio del processo SOEC: quello di un'efficienza prossima al 100%, operando ad alte pressioni e utilizzando catalizzatori di materiale non nobile; inoltre un altro fattore interessante di questo processo è che la sua flessibilità chimica, contrariamente al precedente, permette di poterlo utilizzare per la produzione di H₂/CO (Syngas). Di norma, il catodo è realizzato con composti metallo-ceramici (Cermet), tipo il Ni-YSZ (10); mentre l'anodo è di Lantanio, Stronzio, Manganese (LSM), anche se molte alternative sono disponibili. SOEC appare una tecnologia con un ampio potenziale nella produzione elettrolitica dell'idrogeno, se venissero risolti i problemi relativi alla durata dei materiali ceramici ad alte temperature.

3) Elettrolisi a Polimero Solido, PEM (Polymer Electrolyte Membrane). I primi Elettrolizzatori con elettrolita a Polimero Solido sono stati sviluppati dalla General Electric nel 1960. A differenza degli alcalini, i PEM utilizzano un elettrolita solido. Il diaframma è sostituito da una membrana polimerica a scambio ionico: Polietilene Perfluorurato... "Nafion" o "Flemion". Tale membrana è dotata di alta conducibilità dei Protoni, basso scambio di gas, configurazione compatta del sistema, con pressioni di esercizio fino a 40 bar; inoltre ha un buon comportamento anche a temperature elevate (80-150 °C). Infatti quando vengo saturati con l'acqua questi polimeri diventano acidi e quindi idonei a rendere disponibili Ioni (H⁺), in modo da poter essere utilizzati allo stesso modo di un elettrolita liquido.

Il Nafion può essere formato da fogli sottili di spessore costante ed è resistente alla penetrazione del gas, il che consente di realizzare Celle elettrolitiche molto sottili, con spessori approssimativamente di 5 mm e senza alcun diaframma. Il catodo è realizzato in Carbonio poroso e l'anodo in Titanio poroso, entrambi ricoperti da catalizzatori.

(9) Detto anche basico; in pratica il contrario di acido, il quale è sostanza solida, liquida o gassosa che dissociandosi in acqua produce ioni H⁺ (mentre basico produce ioni OH⁻).

(10) Yttria-stabilized zirconia (YSZ) is a ceramic in which the cubic crystal structure of zirconium dioxide is made stable at room temperature by an addition of yttrium oxide. These oxides are commonly called "zirconia" (ZrO₂) and "yttria" (Y₂O₃), hence the name.

Gli elettrolizzatori PEM possono operare a valori molto più elevati di densità di corrente, potendo raggiungere valori attorno ai 2 A/cm² riducendo i costi complessivi dell'Elettrolisi. Le perdite ohmiche (in miglioramento) limitano, relativamente, l'efficienza del processo. Quindi la Membrana a Polimero Solido consente di ottenere un elettrolita più sottile, buona capacità di mantenere separati i gas, consentendo ai PEM di operare in una vasta gamma di Potenze in ingresso (fino a 20 MW) perché il trasporto dei protoni attraverso la membrana reagisce velocemente alla potenza in ingresso, senza ritardi dovuti all'inerzia. In contrasto con l'Alcalina la PEM copre il più vasto range di densità di potenza (10-100%). Inoltre si ipotizza che l'elettrolisi PEM possa raggiungere valori perfino superiori del 100% di densità di potenza nominale, stante che questa deriva dalla densità di corrente. L'elettrolita solido consente quindi una configurazione compatta del sistema con robustezza strutturale, il che consente di raggiungere elevate pressioni di esercizio: proprietà questa molto importante in quanto molti modelli commerciali richiedono pressioni di esercizio superiori a 350 bar.

Le alte pressioni di esercizio di un elettrolizzatore aggiungono il vantaggio di consegnare idrogeno ad alta pressione (compressione elettrochimica) all'utenza finale, con il vantaggio di usare meno energia per la compressione e l'accumulo del prodotto. Inoltre il fatto che solo il lato del catodo (idrogeno!) è sotto pressione, contribuisce ad eliminare i rischi legati al trattamento dell'Ossigeno pressurizzato ed alla possibilità di accensione spontanea di Titanio nell'ossigeno. I problemi relativi alle alte pressioni di esercizio nell'elettrolisi PEM riguardano le pressioni al di sopra dei 100 bar, che richiedono l'uso di membrane più spesse (e più resistenti) per evitare la ricombinazione interna dei gas, mantenendo la concentrazione critica di H₂ in O₂ sotto la soglia di sicurezza (4 vol % di H₂ in O₂). Una bassa permeabilità del gas attraverso la membrana (*crossover*) può essere ottenuta incorporando un riempimento eterogeneo nel materiale della membrana, a prezzo di minore conduttività dei materiali.

Questo richiederà l'uso di materiali con un alto valore, quindi con un costo elevato. A proposito di costi, con questa tipologia di elettrolizzatori si utilizzano componenti (come catalizzatori) di materiale nobile (Platino, Iridio e Rutenio) e Titanio per collettori di corrente. In Figura 3.4 si possono vedere le principali caratteristiche tecniche messe a confronto tra elettrolizzatori PEM e alcalini, in cui si evidenziano in particolare il range delle temperature della Cella, pressione, densità di corrente e tensione.

4) L'Elettrolisi ad Alta Temperatura HTE (High Temperature Electrolysis) utilizza un ambiente ad alta temperatura, che provoca: accelerazione delle reazioni, diminuzione della tensione di decomposizione elettrolitica, diminuzione delle sovratensioni agli elettrodi, riduzione delle perdite di energia dovute a polarizzazione degli elettrodi (11) e quindi l'aumento dell'efficienza complessiva del sistema; anche perché

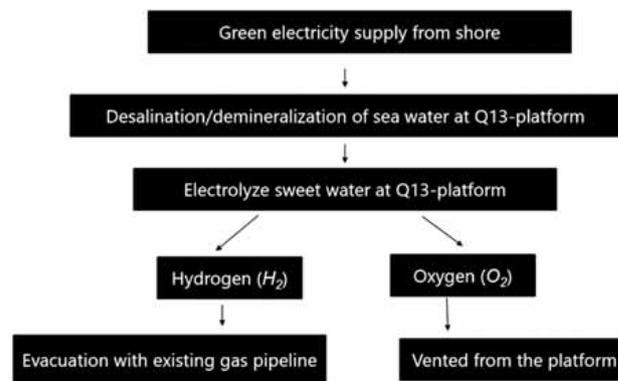


Figura 21, PEM Electrolyser

Nr. of Cell stacks:1

- Input power:1 MW
- Water consumption:300 l/h
- Hydrogen flow:200Nm³/h
- Hydrogen purity:99.998%
- Outlet pressure:30 barg
- container • Weight:lifting weight of < 20 tonnes • (perhaps requiring 40ft container to be broken down in smaller units)

parte dell'energia viene fornita sotto forma di calore, più economico rispetto all'elettricità. Infatti a 2500 °C non è quasi più necessaria l'energia elettrica, poiché l'acqua si scinde in idrogeno e ossigeno tramite la Termolisi che studieremo in seguito. Un Elettrolizzatore a vapore che funziona fino a 900 °C consuma circa 3 kWh/Nm³ di idrogeno prodotto contro i 4-5 kWh/Nm³ (45 kWh/kg) di uno convenzionale. Per ottenere l'elevata temperatura di processo l'acqua è fornita sotto forma di vapore surriscaldato, quindi sono necessari sia una fonte di calore ad alta temperatura, sia materiali e tecniche di fabbricazioni adeguati, che di conseguenza risultano essere piuttosto costosi. Il limite superiore di temperatura per l'HTE è stabilito dai materiali da cui è costituita la cella, per cui la scelta dei materiali per gli elettrodi e l'elettrolita è essenziale. L'elettrolita per questa tecnologia deve essere solido (quindi non corrosivo e non in grado di provocare problemi di perdite liquide o gassose) e in grado di condurre gli ioni ossigeno: ad oggi si utilizza Zirconio stabilizzato con ossido di Ittrio. Gli elettrodi per il vapore/idrogeno (l'idrogeno viene prodotto al catodo come frazione del flusso di vapore non dissociato, pertanto deve essere separato dal vapore residuo) vengono realizzati in nichel-cermet, mentre gli elettrodi per l'ossigeno sono fatti con un miscuglio di ossido di Lantanio, Stronzio e Cobalto. La densità di corrente agli elettrodi è di circa 3÷5 kA/m² con il potenziale di cella pari a circa 1,0-1,6 V.

La Francia che, come il resto del Mondo, produce il grosso dell'Idrogeno che serve alla sua industria (0,9

(11) Fenomeno per il quale, a causa della tensione applicata, viene modificata la natura chimica superficiale degli elettrodi di una cella.

Tabella IV, Confronto fra le più significative caratteristiche tecniche dei due tipi di Elettrolizzatore più diffusi

Specificata	Elettrolisi alcalina	Elettrolisi PEM
Temperatura cella, °C	60-80	50-80
Pressione cella, bar	<30	<30
Densità corrente, mA/cm ²	0,2-0,4	00,6-2,0
Tensione di cella, Volt	1,8-1,4	1,8-2,2
Densità di potenza, mW/cm ²	<1	<4,4
Efficienza termodinamica (Voltage efficiency), %	62-82	67-82
Consumo specifico di energia, kWh/Nm ³	4,2	5,9
Area cella, m ²	>4	< 0,03
Tasso produzione Stack System, Nm ³ /ora	<760	<10
Tempo vita stack, ore	<90.000	<20.000

milioni di tonnellate/anno) da Reforming di Fossili, ha, fin dal 2018, deciso di essere presente nel Mercato dell'Idrogeno, ma senza trascurare, in via collaterale, il suo storico, immenso, potenziale nucleare (che oggi copre il 75% del fabbisogno elettrico interno più l'Esportazione), per produrre Idrogeno tramite Termo-elettrolisi, utilizzando, per la fornitura di vapore ad alta temperatura, i suoi attuali impianti nelle ore di basso fabbisogno elettrico ed, in futuro, Reattori VH-TR moderati a Grafite e refrigerati ad Elio con temperatura del fluido termovettore = 1000°C.

Ciò dopo aver constatato, come già accennato in questo articolo, che gli Elettrolizzatori funzionano al massimo di efficienza se lavorano almeno 5000/8760 ore/anno (Disponibilità = 57%); laddove la naturale intermittenza delle Rinnovabili, specie dell'Eolico tanto sponsorizzato dai nordeuropei, raggiunge a stento un 20%. Nel suo Piano Idrogeno, la Francia intende realizzare 6 GW di Elettrolizzatori, da attivare entro il 2030 (? 7 miliardi di budget) per produrre Idrogeno "pulito" da fonte energetica nucleare, destinato a sviluppare

una nuova Mobilità, particolarmente veicoli pesanti, e mettere in piedi un nuovo Settore industriale.

5) Elettrolisi dell'Acido Bromidrico, cenni: L'idrogeno tramite elettrolisi non si ottiene solamente partendo dall'acqua. Una tecnologia alternativa è l'elettrolisi dell'acido bromidrico. La reazione complessiva nell'elettrolizzatore è $2 \text{HBr} = \text{Br}_2 + \text{H}_2$.

A differenza della reazione di elettrolisi classica, l'acqua non viene consumata nella reazione. Sul lato dell'anodo dell'elettrolizzatore, l'HBr è convertito in Br_2 , mentre i protoni passano attraverso la membrana e si ricombinano al catodo per produrre idrogeno. Il principale vantaggio di questa tecnologia sono le basse tensioni necessarie per effettuare le reazioni (circa la metà di quelle richieste per l'elettrolisi dell'acqua).

Offshore Hydrogen Platform

<https://pubs.spe.org/en/ogf/ogf-article-detail/?art=7281>

Da quello che abbiamo visto finora ed avete letto in un mio precedente articolo, sembra fatale che il grosso del nuovo Idrogeno europeo dovrà nascere dal connubio di Vento e Mare ed andare a metter su bottega nelle fresche e salubri wind-farms del Mare del Nord (vedi "Tecnologie elettriche nei moderni campi eolici fuori-costa", *21mo Secolo scienza e tecnologia*, n. 2 luglio 2020).

La figura 22 illustra, panoramicamente, le varie opzioni gestionali di un progetto della filiera Wind-Hydrogen:

1) Il Campo Eolico Fuori Costa (Offshore Wind Farm), di tipo fisso o galleggiante, produce (tanta) energia elettrica quando e quanto gli pare; prima di pensare alla produzione dell'Idrogeno, veniva trasferita in costa, con destinazione la Rete di Trasporto, secondo gli schemi impiantistici descritti nel mio articolo citato (percorso diretto, tratteggiato in figura).

2) Nel caso di un impianto WHY, il grosso della produzione elettrica va ad alimentare un impianto Elettrolizzatore integrato nel Campo, che produce il nostro gas e lo liquefa ed immagazzina localmente in un grosso serbatoio o in separati bomboloni. L'evacuazione può avvenire in due modi:

il più semplice e flessibile, è l'utilizzo di bettoline o altro natante gasiero che imbarcano i bomboloni o si travasa il gas in stiva (immagine di natante nella mia figura).

3) Un sistema più rigido e costoso è la costruzione di un Idrogenodotto fino alla costa.

Naturalmente, nel quadro della gestione tecnico-economica del complesso, nulla vieta la coesistenza di produzione/fornitura di elettricità e di Idrogeno.

Quanto detto vale per un impianto WHY da realizzare ex novo o abbinato ad un Campo eoli-

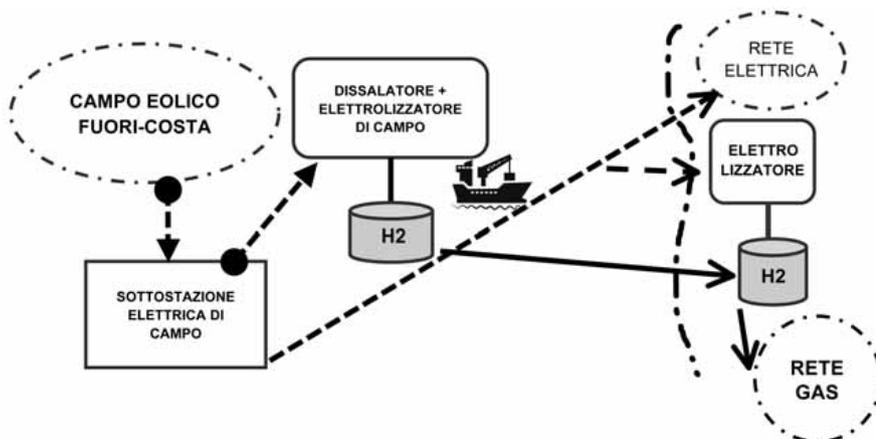


Figura 22, Schema WHY

co esistente. Gli investimenti sono tali da aver fatto prendere in considerazione il recupero di impiantistica esistente, come nel Caso reale che vi presento.

Risulta già in fase di lancio un progetto olandese dal suggestivo nome PosHYdon, in base al quale verrà realizzato il primo impianto offshore di produzione di idrogeno verde del mondo. <https://www.ogauthority.co.uk/media/6220/ogauthoritysharepointcom-ssl-davwwwroot-sites-ecm-fbw3-documents-files-exchange-malcolm-workshop-slides-301019-neptune.pdf>

Neptune Energy – contractor offshore nonché capofila del progetto – ha infatti annunciato l'ingresso tra i soci di Gasunie, azienda olandese specializzata nella gestione di infrastrutture per il trasporto e lo stoccaggio di gas, che si unisce così alle altre due società che recentemente avevano già aderito a PosHYdon: Nogat BV e Noordgastransport BV, entrambe olandesi ed entrambe attive nella gestione di pipeline sottomarine nel Mare del Nord.

Il progetto prevede l'integrazione di tre diversi sistemi energetici: eolico offshore, gas naturale offshore e idrogeno offshore. Il sito dove PosHYdon verrà realizzato è la vecchia piattaforma offshore Q13 di Neptune Energy, elettricamente già collegata alla costa, che si trova 13 km al largo di Scheveningen nel Mare del Nord olandese.

L'energia prodotta da turbine eoliche sulla Q13 verrà utilizzata per demineralizzare l'acqua di mare e quindi per alimentare il processo di elettrolisi tramite cui, dalla stessa acqua marina, verrà prodotto idrogeno verde. L'idrogeno verrà quindi trasportato a terra tramite pipeline esistenti e distribuito in rete.

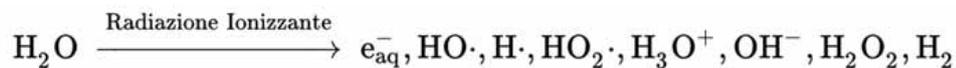
L'Olanda è in un'ottima posizione per generare grandi quantità di energia eolica nel Mare del Nord, che grazie a questo progetto potrebbe produrre, per la prima volta, idrogeno verde offshore".

Alternative di produzione dell'idrogeno

Radiolisi

Tecnologia ancora in fase sperimentale, consiste nella separazione delle molecole dell'acqua tramite la collisione con particelle ad alto contenuto energetico prodotte in un reattore nucleare. Purtroppo, dato che gli atomi di idrogeno ed ossigeno così prodotti si ricombinano molto velocemente, si suppone che questo metodo non raggiunga un'efficienza ragionevole.

In forma compatta, la radiolisi dell'acqua può essere scritta come



L'attuale interesse nei metodi tradizionali per la generazione di idrogeno ha indotto una rivisitazione della scissione radiolitica dell'acqua, in cui l'interazione dei vari tipi di radiazioni ionizzanti (α , β , γ , e) con acqua produce idrogeno molecolare. Questa rivalutazione è stata ulteriormente spinta dalla corrente di-

sponibilità di grandi quantità di sorgenti di radiazioni contenute nel combustibile scaricato da reattori nucleari. La resa di idrogeno derivante dalla irradiazione di acqua con radiazioni β e γ è bassa (G values = <1 molecola per 100 elettronvolt di energia assorbita), ma questo è dovuto alla rapida ri-associazione delle specie derivanti durante la radiolisi iniziale. Se impurità sono presenti o se si creano condizioni fisiche che impediscono la creazione di un equilibrio chimico, la produzione netta di idrogeno può essere notevolmente migliorata.

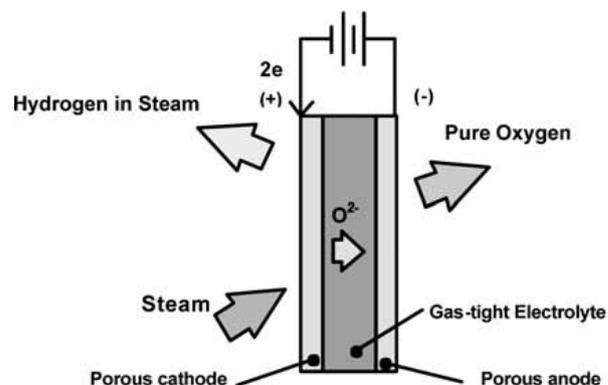


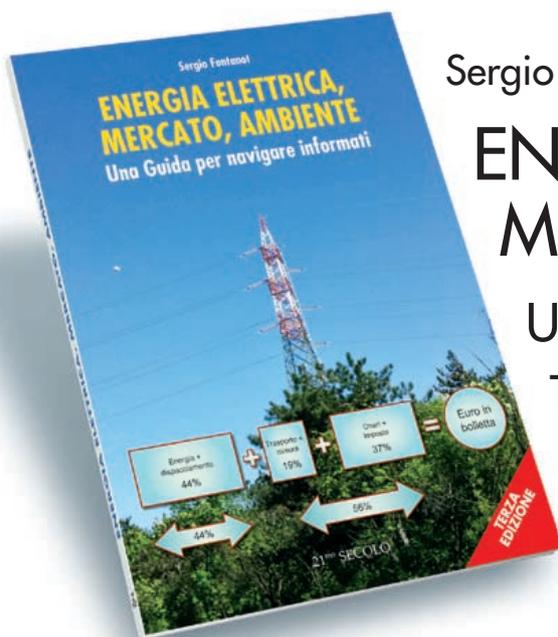
Figura 24, Schematizzazione della Termo-Elettrolisi Gas tight Electrolyte (Cella elettrolitica a tenuta di gas in pressione). Fonte Stanford University, 2017, <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph241/mangram1/>

Termo-Elettrolisi

È un sistema sperimentale per effettuare la dissociazione dell'acqua in O_2 e H_2 . Applicando l'elettrolisi su vapore ad alta temperatura (900/1000 °C) si ottiene Idrogeno con circa 2,4 kWh per Nmetro cubo (24 kWh/kg, circa la metà dell'elettrolisi elettrica standard). Si ha una maggiore efficienza elettrolitica in un rapporto direttamente proporzionale alla temperatura: a 15-20 gradi centigradi per scindere l'acqua l'83% dell'energia di reazione deve essere energia elettrica, mentre a 1000 gradi tale quota scende al 65%. Il vapore ad alta temperatura potrebbe essere ricavato da piccoli Reattori Nucleari ad Alta Temperatura HTR o da centrali termosolari a concentrazione.

(Fonte ENI: http://www.eniscuola.net/wp-content/uploads/2013/11/migrazione/assets/3267/pdf_idrogeno_1.pdf)

I reattori HTR (High Temperature Reactors) hanno fra le loro peculiari caratteristiche quella di poter essere usati per la produzione di idrogeno "non fossile", altrimenti detto "carbon free". I reattori HTR infatti si differenziano nelle loro caratteristiche dagli LWR, fra l'altro, per la elevata temperatura di uscita del fluido termovettore (circa 1000 °C); questo consente loro di prestarsi ad una serie di applicazioni industriali di grande interesse.



Sergio Fontanot

ENERGIA ELETTRICA, MERCATO, AMBIENTE

Una Guida per navigare informati
Terza edizione

400 pagine Euro 25,00
ISBN 978-88-87731-73-6

INDICE

PREFAZIONE di Pietro Maria Putti
PRESENTAZIONE di Alessandro Ortis

Capitolo primo
RICHIAMO AI CONCETTI DI ENERGIA E POTENZA
Premessa – Energia – La filiera industriale elettrica – Il prodotto elettricità

Capitolo secondo
DALLE FONTI ENERGETICHE PRIMARIE ALLA
PRODUZIONE ELETTRICA INDUSTRIALE
Rinnovabili – Non rinnovabili – Dalle FEP alla produzione elettrica

Capitolo terzo
IMPIANTI DI GENERAZIONE ELETTRICA
INDUSTRIALE
Elementi di Fisica Tecnica – Centrale termica – Evoluzione delle centrali a carbone – Centrale turbogas – Tecnologie di pulizia fumi – Centrali nucleari commerciali – Impianti di generazione elettrica da fonti rinnovabili – Tipologie produttive e copertura del carico giornaliero – Il nodo FER: criticità e sistemi di accumulo – Costi di produzione – I sistemi di incentivazione – Mix produttivi

Capitolo quarto
TRASPORTO DELL'ENERGIA ELETTRICA
Fisiologia reti – Struttura reti – Gestione delle reti – Criticità delle reti di trasporto – Elementi di Qualità tecnica del Servizio Elettrico

Capitolo quinto
SVILUPPO DELLA PRODUZIONE-TRASPORTO
DELL'ENERGIA ELETTRICA
Consumi elettrici ed economia nazionale – Barriere allo sviluppo – Il “riscaldamento globale” – L'accordo di Kyoto – Meccanismi applicativi – Il dopo Kyoto

Capitolo sesto
VERSO IL MERCATO
Le origini – Il monopolista ENEL – Le scelte produttive dell'ENEL – Liberalizzazione della produzione FER – L'esperienza inglese – La Direttiva 1992-96 e il Dlgs 1979-99

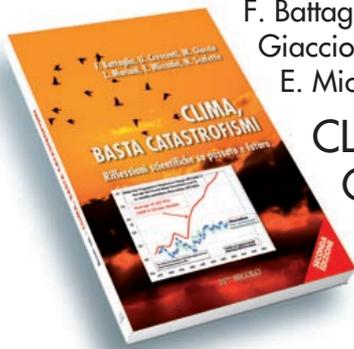
Capitolo settimo
IL MERCATO ELETTRICO ITALIANO - REGOLE
TARIFFARIE E ARCHITETTURA 2012
Il nuovo Sistema tariffario – Componenti tariffarie – Condizioni economiche per i mercati tutelati – Gli extra-costi italiani – La nascita dei nuovi Operatori – I pilastri del sistema

*Appendice 1: MATERIE PRIME FOSSILI PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA – Premessa
– Petrolio – Gas Naturale – Carbone – MATERIE PRIME
FISSILI – Uranio e Torio*

Appendice 2: LA RISORSA IDROGENO

*Appendice 3: LA TARIFFAZIONE ELETTRICA –
Principi ed Evoluzione del Sistema tariffario – Le basi
concettuali dei Sistemi tariffari – Evoluzione degli
strumenti per misurare i consumi elettrici*

Appendice 4: Unità di misura dell'energia



F. Battaglia, U. Crescenti, M. Giaccio, L. Mariani, E. Miccadei, N. Scafetta

CLIMA, BASTA CATASTROFISMI

Riflessioni scientifiche su passato e futuro

pagg. 268, € 25,00

ISBN 978-88-87731-71-2

Riflessioni di uno scienziato che non è un climatologo, Franco Battaglia – Il clima è governato dalle attività umane? – Sul consenso scientifico – **Il contributo delle scienze geologiche per la valutazione dei cambiamenti climatici**, Uberto Crescenti – Geologia e Paleontologia – **Geomorfologia** – Enrico Miccadei – **Il contributo della fisica dell’atmosfera per lo studio dei cambiamenti climatici** – Nicola Scafetta – L’incompatibilità tra i modelli climatici e le osservazioni – Capire le oscillazioni solari ed astronomiche – **Il clima nella storia della vite e del vino** – Luigi Mariani – Clima e viticoltura – Due domande tuttora aperte – La forza del mito – **Il mercato dell’anidride carbonica** – Mario Giaccio – **Sulla previsione del clima futuro**

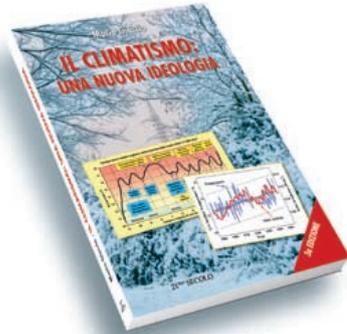
Mario Giaccio

IL CLIMATISMO: UNA NUOVA IDEOLOGIA

Quarta edizione aggiornata

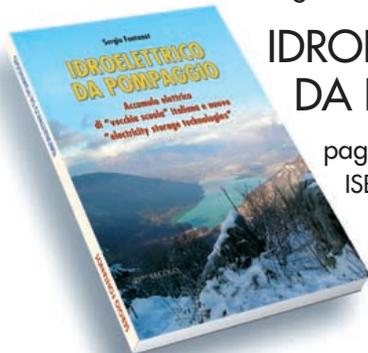
pagg. 364, € 20,00

ISBN 978-88-87731-61-3



Presentazione di Uberto Crescenti
1: Considerazioni preliminari – Gli effetti del protocollo di Kyoto - Il problema dei modelli - Attuali condizioni del clima terrestre – **2. Come funziona l’Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)** – È vero che c’è un consenso universale? – **3: Aspetti tecnici** – L’anidride carbonica: il più grande scandalo scientifico dei nostri tempi - La cosiddetta “curva a mazza da hockey” – **4: Riflessi economici della politica di Kyoto** – Il sistema di scambio delle emissioni e della Carbon Tax - Le truffe legate al mercato dei crediti di carbonio – **5: L’aspetto politico: due esempi emblematici** – Il riscaldamento globale per fini politici interni - Cambiamenti climatici: “la più grande sfida del nostro tempo” – **6: Riflessi sociali del sistema di Kyoto** – **7: Aspetti religiosi** – L’ambientalismo (come religione) nei media – **8: Prolegomeni per una governance globale** – Il Club di Roma - La Chiesa e il progetto di governance

Sergio Fontanot



IDROELETTRICO DA POMPAGGIO

pagg. 154, € 15,00

ISBN 978-88-87731-67-5

Prefazione di Davide Tabarelli – Parte prima: Il carbone bianco – Natura, storia, meriti e “misure vitali” dell’idro-pompaggio, nel contesto idroelettrico italiano

Parte seconda: Tante “Oiropa”

Una inedita euro-fepr, fonte energetica

parzialmente rinnovabile – Parte terza: Le banche dell’elettricità A way to bank energy for future use – Parte quarta: Un po’ di turismo idroelettrico – Appendice 1: Il Clean Power Plan (CPP) di Obama Appendice 2: Gli obiettivi della politica energetica di Donald Trump

Voglio acquistare i seguenti volumi

- Ambiente politicamente scorretto € 20,00
- Clima, basta catastrofismi € 25,00
- Il climatismo: una nuova ideologia € 20,00
- Idroelettrico da pompaggio € 15,00
- L’energia eolica e la sfida dei mercati elettrici € 15,00
- Italia-USA: due mondi elettrici a confronto € 10,00
- Monfalcone “elettrica” € 10,00
- Memorie di terra e di acqua (cofanetto 4 vol.) € 60,00
- Il sistema CAM® € 30,00
- Terremoto a scuola... € 25,00
- Energia elettrica, mercato, ambiente € 20,00
- Atomo a scuola... € 25,00
- Biotecnologie: i vantaggi per la salute e per l’ambiente € 9,00
- Biotecnologie per la tutela dei prodotti tipici italiani € 11,00
- Cambiamenti climatici e conoscenza scientifica € 10,00
- Campi elettromagnetici e salute: dai miti alla realtà € 9,00
- Chernobyl. 20 anni dopo il disastro € 15,00
- Clima, energia, società € 30,00
- Dal popolo di Seattle all’ecoterrorismo € 13,00
- Da Malthus al razzismo verde € 20,00
- Elettrosmog, un’emergenza creata ad arte € 12,00
- Energia nucleare? Sì, per favore... € 15,00
- I costi della non-scienza: Il Principio di Precauzione € 15,00
- Il paradosso del nucleare in Italia € 15,00
- Il petrolio, l’atomo e il metano € 15,49
- Il racket ambientale (seconda edizione) € 15,00
- I rischi di una scelta disinformata: dire no agli OGM in agricoltura € 15,00
- Italia nucleare € 25,00
- Italo Federico Quercia - Note biografiche € 15,00
- La Natura, non l’attività dell’uomo, governa il clima € 10,00
- L’atomo per la pace € 15,00
- La scienza e le medicine alternative € 15,00
- L’illusione dell’energia dal sole € 15,00
- L’opzione nucleare € 15,00
- Moderni sistemi e tecnologie antisismici € 20,00
- Orizzonti delle tecnologie nucleari € 15,00
- Presupposti per il programma elettronucleare nazionale € 15,00
- Proteggersi dal terremoto (seconda edizione) € 20,00

I volumi possono essere richiesti a 21^{mo} SECOLO s.r.l.

Tel. e fax 02 33408361 e cell. 335 7600520 - e-mail:

robertoirsuti@21mosecolo.it www.21mosecolo.it

- Pagherò in contrassegno (aggiungere € 6,00 di spese postali)
- bonifico bancario IBAN IT 08 C 01030 01662 000001065855
- versamento sul CCP n. 23966203 intestati a: 21^{mo} SECOLO srl - Milano
- Carta di credito n.
scad.
firma

Nome e Cognome

Indirizzo

Tel. e-mail:

Inviare per posta o via fax a 21^{mo} SECOLO s.r.l.

via Ludovico di Breme, 18 - 20156 Milano

Autorizzo il trattamento dei dati personali (legge 675/96)