



dalla
Società
della
Scienza

{1}



ASSOCIAZIONE
MARINA DIANA
MERCURIO



ACCADEMIA NAZIONALE
DI SCIENZE LETTERE E ARTI
DI PALERMO



PALERMO
UNIVERSITY
PRESS

dalla *Società* della *Scienza*

Direzione

Daniela Palma
Marco Elio Tabacchi
Settimo Termini (*responsabile*)

Comitato di consulenza

Giovanni Battimelli, Silvia Bencivelli,
Nicoletta Berardi, Lucio Bianco, Gilberto
Bini, Giuseppe Brauner, Roberto
D'Angelo, Enrico Di Cera, Maria Concetta
Di Natale, Antonio Di Nola, Luisa Di
Piazza, Rino Falcone, Clara Frontali, Aldo
Gerbino, Angelo Guerraggio, Francesco
La Teana, Giuseppe Lupo, Giuseppe
Metere, Giovanni Paoloni, Giorgio Parisi,
Mario Piazza, Telmo Pievani, Rudolf
Seising, Filippo Sorbello, Daniela Tafani,
Guglielmo Tamburrini, Elisabetta Tola,
Enric Trillas, Chiara Valerio.



ASSOCIAZIONE
MARINA DIANA
MERCURIO

www.marinadianamercurio.it



ACCADEMIA NAZIONALE
DI SCIENZE LETTERE E ARTI
DI PALERMO

www.ansla.it



PALERMO
UNIVERSITY
PRESS

Editore

Palermo University Press / NDF s.r.l.
Piazza Marina 29/34, 90134 - Palermo
www.unipapress.com

Progettazione grafica e typesetting

Roberto D'Angelo

Stampa presso

Fotograph s.r.l.

ISBN (stampa): 978-88-5509-721-5
ISBN (online): 978-88-5509-723-9
ISSN (stampa): 3103-313X

© Copyright 2025 New Digital Frontiers srl,
Autori e Associazione Marina Diana Mercurio.

dalla Società della Scienza desidera esaminare il rapporto tra scienza e società andando alle radici del problema nella convinzione che tra le due vi sia ormai una connessione così stretta da poter definire quella in cui oggi viviamo la *società della scienza*. Dobbiamo quindi non solo esaminare in astratto le relazioni esistenti tra di esse ma cercare di decifrare i segnali nuovi (per quanto esili e a volte apparentemente indecifrabili) che provengono dal mondo in cui viviamo e che dalla scienza è modellato in modo preponderante

dSdS, è una pubblicazione dell'Associazione Marina Diana Mercurio che ha ricevuto il patrocinio dall'Accademia nazionale di scienze, lettere e arti di Palermo che qui si ringrazia.

L'uso e la riproduzione di tutte le immagini presenti ha finalità illustrative e di ricerca scientifica, senza fini di lucro, ai sensi e in accordo con quanto prescritto dall'art. 70 della legge 633/41 sul diritto d'autore che, al comma 1, recita:

"Il riassunto, la citazione o la riproduzione di brani o di parti di opera e la loro comunicazione al pubblico sono liberi se effettuati per uso di critica o di discussione, nei limiti giustificati da tali fini e purché non costituiscano concorrenza all'utilizzazione economica dell'opera; se effettuati a fini di insegnamento o di ricerca scientifica l'utilizzo deve inoltre avvenire per finalità illustrative e per fini non commerciali."

Questo fascicolo di *dSdS* è corredato da immagini di dipinti dell'artista Mario Sangiovanni, che fanno parte della collezione dell'Associazione Marina Diana Mercurio.

Per approfondimenti si veda il volume: R. D'Angelo, A. Gerbino, S. Termini, *Il segno e le macchie. L'invenzione di Mario Sangiovanni*, Palermo University Press, Palermo 2025.

> **In copertina:** Mario Sangiovanni, *Chiarore*, 1983, olio su tavola.

> Anno I | numero I | ottobre 2025

IN QUESTO NUMERO

5 Editoriale

9 **Che cos'è la società della scienza?**
Settimo Termini

I



LA FRONTIERA INFINITA

17 **La sfida continua dell'economia della conoscenza**
Daniela Palma

25 **Lo scenario mondiale e l'avvento della società della conoscenza**
Sergio Ferrari

33 **Innovazione tecnologica e Paolo Sylos Labini**
Sergio Ferrari

37 **Programmare lo sviluppo per rispondere alle sfide del nostro tempo**
Sergio Ferrari

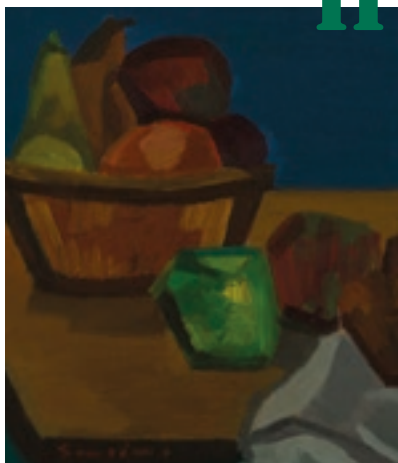
43 **I mutamenti climatici e la nuova rivoluzione industriale**
Sergio Ferrari

47 **La politica che spinge il declino**
Sergio Ferrari

55 **La strategia energetica non convince senza un piano per l'innovazione**
Sergio Ferrari

59 **La ricerca dimenticata**
Daniela Palma

II



ARTICOLI

- 65** **C'è un'età per la scienza?**
Giuseppe Metere
- 77** **Interdisciplinarietà, conoscenza e
intelligenza artificiale**
Antonio Di Nola, Maria Salvato
- 83** **La scienza "non neutrale"**
Francesco La Teana
- 93** **Sull'autonomia della biologia**
Clara Frontali

III



RUBRICHE

- 103** *Gli archivi: le scatole nere della storia*
Gli archivi scientifici
Giovanni Paoloni
- 109** *ex libris*
Non c'è più religione!
Settimo Termini
- 115** *Ephemera*
Federico Caffè
Marco Elio Tabacchi

Questo che avete fra le mani (o che state leggendo su uno schermo) è il primo numero di una pubblicazione che desidera esaminare il rapporto tra scienza e società nella convinzione che tra esse vi sia ormai una connessione così stretta da poter definire quella in cui oggi viviamo “società della scienza”. Se vogliamo andare alle radici del problema, quindi, non possiamo limitarci a esaminare in generale le relazioni esistenti tra scienza e società, ma dobbiamo cercare di decifrare i segnali nuovi (per quanto esili e a volte apparentemente indecifrabili) che provengono dal mondo reale e che dal pensiero scientifico è modellato in modo preponderante.

Il lettore avrà notato che abbiamo usato il termine neutro di 'pubblicazione'. Non ci è chiaro, infatti, se il formato più efficace, per ciò che abbiamo in mente, sia quello di una rivista che – *in modo dinamico* – metta a confronto idee e ipotesi non molto discusse oggi con problemi attuali di grande impatto per il nostro futuro, oppure quello di piccoli volumi che, in qualche modo, *archivino* quanto riteniamo sia importante non disperdere (idee, ipotesi, punti di vista) ma proprio per potere meglio studiare, capire e affrontare i nostri problemi di oggi. Decideremo in un secondo momento se questo dovesse divenire necessario. Quello su cui, invece, non abbiamo dubbi è che sia importante avere, da subito, una prospettiva internazionale anche se, al momento, gli autori e gli argomenti trattati sono, rispettivamente, italiani e riguardano, fondamentalmente, l'Italia. Per questo motivo ne verrà fornita, in tempi che cercheremo di rendere molto brevi, un'opportuna versione in lingua inglese che è, oggi, universalmente accettata come *lingua franca*.

Questi che vogliono, dunque, essere, contemporaneamente, fascicoli di una rivista che guarda idealmente al futuro e piccoli volumi di una collana della memoria presenteranno temi che possono apparire, a prima vista, molto distanti tra loro. Questa varietà potrebbe d'altra parte essere d'aiuto nell'indicare nuove vie da percorrere per affrontare problemi ancora oggi molto importanti ma che non sono nati da poco e che riguardano il rapporto sempre più strutturato tra attività di ricerca e sviluppo economico. Si tratta infatti di comprendere in quale misura tale rapporto abbia realmente contribuito al progresso umano e capire come mai quest'ultimo

sia entrato in una fase di crescente difficoltà. Se, in alcuni casi, le *vie nuove* dovessero somigliare a cammini individuati nella temperie speranzosa dei “trent’anni gloriosi” (1945-75) che hanno segnato lo sviluppo seguito al conflitto mondiale, questo non avverrà per caso. A nostro avviso, infatti, quei percorsi sono stati abbandonati non perché si perdessero nel bosco ma proprio perché ci stavano conducendo a una trasformazione che, radicandosi, avrebbe determinato un cambiamento profondo degli assetti esistenti, relazioni di potere in primo luogo. Ovviamente, per renderli di nuovo percorribili, questi cammini dovranno essere liberati da rovi ed erbacce e si dovrà anche tener conto di frane e altri sommovimenti che hanno modificato la morfologia del terreno. Le scelte della Presidenza degli Stati Uniti di questi ultimi mesi nei confronti delle Università mostrano che siamo ben lontani dal clima di progettualità speranzosa che porterà Vannevar Bush a scrivere per Roosevelt il suo “Manifesto per la rinascita di una Nazione”. Anche le risposte, sia della Columbia University sia di Harvard, meritano di essere analizzate a fondo. Ci limitiamo, al momento, a registrare quanto fa parte della cronaca di questi giorni.

Gli argomenti trattati andranno da analisi di tipo economico ad articoli scientifici; da considerazioni sociologiche a commenti di tipo epistemologico. I primi numeri, almeno, saranno organizzati come segue. Desideriamo in primo luogo riprendere (salvandoli se non dall’oblio, almeno da una prevedibile precarietà) alcuni interventi, non solo interessanti ma, a nostro avviso *cruciali*, sul tema del rapporto tra ricerca di base e modello produttivo di un paese, alcuni dei quali usciti solo in rete. Questo costituirà il nucleo della prima parte.

Nella seconda, corroboreremo la nostra tesi che viviamo *già* nella società della scienza, raccogliendo interventi che da essa provengono, mettendo in evidenza aspetti, a volte, un po’ negletti di alcune riflessioni scientifiche attuali. L’ambizione è quella di riuscire a presentare – in una forma estremamente piana – articoli su varie caratteristiche di alcuni aspetti della ricerca di frontiera, indicando perché i temi trattati sembrano conformarsi all’analisi qui compiuta. Potranno essere presenti anche articoli più tecnici nel caso in cui questo venga ritenuto necessario.

La terza parte, infine, presenterà alcune rubriche centrate su aspetti specifici. Potranno apparire qui, occasionalmente, anche brevi interventi che mettono a fuoco problemi particolari.

Poche parole, infine, sulla pubblicazione stessa. Essa nasce come prodotto molto artigianale, affidato alla buona volontà di pochi ma con l’ambizione di essere (e diventare sempre più) un, sia pur piccolo, luogo di approfondimento delle idee delineate prima. Superfluo sottolineare il desiderio di aprirsi a tutti coloro che, condividendole anche solo in parte,

vogliano contribuire a metterle a fuoco meglio costringendole a confrontarsi con altre.

Il nostro progetto si ispira a Pietro Greco. A tutta la sua opera e, all'interno di essa, in particolare, ai suoi quaderni "Scienza & Società" che, per quasi cinquanta volte, hanno analizzato questo rapporto con cura, acribia e chiarezza in molti e, a volte, reconditi aspetti. Il discorso che vogliamo iniziare molto gli deve.

Altrettanto deve a Sergio Ferrari, scomparso lo scorso 20 maggio, al quale desideriamo dedicare questo primo numero, il cui dossier era stato già centrato sulle sue idee innovative. Con lui, insieme a Pietro, abbiamo condiviso un lungo percorso di riflessioni e scambi umani e intellettuali che ci hanno portato fin qui.

Questa pubblicazione fa parte delle diverse iniziative dell'Associazione Marina Diana Mercurio che promuovono e sviluppano le idee e i valori indicati nel suo statuto, come, per altri versi, avviene con l'assegnazione di alcuni premi e la pubblicazione mirata delle sue raccolte pittoriche. A differenza di questi eventi, nei quali la realizzazione degli obiettivi è, in qualche modo, fattuale e ostensiva, nel nostro caso questa può essere ottenuta, oltre che verificata, solo attraverso discussioni critiche e ampi confronti.

L'esperienza pregressa di utili dialoghi e scambi proficui con l'Accademia nazionale di scienze, lettere e arti di Palermo ha evidenziato una consonanza culturale di fondo che ci ha indotto a chiedere il suo patrocinio, che è stato prontamente concesso (e del quale, doverosamente e con piacere, si ringrazia), e delinea un possibile lavoro congiunto tra l'Accademia e l'Associazione su temi di interesse comune.

Desideriamo, infine, approfondire il concetto stesso di "società della scienza", facendo emergere punti di vista diversi sia pure all'interno di una visione generale condivisa. Una ricchezza, la presenza di diversità, il loro confrontarsi e la loro convivenza, a cui molto teniamo. Per questo motivo i primi numeri di *dSdS* conterranno un articolo iniziale su questo tema.



Mario Sangiovanni, *Veduta
porto di Pozzuoli*,
Olio su tavola.

Che cos'è la società della scienza?

Settimo Termini

Da qualche decennio si è cominciato a parlare di “società (ed economia) della conoscenza”. Espressione con la quale si desiderava mettere in evidenza il fatto che lo sviluppo della società in cui viviamo si basa, per molti aspetti, su nuovi ritrovati della ricerca scientifica e la loro “incarnazione”, cioè nuove tecnologie innovative basate su di essi. A volte, risultati di frontiera appena ottenuti. Come, però, giustamente, osserva Sergio Ferrari:

“La lettura della Società della Conoscenza ha al suo interno il capitolo relativo all’Economia della conoscenza e, in questo capitolo, il concetto di Conoscenza fa riferimento in maniera esplicita alla conoscenza scientifica e tecnologica non certo per eliminare il patrimonio delle conoscenze di diversa origine – ammesso e non concesso che sia possibile porre delle distinzioni – ma per le sempre maggiori relazioni che quelle conoscenze hanno con le possibilità di trasformare il lavoro, la vita dei cittadini, il sistema di accumulo della ricchezza e i rapporti tra questi accumuli e la loro trasformazione in valori sociali e culturali. Queste relazioni esistono dal tempo della ruota ma è evidente che da Galileo in poi sono cambiati radicalmente i loro termini.” (Società ed economia della conoscenza, Mnamon, 2014, p. 5).

Tenendo conto di questa osservazione e dal momento che i riferimenti alla *società della conoscenza* sono diventati ultimamente sempre più radi, per cui questa definizione non è entrata nella sua corretta accezione nel linguaggio comune, sembrerebbe preferibile definire *società della scienza* - in modo più specifico e corretto - quella nella quale viviamo.

Chiediamoci anche perché negli ultimi anni si è parlato sempre meno di “società della conoscenza”. Difficile rispondere in modo esaustivo ma possiamo supporre che tra i motivi vi sia anche il fatto che, di recente, la presenza più massiccia di risultati attribuibili alla scienza nella società sia quella collegabile più a un raffinamento sempre più spinto di tecnologie già note che a idee e risultati effettivamente nuovi. Ad esempio, nonostante la resistenza antibiotica, per motivi vari, la ricerca in questo settore non è stata particolarmente intensa (vedi: <https://ilbolive.unipd.it/it/news/salute-resistenza-antimicrobica-dalla-ricerca>) e, in settori altamente innovativi – sia per l’impatto sui comuni cittadini sia per la capacità tecnologica e applicativa – come l’IA generativa, la parte di comprensione teorica è quella più carente.

Inoltre, la pervasività della scienza - rassicurante per alcuni - si accompagna a squilibri

complessivi nella società che avevano già fatto dire allo stesso Sergio Ferrari che “lo stato dell’economia mondiale e, anche, di quella italiana, [...] traducono una valutazione a dir poco molto critica della realtà economica e sociale”. Dobbiamo, dunque, fare i conti con “due questioni apparentemente tra loro divergenti [...] La contraddizione tra queste due questioni consiste – dovrebbe essere evidente – nel senso illuministico e progressivo dello slogan della *Società della conoscenza*, contrapposto all’evidente negatività dei contenuti della crisi economica e sociale in atto, e non da poco tempo” (ibidem, pp. 5-6).

Una situazione molto complessa che potrebbe anche essere alla base del rigetto della scienza - da parte di settori minoritari, ma non tanto da essere trascurabili, della società - alle cui azioni vengono attribuite varie conseguenze negative tra cui, anche, quelle a cui si è accennato sopra.

D’altro canto, assistiamo a un estendersi del modo di pensare proprio della scienza – con un ampio e pieno riconoscimento della sua fruttuosità - in campi nei quali non avremmo in precedenza mai pensato se Julia Angwin, fondatrice del sito di notizie Markup, nel suo messaggio di commiato del 4 febbraio 2023, significativamente intitolato *Journalistic Lessons for the Algorithmic Age*, dichiara che “Before I go, I wanted to share the lessons I learned building a newsroom that integrated engineers with journalists and sought to use a new model for accountability journalism: the scientific method.” Si rinvia a una lettura di tutto l’articolo (<https://themarkup.org/hello-world/2023/02/04/journalistic-lessons-for-the-algorithmic-age>) ma due commenti immediati sono, comunque, da fare. La dichiarazione *esplicita* di aver cercato di usare un nuovo modello per un giornalismo affidabile, il *metodo scientifico*, e quella, *implicita*, di averlo fatto in modo interdisciplinare (ispirandosi a Norbert Wiener, potremmo dire) *mettendo assieme* ingegneri e giornalisti.

Allora potremmo, provvisoriamente, concludere che quella in cui noi oggi viviamo è una società che, per funzionare in modo efficace, non può che basarsi sempre di più su risultati della scienza ma le contraddizioni messe in evidenza non permettono di concludere che essa sia già *società della scienza*, in senso pieno.

Potremmo, però, anche sostenere che viviamo già nella società della scienza ma che il processo che porta a una sua piena affermazione è fortemente ostacolato da vari fattori. Desidero esaminare le implicazioni di questa seconda ipotesi. Fattori che ostacolano tale processo potrebbero essere riconducibili, essenzialmente, al fatto che l’esplicarsi pieno di questo tipo di società porterebbe a una drastica modifica degli equilibri di potere all’interno delle singole società nonché nell’equilibrio esistente tra le varie società “nazionali”. Uno lo abbiamo appena indicato: il contrasto tra gli squilibri economici attuali e le opportunità offerte dallo sviluppo scientifico tecnologico le quali sono in linea, tra l’altro, con le previsioni di Keynes degli anni ’30 del secolo scorso. Un altro fattore (fra tanti che dovremmo cercare di individuare) riguarda i recenti rigurgiti bellici che ci hanno riportato all’epoca della Grande Guerra e a scontri impostati, volutamente, in modo che appaiano non sanabili e superabili se non con l’eliminazione dell’altro. Qualcosa che è strutturalmente incompatibile sia con la scienza sia, in generale, con la conoscenza in qualsiasi forma specifica essa si presenti. Non perché nella scienza e nella conoscenza non vi siano contrapposizioni. Anzi, queste non possono non essere presenti, dato che il confronto, anche aspro, fra impostazioni e ipotesi diverse è l’essenza di qualsiasi modo di procedere non dogmatico. Ma perché, alla base (al di là del comportamento personale e specifico del singolo scienziato che può umanamente essere non del tutto commendevole), la contrapposizione è vista come uno strumento fondamentale per capire meglio ciò che stiamo studiando, ciò di cui ci stiamo occupando, e non per cancellare l’altro punto di vista (e i suoi sostenitori). È un *confronto*, non è uno *scontro* (forse anche il termine ‘contrapposizione’ è da usare con cautela, chiarendo il modo in cui lo intendiamo). Normalmente uno dei punti di vista prevale. Prevale, appunto, non distrugge l’altro che, storicamente, può riapparire in seguito in forme diverse. Si pensi ad esempio alle teorie corpuscolare e ondulatoria della luce.

Il nostro tempo, nella sua radice più profonda, è modellato su queste logiche e su questi meccanismi essendo fortemente legato allo sviluppo e al mutato ruolo che la scienza ha avuto durante il Novecento, nel corso del quale, uscendo per sempre dall’età dell’innocenza, ha

mostrato di essere profondamente radicata nella società, nel bene e nel male. Mostrando impensate capacità distruttive (progetto Manhattan) e - altrettanto inimmaginabile - potenzialità positive che hanno accompagnato quelli che alcuni economisti hanno chiamato i *trent'anni gloriosi* (1945-75), sicuramente uno dei periodi più floridi dell'umanità (almeno occidentale), non solo dal punto di vista materiale (netto miglioramento delle condizioni di vita) e da quello civile (estensione di molti diritti) ma anche da quello progettuale.

Ancora una volta si presentano aspetti apparentemente contraddittori. Stranamente (ma, ripensandoci, non più di tanto, alla luce, oltretutto delle contrapposizioni che stiamo incontrando), all'incrocio del doppio volto della scienza novecentesca svolge un ruolo essenziale una stessa persona: Vannevar Bush, come incisivamente mostrato da Pietro Greco in molti suoi scritti (si veda in particolare il suo saggio introduttivo alla traduzione italiana del libro dello stesso Bush: *Manifesto per la rinascita di una nazione. Scienza, la frontiera infinita*, Bollati Boringhieri, 2013).

Dobbiamo studiare e cercare di capire meglio come stanno le cose. Cercare di distinguere tra le caratteristiche essenziali del processo che sta alla base del funzionamento della scienza e il comportamento degli scienziati sia singolarmente, come persone, sia collettivamente, tramite le posizioni assunte dalle società scientifiche e dalle varie comunità scientifiche. Il comportamento delle comunità di quelle che sarebbero state le Nazioni vincitrici nei confronti di quelle delle Nazioni sconfitte, nel primo conflitto mondiale, ad esempio, non può essere giudicato in modo positivo. Dobbiamo capire se tutti i contrasti rilevati siano da attribuire a un'unica causa o se nascondano cose profondamente diverse. Sarei indotto a credere che siano diverse e che, ad esempio, il contrasto tra le promesse della scienza e la crisi della realtà economica e sociale, come evidenziato da Ferrari, abbia a che fare con una forte opposizione che le attuali strutture di potere attuano per evitare gli effetti che avrebbe una piena realizzazione della società della scienza.

A pensare a questo ci induce ciò che è accaduto negli ultimi decenni e che, giornalmente, continua ad accadere: la forte diminuzione del ruolo dell'ONU, il mostrarsi delle due guerre attualmente in atto con caratteristiche "antiche" e

forse proprio vecchie se non fosse per l'atrocità aggiuntiva che le potentissime tecnologie attuali favoriscono. Potremmo concludere che da più di un secolo a oggi sia sempre presente una reazione profonda alle possibilità di un cambiamento radicale delle strutture di potere. Cambiamento che nei primi anni dopo la conclusione del secondo conflitto, aveva iniziato, timidamente e molto parzialmente, a realizzarsi. Presentandosi identica a quella avvenuta dopo la Prima Guerra Mondiale, bloccata dopo la conclusione della Seconda, questa reazione si è nuovamente manifestata, prima boicottando, via via, la piena attuazione di alcune scelte compiute dal '45 in poi, poi iniziando un attacco ben coordinato - anche dal punto di vista culturale - a partire dagli anni '80 fino a presentarsi negli ultimi anni con le stesse fattezze - violente e corali - di quelle di un secolo fa. Segno che gli avversari di questa svolta vedono la reale possibilità di un cambiamento profondo e a questo cercano di opporsi in tutti i modi. E usando, da un secolo, lo stesso armamentario culturale e ideologico oltre che lo stesso tipo di reazione violenta (vedi, ad esempio: Clara E. Mattei, *L'economia è politica*, Fuoriscena 2023).

Per contribuire a realizzare in pieno la società della scienza, dobbiamo capire la realtà che ci circonda in tutti i suoi risvolti. Per capire, quindi, dobbiamo studiare; studiare anche i risvolti più nascosti e le connessioni meno evidenti. Un cammino che *dSdS* desidera percorrere a partire dai segnali che dalla nostra società, oggi, provengono.

Il nome scelto per il percorso che ci si accinge a seguire si ispira, rovesciandolo, a quello di un libro di Edmund Wilson che vede, nell'arrivo di Lenin nel 1917 alla Stazione Finlandia di San Pietroburgo la conclusione di un lungo processo di elaborazione di idee. Convinzione sottolineata leggendo il sottotitolo dell'edizione originale del 1940 (*A Study in the Writing and Acting of History*). La relazione tra le considerazioni che mi accingo a fare e il libro di Wilson riguarda, in realtà, solo il suo titolo e, in particolare, la sua capacità di trasmettere, con pochissime parole (*To the Finland Station*), un'immagine di grande forza espressiva. Tutto converge lì: molte idee, elaborate nel corso di vari decenni, diventano concrete, si trasformano in qualcosa di reale (che, tra l'altro, non si immaginava potesse avvenire in quella forma e in quei tempi). Con la conoscenza della conclusione non brillante di quell'esperienza

nel 1989, quest'immagine potente può sembrare usata a sproposito ma forse, senza perdere la sua forza, dato il riferimento del sottotitolo alle dinamiche suscitate dall'azione della storia. Non solo resta salva la forza espressiva dell'immagine ma mostra anche (un corollario che l'autore del libro non aveva certo in mente) che "the Acting of History", il *modo* in cui la Storia agisce, può essere più sottile e complesso di quanto i contemporanei di Wilson avessero pensato e, in generale, di quanto si possa ritenere osservando superficialmente le cose. Suggerimento che, indirettamente e paradossalmente, ci viene dato dallo stesso libro di Wilson. Detto alla buona, Lenin è arrivato alla Stazione Finlandia, su un treno blindato con l'appoggio fondamentale della Germania guglielmina che così sperava (come è avvenuto) che si sguarnisse, a suo vantaggio, il fronte orientale nella Grande Guerra. Per far sì che la Storia agisca bene, cioè che i suoi cambiamenti permangano in modo duraturo e non tradendo promesse e promesse, non deve essere forzata dall'esterno (avendo in mente interessi specifici) ma solo assecondata, dopo aver capito le possibilità che si aprono. Altrimenti, nella lunga durata, le cose andranno in modo imprevedibile.

Prima ho affermato che il nome della nostra rivista, ispirandosi a quello di Wilson, lo rovescia. Come emerge da quanto appena scritto, la forza comunicativa del titolo di Wilson è rappresentata proprio dall'indicazione di un movimento che va dalle idee alla realizzazione di accadimenti storici. Movimento che molte delle persone che hanno ideato la presente pubblicazione ritengono sia un aspetto cruciale alla base di una serie di fenomeni che ci hanno accompagnato lungo gli ultimi decenni. Decenni nei quali abbiamo visto la scienza svolgere un ruolo sempre più centrale. Il rovesciamento di prospettiva consiste allora nel fatto che mentre Wilson riteneva (e con lui molti altri) che l'elaborazione teorica poteva considerarsi più che soddisfacente e ciò che mancava era proprio il movimento in direzione della trasformazione della società, così ben rappresentato da quel "To" nel titolo del volume, oggi, la comprensione della dinamica dei processi sociali deve aggiornarsi continuamente sulla base di quello che accade, tenendo anche conto degli sviluppi tecnologici che avvengono nelle forme favorite dal contesto economico-politico-sociale dello specifico momento in cui si verificano. Dobbiamo quindi cogliere quelle voci che pro-

vengono dalla società della scienza per cercare di capire cosa è già successo, cosa sta succedendo e quali sono le forze in gioco che regolano i movimenti complessi che, inaspettatamente, ci hanno – per alcuni aspetti cruciali – riportato indietro di più di cent'anni. Tenendo conto della lezione di Ingmar Bergmann che invitava a *intuire* cosa ci attende guardando attraverso la membrana traslucida che non avvolge soltanto "l'uovo del serpente" ma anche i fenomeni storici mediante gli avvenimenti quotidiani che dovremmo potere e sapere leggere con lucidità esaminando le loro connessioni e trasformazioni. Ciò a cui aspiriamo è riuscire a intuire dove gli sviluppi delle forze produttive (potenziati da un costante sviluppo della ricerca scientifica) potrebbero condurci e perché (e da che cosa e mediante quali modalità) sono bloccati nella loro piena esplicazione.

È importante, poi, non dimenticare il legame strettissimo che esiste tra scienza e democrazia, legame che si manifesta anche nel fatto che le conquiste della scienza, come quelle della democrazia, non sono mai definitive e acquisite una volta per tutte. Per la democrazia è sotto gli occhi di tutti quello che è successo un secolo fa e quello che sta accadendo, sia pure in forma diversa, da qualche lustro in varie parti del mondo. Meno noto è che anche i risultati e le conquiste della scienza possano essere perduti. Il fondamentale libro di Lucio Russo (*La rivoluzione dimenticata*, Feltrinelli) non solo ha documentato che questo è già accaduto ma ha anche mostrato che, in questo caso, non si ha solo un generico regresso ma un danno che sfugge al controllo, perché molti dati conoscitivi ricevuti dal passato risultano incomprensibili e vengono interpretati in modo non corretto. Infine, il procedere della scienza è quanto di più sofisticato l'umanità è riuscita a elaborare in contrapposizione al potere, in qualsiasi forma esso si presenti e manifesti. E questo aspetto, questa sua caratteristica (la capacità della scienza di rimettersi sempre in gioco, di aspirare a conoscenze che sono le più affidabili a cui potere aspirare ma che non sono mai definitive), è un grandissimo punto di forza dal punto di vista intellettuale ma il suo tallone d'Achille dal punto di vista politico. Per vari motivi. Non solo perché la comunità scientifica è stata, a volte, tentata di farsi potere, di esercitare il potere, di allearsi o fiancheggiare poteri di qualsiasi altro tipo (tradendo la sua natura) ma anche perché ogni potere politico che non sia fortemente e pienamente

democratico cercherà di impedire che il pensiero alla base del modo di procedere della scienza si diffonda ed espanda *troppo* nella società (scontrandosi col desiderio di ogni forma di potere di non essere sottoposto a osservazioni e controlli troppo penetranti). Cercherà di controllare e dirigere, in tutti i modi che potrà, anche la comunità e le istituzioni scientifiche non solo indirizzando e favorendo le loro scelte in direzioni opportune per le esigenze della società nel suo complesso (cosa questa non solo legittima ma auspicabile) ma interferendo con l'autonomia della scienza e bloccando la diffusione dello spirito critico. E, ancora, la scienza, così come la democrazia e tutte le conquiste umane, non essendo – come già detto – ottenute una volta per sempre, per evitare che siano perdute, devono essere difese quotidianamente. Per difenderle in modo efficace le dobbiamo ogni volta *reinventare* adattando il nostro comportamento alle diverse condizioni nelle quali ci troviamo a vivere e leggendo, diversamente, per salvare la loro natura originaria, le caratteristiche specifiche che scienza e democrazia devono assumere in un contesto mutato. Facendo emergere, in questo modo, aspetti che forse non erano apparsi in modo chiaro prima e che mostrano la grande ricchezza delle invenzioni e dei comportamenti umani quando sono rivolti a ciò che è nuovo. Sia la scienza sia la democrazia mostrano i loro aspetti migliori quando le loro caratteristiche significative sono fatte proprie e profondamente interiorizzate da un numero molto grande di persone.

In conclusione, la società della scienza è quella nella quale viviamo già oggi ma che convive con una struttura sociale che non le è propria. Un suo ulteriore e più completo sviluppo porterebbe a una convivenza civile fruttuosa per tutti a causa delle profonde trasformazioni, in senso più egualitario e democratico, che innescherebbe. Questa analisi deve essere inserita in un discorso più ampio nel quale si approfondisca il ruolo della tecnologia (era un destino già stabilito, ad esempio, che le nuove tecnologie diventassero dominio di pochi privati?) e si esaminino questioni strettamente economiche (ad esempio, non possiamo non chiederci se abbia svolto un ruolo la caduta del saggio di profitto in tutto quello che è accaduto negli ultimi cinquant'anni per bloccare il processo che si era aperto dopo la fine della seconda guerra mondiale). Tutti aspetti che bisognerà approfondire in dettaglio. Per tutti questi

motivi, quindi, penso che sia bene, assieme al più generale - e più ambivalente - termine di 'Società della conoscenza' (che, peraltro, qui stesso sarà ampiamente usato, come si evince anche dagli articoli che seguono) utilizzare anche quello di 'Società della scienza' associando a quest'ultimo contenuti non solo più specifici ma anche sfrondata da un uso comune del termine scienza che l'ha caricato di una rigidità che non le appartiene.

Un sottinteso delle pagine che precedono (e che ritengo utile esplicitare) è la mia convinzione che, nel comunicare i contributi che la ricerca scientifica (e il pensiero a essa associato) hanno portato all'umanità, dovremmo sempre - dopo aver riconosciuto che quella scientifica è solo una delle attività svolte dall'uomo, integrata e connessa a tutte le altre - sottolineare il suo nucleo essenziale (e minimo) che - in ultima istanza - si riduce semplicemente al buon senso. Un buon senso, però, che non si ferma all'esistente ma cerca di utilizzare e costruire qualsiasi strumento possa essere utile allo scopo di capire un problema, anche quando si tratti di inventare nuove teorie matematiche o costruire prodigi tecnologici come il CERN. Sempre in punta di piedi e disposto a tornare indietro in presenza di nuove evidenze. Una posizione simile, d'altronde, a quella di Immanuel Kant quando definiva l'Illuminismo, semplicemente, come *l'uscita dell'uomo dalla minorità*, senza usare né le fanfare retoriche di altri illustri esponenti né l'alterigia di Laplace davanti a Napoleone.

Sono convinto che questo lo potremo fare sempre meglio se ascoltiamo le voci che dalla stessa scienza e dalla "società della scienza" provengono, delineando una prospettiva nella quale possano trovare posto tutti gli aspetti positivi che il pensiero scientifico ci può dare non solo in termini di conquiste materiali ma anche come modello del vivere civile (recuperando molte delle conquiste fatte nel trentennio glorioso). Un progetto, forse, non di immediata realizzazione – dato il contesto nel quale ci stiamo muovendo – ma i cui elementi sono essenziali perché la trasformazione di questo stesso contesto negativo avvenga.





> Mario Sangiovanni, Veduta di Pozzuoli, olio su tavola.

I La frontiera infinita

Desideriamo caratterizzare il cammino che ci apprestiamo a intraprendere dando a questa parte proprio il titolo del rapporto che Vannevar Bush scrisse per Franklin Delano Roosevelt.

Forse - in uno strano gioco delle parti - era stato il primo a domandare al secondo di fargli una richiesta ufficiale per dare un forte valore istituzionale a quanto avrebbe scritto. Il rapporto venne, poi, presentato a Truman, essendo Roosevelt, nel frattempo, scomparso. Leggendolo, appare ancora oggi in tutta la sua grandezza la visione di mantenere una primazia con la forza della ragione - lo sviluppo della ricerca scientifica - e non (o, almeno, non solo) attraverso la forza delle armi.

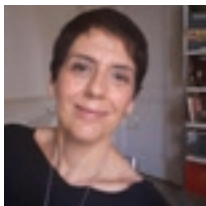
In questo stesso spirito, nella prima parte della nostra "dalla Società della Scienza" verranno presentati (e spesso recuperati) testi che trattano il tema del rapporto strettissimo che esiste tra la ricerca di punta e lo sviluppo economico di un Paese. Testi, a nostro avviso, molto importanti e ancora meritevoli di attenzione per il loro contenuto ma che, essendo apparsi solo in formato elettronico in luoghi specifici e particolari pur avendo lì svolto - a suo tempo - il ruolo che si proponevano, sono oggi, spesso, recuperabili con difficoltà.

Gli articoli presentati in questo numero sono tutti di Sergio Ferrari con l'eccezione dell'ultimo, di Daniela Palma, che completa temporalmente l'analisi fatta nei saggi che lo precedono. A lei è dovuta anche una sintetica presentazione di tutto il *dossier* che mette in evidenza sia l'estrema attualità delle analisi presentate negli scritti qui raccolti, sia il loro valore strategico per il superamento delle difficoltà con le quali oggi ci confrontiamo. Attualità che stride con la quasi completa assenza del tema del "modello di sviluppo economico" nel dibattito pubblico.



Mario Sangiovanni, *Strutture
ITALSIDER*, 1997,
olio su cartone

La sfida continua dell'economia della conoscenza



Daniela Palma

Dirigente di Ricerca presso l'ENEA (Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile) nelle aree dell'economia dell'innovazione e dello sviluppo e della sostenibilità ambientale ed economica.

È stata visiting research fellow presso la University of California at Santa Barbara e ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Analisi Economica Matematica e Statistica dei Fenomeni Sociali all'Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Socia dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere ed Arti di Palermo.

daniela.palma@enea.it

Viviamo oggi in un'epoca di grande evoluzione di quella realtà mondiale che, a partire dal secondo dopoguerra del secolo scorso, ha plasmato un tipo di sviluppo economico completamente nuovo grazie alla forza trainante esercitata dal progresso scientifico sulla crescita dei paesi industrializzati. Le ricadute applicative dell'attività scientifica sulle attività produttive si sono infatti sempre più intensificate, in un processo di mutua interazione che ha finito per tessere un fitto filo tra il mondo della ricerca e quello dell'innovazione tecnologica. La cosiddetta "economia della conoscenza" è divenuta così la nuova cifra del sistema capitalistico, la cui capacità di tenuta si è dovuta misurare con la necessità di stimolare l'espansione dei mercati attraverso un'innovazione continua della produzione manifatturiera, andando a soddisfare una domanda di crescente livello qualitativo in risposta al progressivo aumento della ricchezza economica. Ma il confronto tra quello che è stato l'assetto dello sviluppo mondiale fino a quasi un ventennio fa e l'attuale quadro economico globale mostra anche come la spinta propulsiva registrata inizialmente dalle economie occidentali di vecchia industrializzazione si sia notevolmente ridimensionata a vantaggio di quei paesi dell'area asiatica (con in testa la Cina) che, con l'avanzare della globalizzazione pro-

duttiva, erano diventati terreno di investimento e di esportazione di nuove tecnologie da parte delle prime. Capire in che modo tale scenario si sia andato delineando (e si vada tuttora trasformando) è importante sia al fine di far emergere il maggiore rilievo che l'“economia della conoscenza” ha assunto nell'età contemporanea, sia al fine di cogliere come il più stretto rapporto tra sviluppo economico e sviluppo tecnologico si sia fatto ancora più complesso e non possa prescindere da scelte orientate della politica dei governi.

Obiettivo del presente dossier è quello di offrire una lettura articolata di come nella storia dei nostri giorni l'innovazione tecnologica sia divenuta parte integrante dello sviluppo economico e possa essere sempre più in grado di influenzarne il futuro svolgimento. Tale prospettiva di analisi caratterizza nel suo insieme la selezione di scritti di Sergio Ferrari qui raccolti, che testimoniano la lunga e rilevante esperienza di lavoro e di studio maturata dall'autore nel campo dell'economia dell'innovazione, facendo trapelare uno sguardo costantemente teso a comprendere in che misura le dinamiche tecnologiche abbiano via via cambiato la struttura dei sistemi produttivi delle economie avanzate. Ma tali contributi consentono anche di focalizzare l'attenzione su diversi piani di riflessione, muovendo da questioni più vicine agli sviluppi della teoria economica fino ad arrivare a valutazioni ritagliate sulle attuali tendenze del cambiamento tecnologico e su come le dinamiche economiche mondiali si vadano relazionando a quest'ultimo. Centrale è l'idea che nella “divisione internazionale del lavoro” il possesso di competenze di natura tecnologica sia divenuto un fattore competitivo irrinunciabile e che lo sviluppo di quelle economie che tende a dipendere da tecnologie prodotte all'estero sia destinato a declinare nel tempo. Si spiega allora l'ascesa delle economie asiatiche di nuova industrializzazione che, sfruttando inizialmente il vantaggio tipico dei paesi “inseguitori”, hanno posto in essere politiche di colossali investimenti pubblici in attività di ricerca e dato spazio a vasti interventi di innovazione del tessuto industriale, rafforzando la specializzazione nei settori a più elevato contenuto di nuove tecnologie; mentre le difficoltà incontrate dalle maggiori economie occidentali risultano essere per lo più il prodotto di una progressiva ritirata dell'intervento di-

retto dello Stato (in veste di imprenditore) nel sistema produttivo¹, in linea con l'adozione di politiche di stampo “neoliberista” volte a tutelare una presunta (quanto irrealistica) efficienza del libero mercato e del tutto irrilevanti rispetto al conseguimento di obiettivi di modificazione della struttura settoriale dell'industria².

I primi tre saggi proposti (“Lo scenario mondiale e l'avvento della società della conoscenza”, “Innovazione tecnologica e Paolo Sylos Labini”³, e “Programmare lo sviluppo per rispondere alle sfide del nostro tempo”) illustrano la cornice interpretativa entro cui si definisce il ragionamento di Ferrari, mettendo in luce come il legame tra attività scientifica e innovazione tecnologica si sia non solo irrobustito nel tempo, ma abbia anche acquisito nuove e più sofisticate forme. L'analisi di Ferrari trae forte stimolo dall'elaborazione teorica di Paolo Sylos Labini, che al tema della rilevanza dell'innovazione tecnologica per lo sviluppo economico ha dedicato tutta la sua opera di studioso, dando un importante seguito alla rinnovata riflessione in materia che Joseph Schumpeter, del quale era stato allievo, aveva condotto nella prima metà del Novecento. Il riferimento a Sylos Labini è per Ferrari fondamentale e va ben oltre la mera dimensione dello studio, poiché si nutre di scambi di idee e di valutazioni che prendono corpo nel corso di un rapporto pluriennale all'insegna del comune interesse per la complessità del fenomeno dell'innovazione tecnologica e di una profonda e reciproca stima che va a cementare una solida amicizia. L'idea che l'attività scientifica sia diventata un perno dell'innovazione tecnologica rimane un punto fermo del ragionamento, ma per ciò che riguarda i meccanismi di interazione tra i due versanti Ferrari propende per ipotizzare una loro significativa integrazione, posto che lo straordinario sviluppo delle conoscenze scientifiche e i passi in avanti fatti dalla sperimentazione tecnologica consentono sempre più di “progettare” l'innovazione desiderata nelle sedi preposte all'attività di ricerca. Ciò implicherebbe il superamento del contesto, ampiamente analizzato negli studi di Sylos Labini, e che certamente è rappresentativo di una prima fase del salto di ruolo compiuto dalla ricerca scientifica, in cui esiste una distinzione tra un'innovazione sospinta dalle grandi scoperte scientifiche e un'innovazione con caratteristiche di tipo incrementale sospinta

dalle dinamiche di progresso del sistema produttivo. In quest'ottica, importanti obiettivi di sviluppo economico potrebbero essere prefissati e perseguiti attraverso un'opportuna "programmazione dell'innovazione"⁴ nel contesto di un più largo orizzonte dell'azione pubblica. Il ruolo dell'intervento pubblico si lega infatti non solo alla possibilità di effettuare ingenti investimenti a lungo termine e di esito assai incerto, quali sono quelli richiesti nei progetti d'innovazione e che gli attori del mercato non sarebbero in condizione di sostenere, ma anche alla capacità di indirizzare le potenzialità dell'innovazione tecnologica verso il miglioramento del benessere collettivo⁵. Ciò significa affermare che non è l'innovazione di per sé a garantire il progresso umano (come porterebbe a pensare una certa cultura di impronta tecnicista, propensa ad assumere una sorta di neutralità della tecnologia), ma sono le finalità che le vengono assegnate a definirne la funzione⁶. La storia dell'innovazione va d'altra parte di pari passo con lo sviluppo del sistema capitalistico, mostrando come le "ragioni" del profitto - che sottendono lo sfruttamento del capitale sul lavoro salariato⁷ -, a fronte di un mercato lasciato a se stesso, tendano a prendere il sopravvento e facciano sì che il progresso tecnologico possa condurre a un aumento anche consistente delle disuguaglianze sociali. Ed è proprio quando il più ampio ventaglio delle opportunità offerte dall'innovazione tecnologica potrebbe creare l'aspettativa di nuove e maggiori conquiste di progresso sociale, che un problema di "qualità dello sviluppo" si impone in tutta evidenza.

La riflessione di Ferrari si consolida poi nell'affrontare questioni che risultano essere cruciali per lo sviluppo economico mondiale. Il saggio "I mutamenti climatici e la nuova rivoluzione industriale", dedicato ai temi del cambiamento climatico e delle scelte in materia di fonti energetiche, porta all'attenzione del lettore la necessità di valutare le dinamiche del cambiamento tecnologico anche in rapporto al mutamento degli equilibri economici internazionali, divenuti assai più intricati e instabili con l'accelerazione della globalizzazione produttiva. Il drammatico aumento del riscaldamento terrestre e l'urgenza di ridurre le emissioni carboniche collegate all'uso dei combustibili fossili hanno infatti da un lato delineato i contorni di una nuova frontiera dell'innovazione tecnolo-

gica e dall'altro lato innescato un processo di redistribuzione della ricchezza su scala globale, modificando le prospettive di sviluppo dei diversi paesi. Nel corso dell'ultimo ventennio l'innovazione relativa alle tecnologie funzionali alla cosiddetta decarbonizzazione dell'economia ha registrato uno straordinario impulso e, sull'onda di questa eccezionale sollecitazione, la Cina e le altre maggiori economie asiatiche di più recente industrializzazione hanno ormai perso lo status di "inseguitori" e conquistato una più estesa leadership tecnologica, che sta facendo da traino al loro sviluppo. Sul versante delle economie occidentali emerge invece una chiara fragilità dell'area europea, che nel varare piani sempre più ambiziosi per la decarbonizzazione, sta sperimentando una crescente dipendenza dalle importazioni di "tecnologie energetiche pulite". Non sarebbe tuttavia corretto - sottolinea Ferrari - leggere la dismissione delle fonti energetiche fossili solo in chiave tecnologica senza considerare le implicazioni economiche riguardanti i paesi produttori di petrolio (che su tale fonte basano il proprio reddito) e senza tener conto di quei paesi che, essendo al margine dei processi di sviluppo, ma comunque chiamati a ridurre le emissioni carboniche, assai difficilmente riuscirebbero a raccogliere la sfida dell'innovazione. Si riafferma dunque con ancora più nettezza il tema della "qualità dello sviluppo", qualità che deve realizzarsi in una dimensione globale, portando a un'attenuazione degli squilibri economici e sociali tra paesi, con un reale beneficio anche per il contenimento della crisi ambientale. È evidente del resto come il processo di industrializzazione abbia raggiunto un suo culmine, facendo esplodere le contraddizioni della crescita economica capitalistica, con un succedersi di crisi economiche ricorrenti, un crescendo di tensione nelle relazioni internazionali, e un continuo peggioramento del riscaldamento climatico. Perseguire la "qualità dello sviluppo" non cessa di essere un obiettivo ideale, ma allo stato presente non può non essere ritenuto un passaggio obbligato per governare un mondo non più circoscritto a pochi paesi egemoni e dove grazie anche al diffondersi di una "cultura della conoscenza", che ha contribuito a rafforzare la consapevolezza della propria condizione di vita da parte di strati sempre più estesi di popolazione in un numero crescente di paesi, è cresciuta la pres-

sione sociale per ottenere più diritti e standard di vita più elevati. Ferrari ritiene pertanto che l'obiettivo di fuoriuscire dal paradigma energetico basato sulle fonti fossili dovrebbe essere riformulato entro un approccio complessivo alla "programmazione dello sviluppo", fondato su una visione multilaterale dell'ordine mondiale e su un largo ricorso alla programmazione dell'innovazione.

Tra le criticità del nuovo scenario economico internazionale particolare rilievo assume inoltre il caso dell'Europa, sul quale Ferrari si sofferma in modo specifico, sottolineando come lo sviluppo dell'area sia profondamente frammentato - con una crescita più rallentata di quei paesi nei cui sistemi produttivi prevalgono settori a medio-bassa tecnologia - e osservando come la possibilità di correggere almeno parte delle divergenze in essere attraverso l'attuazione di adeguate politiche industriali risulti ostacolata dalle forti restrizioni applicate alla dimensione dei bilanci pubblici per effetto del Patto di Stabilità. Non appare perciò sorprendente come, a fronte degli importanti cambiamenti tecnologici in atto, l'area europea vada non solo perdendo competitività, ma rischi anche di disporre di margini più stretti per recuperarla. A livello di singoli paesi le situazioni più compromesse rimangono comunque quelle dove da tempo è presente un significativo ritardo tecnologico, e sotto questo profilo l'Italia occupa un posto di spicco, tanto da suscitare un ampio dibattito intorno all'ipotesi di un suo "declino economico". Nell'analisi di Ferrari l'argomento è oggetto di estesa discussione, rimandando anche a fattori di lungo periodo che hanno condizionato lo sviluppo tecnologico del Paese e compresso per questo il suo potenziale di crescita. La riflessione si avvale di un ricco supporto conoscitivo che si rifà ai dati e alle elaborazioni prodotti nell'ambito di un Osservatorio, da lui stesso ideato sul finire degli anni '80, a valle di una brillante carriera da ricercatore e direttrice condotta presso l'Enea, - e dedicato allo studio della "competitività tecnologica" dell'Italia nel confronto internazionale, facendo uso di un consistente apparato di indicatori relativi al commercio internazionale, ai brevetti e agli investimenti diretti esteri nei settori dell'alta tecnologia⁸.

Nel saggio del 2017 "La politica che spinge al declino" emerge chiaramente non solo come la debolezza dell'Italia in materia di innova-

zione tecnologica e i conseguenti problemi di competitività riscontrati sul mercato internazionale risalgano a ben prima della costituzione dell'area della "moneta unica", ma anche come le politiche di intervento abbiano sistematicamente mancato di ricorrere a misure adeguate, facendo sì che il Paese rimanesse incagliato in una specializzazione produttiva obsoleta rispetto all'accelerazione del cambiamento tecnologico. Le riduzioni della spesa pubblica in ricerca e l'erogazione di incentivi alle imprese finalizzati all'innovazione sono state infatti il tratto distintivo di queste politiche, che hanno portato a fallire l'obiettivo di modernizzare il sistema produttivo italiano, impedendo lo sviluppo di industrie a elevato contenuto di conoscenza. L'errore si è rivelato duplice, di merito e di metodo, ed è stato tale che nell'attraversare in seguito le maggiori crisi economiche internazionali il Paese dovesse faticare di più a ritrovare la strada della ripresa. Nel merito, il taglio dei finanziamenti alla ricerca pubblica ha significato sottrarre il necessario "carburante" alla produzione di nuove conoscenze, diversamente da quanto fatto da Francia e Germania pur dovendo sottostare al medesimo sistema di regole europeo stabilito per i bilanci pubblici; mentre sotto il profilo del metodo è del tutto evidente come l'efficacia degli incentivi all'innovazione sia stato uno strumento minato in partenza, non potendo esercitare una reale leva su un sistema produttivo caratterizzato da una prevalenza di settori a bassa intensità tecnologica. Va da sé che con queste premesse appare anche alquanto arduo che l'Italia possa dotarsi di una strategia energetica coerente con obiettivi più stringenti di riduzione delle emissioni carboniche. Questo aspetto viene in particolar modo discusso nel saggio "La strategia energetica non convince senza un piano dell'innovazione", nel quale Ferrari rileva inoltre come il cambio di paradigma energetico possa funzionare da volano per la costruzione di quel sistema nazionale di innovazione che manca al Paese:

"le trasformazioni tecnologiche connesse allo sviluppo delle fonti rinnovabili non si esauriscono nelle tecnologie di produzione dell'energia elettrica, ma trascinano la necessità di altre e numerose nuove tecnologie, da quelle relative all'accumulo e alla conservazione dell'energia, a quelle di trasferimento e delle relative reti, nonché a quelle inerenti lo sviluppo di altre

innovazioni energetiche quali l'eolico, le biotecnologie, ecc. Più che di una nuova tecnologia dovrebbe essere evidente come ci si trovi di fronte a una vera e propria rivoluzione industriale. Affrontare in termini marginali questa rivoluzione significa correre il rischio di portare a casa, nel migliore dei casi, degli effetti altrettanto marginali".

Il saggio che conclude il dossier sta peraltro a testimoniare come, a oggi, l'assetto del sistema produttivo italiano sia rimasto sostanzialmente immutato, rendendo ancora più critica la posizione competitiva del Paese. Il lavoro, curato questa volta da chi scrive, che in qualità di economista presso l'Enea ha assunto il coordinamento scientifico dell'Osservatorio sulla competitività tecnologica dell'Italia, prende le mosse dalla valutazione della capacità di recupero dell'economia italiana dopo l'uscita dalla pandemia Covid-19 (a inizio 2022) e dal constatare (una volta di più, come già accaduto con riferimento alla crisi economica internazionale del 2007-2008) come il Paese abbia conseguito risultati inferiori a quelli dei maggiori partner europei. Quella dell'Italia si conferma essere una "crisi nella crisi"⁹ e la scarsa resilienza del sistema produttivo appare chiaramente riconducibile alla crescente marginalità che esso ha assunto in una "divisione internazionale del lavoro" il cui asse è assai più spostato sulla produzione di beni ad elevato contenuto tecnologico. Obiettivo del saggio è però anche quello di mostrare come il processo che ha consentito all'Italia di venire a far parte delle aree industrialmente più avanzate non fosse compromesso fin dall'inizio, ma si sia bruscamente interrotto entro la prima metà degli anni Sessanta del secolo scorso durante la fase più cruciale del decollo economico del Paese, condizionandone lo sviluppo successivo. L'importanza di un salto di qualità dello sviluppo che facesse leva sull'investimento in ricerca (con grande cura per quella di base, essenziale per la produzione di nuove conoscenze) era stato in principio ben compreso e integrato in politiche industriali che sarebbero dovute sfociare in una più ampia e articolata "programmazione" dell'intervento pubblico, volta a consolidare la modernizzazione del Paese, che però fallì al suo nascere. Di lì in poi l'assenza reiterata di politiche per l'innovazione del sistema produttivo avrebbe sempre più incentivato il ricorso alla competitività

di prezzo attraverso la riduzione del costo del lavoro, compromettendo gravemente lo sviluppo economico e sociale. Giunta agli albori degli anni Novanta, con un'accelerazione della globalizzazione produttiva favorita dagli incessanti ritmi del cambiamento tecnologico e con mercati nei quali aumenta vertiginosamente il peso delle produzioni high-tech, l'Italia ha ormai di fatto realizzato da più di un ventennio una vera e propria "fuga dalla ricerca", segnata da una crescente crisi competitiva delle imprese, che continuano per lo più a operare in settori di tipo tradizionale, e da una contrazione crescente del finanziamento pubblico alla ricerca di base. La storia dello sviluppo dell'Italia dal periodo del boom economico dei primi anni Sessanta a quello attuale appare in definitiva paradigmatica del fallimento di un modello di "sviluppo senza ricerca", tuttora ancora lungi dall'essere abbandonato. E a poco o nulla serve, rispetto a una realtà così tanto sedimentata, ridimensionare la portata del vantaggio competitivo degli altri maggiori partner europei, che nell'ultimo biennio è stato minato dalla crisi energetica subentrata in seguito alla guerra in Ucraina.

Sarebbe invece auspicabile che l'Italia evitasse di ripetere gli errori compiuti in passato, anche perché la partita europea sul terreno dell'innovazione potrebbe (e dovrebbe) tornare ad aprirsi, forte dei molti potenziali sviluppi delle tecnologie di frontiera. L'uscita del Rapporto Draghi sul "futuro della competitività europea" agli inizi di settembre 2024 sembra d'altronde dare più che credito a un simile scenario. L'Europa, travolta dalla crisi energetica, appare come giunta al suo "anno zero" e non ha altra scelta per evitare di rimanere schiacciata nella "corsa per il primato tecnologico" intrapresa negli ultimi anni da Stati Uniti e Cina (come i dati delle figure 1 e 2, relativi rispettivamente all'andamento della spesa totale in R&S sul PIL e alla dinamica delle quote dei brevetti sul totale mondiale, stanno inequivocabilmente a dimostrare) se non quella di tornare a investire generosamente nella sua industria, puntando sui settori ad alta intensità tecnologica e alimentando contestualmente la spesa in attività di ricerca. Per farlo dovrebbe però arrivare almeno a concepire una riforma credibile del Patto di Stabilità, tale da rendere finalmente agibile la leva dell'investimento pubblico, che proprio nella competizione tra Stati Uniti e Cina sta rivesten-

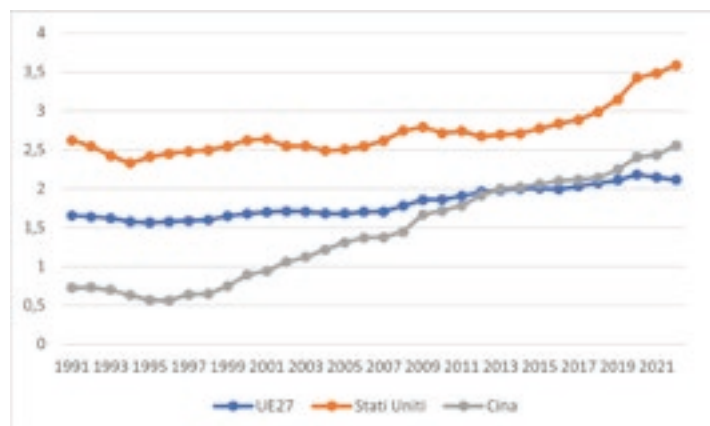


Figura 1 - Quota percentuale sul Pil della spesa totale in Ricerca e Sviluppo. Fonte Ocse

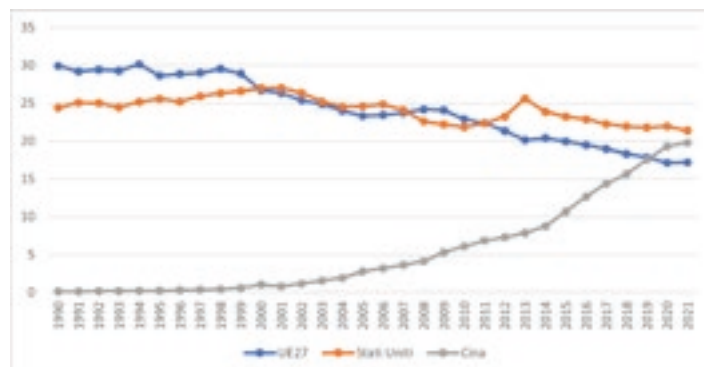


Figura 2 - Quote dei brevetti di "elevato valore" di UE27, Stati Uniti e Cina sul totale mondiale. Fonte Ocse

do un ruolo di primaria importanza¹⁰. Questo cambio di passo non sembra tuttavia ancora essere entrato nelle corde della politica europea, che tuttora nega la possibilità di scorporare quantomeno le spese in ricerca dal computo del bilancio pubblico sottoposto al vincolo del Patto di Stabilità, mentre continua ad affidare la politica industriale a una sorta di "efficientamento del mercato", come le linee strategiche enunciate nei recenti documenti del "Competitiveness Compass" e "Clean industrial deal" stanno a dimostrare¹¹.

Non è facile oggi prevedere quali soluzioni si prospetteranno per un superamento della crisi europea, ma è importante riflettere su quanto, in un passato non troppo lontano, sia stato decisivo il declino dell'attività scientifica per le sorti del Vecchio Continente. L'amico Pietro Greco, che nella sua prolifica attività di giornalista scientifico e saggista aveva a lungo riflettuto sulle connessioni che intercorrono tra scienza e società, e con il quale Ferrari aveva pure instaurato un denso scambio intellettuale, ci esortava a considerare attentamente questo punto di vista, guardando alla parabola storica del rapporto tra l'Europa e la scienza, divenuta tema d'indagine di un elaborato studio pubblicato in cinque volumi (tra il 2014 e il 2019, Edizioni L'Asino d'oro). Il messaggio è netto e chiaro:

"Il piccolo continente che ha assunto la guida del mondo non riesce a gestire i frutti dello straordinario sviluppo scientifico che ha realizzato tra il Seicento e l'Ottocento. E passa la mano. La crisi dell'Europa è anche e soprattutto la crisi del suo rapporto con la scienza. La partenza definitiva di Einstein cinquanta giorni prima dell'ascesa al potere di Hitler è la metafora e insieme uno dei punti di svolta reali della rottura inevitabile tra la scienza e l'Europa. Una rottura che, per paradosso, si consuma proprio mentre la ricerca scientifica raggiunge nelle università e nei centri di ricerca un picco (forse il suo massimo picco) di creatività. Einstein che si trasferisce a Princeton è il segnale più forte che la grande crisi sociale e politica del Vecchio continente sta facendo spostare l'asse scientifico del mondo dall'Europa agli Stati Uniti d'America".

A distanza di quasi un secolo l'"economia della conoscenza" ha rivoluzionato il mondo e il problema che l'Europa si trova adesso a dover affrontare riguarda la sua stessa esistenza.

Note

- [1] Nell'accezione di Mariana Mazzucato (si veda la nota successiva).
- [2] Per un'ampia e autorevole disamina sulla fallace concezione del "libero mercato", inteso come meccanismo automatico che conduce naturalmente alla crescita della ricchezza e del benessere collettivi, si rimanda al saggio di Alessandro Roncaglia *Il mito della mano invisibile* (2005, Editori Laterza). Una trattazione critica degli aspetti che riguardano il ruolo dell'intervento dello Stato nel mercato è inoltre oggetto del saggio del 2014 di Mariana Mazzucato *Lo Stato innovatore* per i tipi di Laterza (versione italiana dell'opera originale pubblicata nel 2013 con il titolo significativo *The Entrepreneurial State*), nel quale l'autrice richiama il valore portante e "visionario" dell'azione pubblica. L'idea è che l'azione dello Stato debba orientare la struttura del mercato, creando nondimeno le condizioni di una sua evoluzione attraverso le possibilità offerte dal progresso tecnologico. Ne deriva un ruolo di pieno protagonismo dello Stato, da non confondere con quegli interventi tesi a correggere e/o limitare le inefficienze (i cosiddetti "fallimenti") del mercato, riconosciuti anche dai fautori del liberismo economico. Mazzucato afferma infatti che "è necessario costruire una teoria del ruolo che gioca lo Stato nella creazione di mercati, più in linea con il lavoro di Karl Polanyi (1944), che sottolineava come il mercato capitalistico sia stato pesantemente influenzato, fin dal principio, dalle azioni dello Stato. Con l'innovazione, lo Stato non si limita a incentivare (crowd in) gli investimenti da parte delle imprese, ma li "dinamizza" creando la visione, la missione e il piano" (*Lo Stato innovatore*, pag. 15).
- [3] Per un libero accesso alla sterminata produzione scientifica di Paolo Sylos Labini si rimanda all'archivio del Fondo Sylos Labini contenuto nel sito <https://www.syloslabini.info>.
- [4] Il tema della "programmazione dell'innovazione" è trattato da Ferrari in maniera unitaria nel saggio del 2014 *Società ed economia della conoscenza* (Mnamon).
- [5] Sul ruolo dell'azione pubblica per la creazione di ricchezza e benessere collettivi si rimanda nuovamente a Mariana Mazzucato ne *Lo Stato innovatore* e, per ulteriori approfondimenti, al successivo saggio della medesima autrice *Il valore di tutto. Chi lo produce e chi lo sottrae nell'economia globale* pubblicato nel 2018 (Editori Laterza).
- [6] Per un approfondimento su questo aspetto si rimanda all'ottima riflessione critica di Pier Giorgio Ardeni e Mauro Gallegati (2024) ne *La trappola dell'efficienza. Ripensare il capitalismo per uno sviluppo diverso*, Luiss University Press.
- [7] Un'agile disamina relativa al tema dello sfruttamento del capitale sul lavoro salariato, su cui è centrato il sistema capitalistico, è contenuta nel pamphlet di Clara Mattei (2023) *L'economia è politica. Tutto quello che non vediamo dell'economia e che nessuno racconta*, Editore Fuori Scena.
- [8] Si vedano in proposito i diversi Rapporti dell'Osservatorio Enea sull'*Italia nella competizione tecnologica internazionale* nelle edizioni Franco Angeli del 1999, 2002, 2004, 2007, a cura di Sergio Ferrari, Paolo Guerrieri, Sergio Mariotti, e Daniela Palma.
- [9] Sul dibattito intorno alla specificità della crisi italiana si rimanda ai seguenti lavori, liberamente disponibili sulla rivista *Monea e Credito*: Carlo D'Ippoliti e Alessandro Roncaglia, *L'Italia, una crisi nella crisi* (2011, V.64 N. 255); Sergio Ferrari, *Crisi internazionale e crisi nazionale* (2012, V.65 N.257); Daniela Palma, *Aspetti di lungo periodo della crisi economica italiana attraverso le lenti di Paolo Sylos Labini* (2020, V.73 N.292).
- [10] Sul tema si rimanda all'ampia trattazione contenuta nelle edizioni 2020, 2021, 2022, 2023 e 2024 dello *European Public Investment Outlook* curato da Floriana Cerniglia e Francesco Saraceno, accessibile in rete in versione open access.
- [11] Si tratta dei seguenti documenti prodotti dalla Commissione Europea: *A competitiveness Compass for the EU*, COM (2025) 30 final, Brussels, 29.1.2025. *The clean industrial deal: A joint roadmap for competitiveness and decarbonisation*, COM (2025) 85 final, Brussels, 26.2.2025.



> Mario Sangiovanni, *Porto di Pozzuoli*, olio su tavola.

Lo scenario mondiale e l'avvento della società della conoscenza

Apparso originariamente il 23 dicembre 2015 nella Rivista del
Centro Studi della Città della Scienza



**Sergio
Ferrari**

Sergio Ferrari, nato a Cislago (VA), laureato in Chimica industriale, è stato vice Direttore Generale dell'Enea dopo averne diretto il Dipartimento per la Ricerca Intersettoriale Tecnologica e la Direzione Centrale Studi. Membro dal 1996 al 1999 del Comitato Tecnico-Scientifico del Murst e del CIRA. Delegato del Governo italiano dal 1976 al 1984 presso il Comitato per la Ricerca Scientifica e Tecnologica della CEE, ha diretto fino al 2004 la rivista *Energia, Ambiente, Innovazione*. Ha ideato l'Osservatorio Enea sull'Italia nella competizione tecnologica internazionale. Socio onorario dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere ed Arti di Palermo.

Da Smith alla programmazione dell'innovazione.

Adam Smith nel 1776 scriveva: *Una nazione risulterà provvista più o meno bene delle cose necessarie e comode che le occorrono, nella misura in cui sarà maggiore o minore il rapporto tra quel prodotto, ovvero tra ciò che si compra con esso, e la quantità di persone che lo devono consumare. Un tale rapporto viene però regolato, in ogni singola nazione, da due circostanze distinte: la prima è l'arte, la destrezza e l'intelligenza con cui si esercita il lavoro; la seconda, il rapporto tra gli individui occupati in un lavoro utile e quelli che non lo sono. Data una particolare situazione del suolo, del clima, e dell'estensione del territorio di una determinata nazione, l'abbondanza o la scarsità delle sue risorse dipendono necessariamente da queste due circostanze.*

Dunque per Smith era questa la ricchezza delle Nazioni, non le riserve di carbone o di petrolio, non le miniere d'oro o i giacimenti di diamanti. Tuttavia queste due "dotazioni" – in particolare la prima – non sono quelle che vengono comunemente conteggiate per calcolare lo sviluppo di un Paese, forse anche perché meno facili da misurare e da calcolare.

Tuttavia se oggi leggiamo quelle parole di Smith è facile capire come quelle ricchezze

rappresentano delle capacità che oggi possono essere valutate come attori delle logiche dello sviluppo tecnologico.

Questo sviluppo tecnologico viene chiamato in causa da tutti gli economisti e il ricorso a questa “risorsa” viene spiegata in vari modi, non necessariamente alternativi: come una necessità del capitale per superare delle situazioni di difficoltà o di crisi dello sviluppo che altrimenti avrebbero condotto a condizioni sempre più difficili da sostenere, allorquando s’intende ridurre un’eventuale crescente pressione dei salari, come nel caso dell’analisi marxista, ma non solo, oppure per comunque superare i momenti di depressione economica durante le varie fasi di un ciclo economico come in Schumpeter, o comunque per superare delle contraddizioni tra domanda e offerta di beni materiali, ma non solo... si potrebbe anche supporre che il ricorso alle logiche dell’innovazione potrebbe costituire anche la risposta ad una domanda di origine e di valore non solo economico quanto piuttosto culturale e sociale.

In tutte queste situazioni il ricorso a capacità innovative appare una questione che lascia alcuni punti non comprensibili: in primo luogo queste capacità appaiono quando servono, ma dove siano “a magazzino” precedentemente non è chiaro. Forse si potrebbe dare una spiegazione se si rilevasse come la spinta economica rappresenti solo una parte di quella spinta innovativa, essendo l’altra dettata da esigenze di esprimere una domanda essenzialmente culturale o sociale, senza le quali non si potrebbe comprendere la storia e l’essenza dell’umanità. Con il che la sfera dell’innovazione tecnologica si amplia notevolmente, senza che per questo venga meno il rilievo e la specificità economica indotta dai e nei rapporti sociali. Per ora è sufficiente ricordare questa questione che verrà ripresa successivamente.

Data la dimensione economica dell’innovazione si può comprendere come siano necessarie anche delle risorse finanziarie, dei capitali. Ma questi capitali prima di essere impiegati in nuovi investimenti, devono produrre, in congiunzione con altri “autori”, quelle “novità” che vengono chiamate innovazioni, che solo successivamente consentono di affrontare quegli investimenti che mettono in moto, se tutto va bene, lo sviluppo del sistema economico e sociale. Quali siano, dove siano prima e dove vadano

ad attendere dopo, questi altri “autori” non si comprende, come non si comprende perché non operino precedentemente dal momento che comunque i loro risultati sono tali da consentire l’aumento della competitività delle imprese che li utilizzano e in definitiva, l’aumento della ricchezza delle nazioni. S’innesta a questo punto una questione che implica il rinvio ad altre occasioni e cioè le relazioni – nuove – tra micro e macroeconomia e l’esistenza di una economia finanziaria che ha logiche non eguali a quelle dell’economia reale, ma che ormai stanno alla base del funzionamento dei nuovi modelli di funzionamento dell’economia.

Il sistema dell’innovazione comprende, dunque, investimenti nel campo della formazione, della ricerca fondamentale, della ricerca applicata, degli investimenti a rischio e infine dei veri e propri investimenti industriali. Si può comprendere come una valutazione ottimale degli investimenti complessivi in materia di innovazione tecnologica, a sua volta estremamente differenziata e variabile nel tempo e nello spazio, rappresenti di per sé una capacità certamente non facilmente ottimizzabile. Inoltre tra le innovazioni di processo e le innovazioni di prodotto esistono delle differenze che rendono difficile una considerazione unitaria dei sistemi produttivi essendo i prodotti ottenuti nel primo caso confrontabili con quelli precedenti già esistenti, mentre nel secondo caso il fatto che siano prodotti nuovi non è solo una questione formale ma è tale da rendere differenti le relazioni economiche sottese in termini di costi, profitti, rendimenti, mercati, qualità del lavoro, ecc. Come ha notato Sylos Labini queste differenze non consentono confronti economici in quanto sarebbe come confrontare le pere con le mele. Questa difficoltà rilevata da Sylos tuttavia è rimasta tale e si inserisce in quelle annotazioni precedenti che lasciano il processo dell’innovazione tecnologica in quel mondo, non a caso, chiamato da Rosenberg “scatola nera”.

Ma tutto lo sviluppo dei paesi avanzati ormai sembra vincolato agli effetti e alle capacità di attuare innovazioni tecnologiche. Non c’è praticamente nessun economista che possa fare a meno di questo ingrediente, anche se sovente si tende a ridurre il sistema dell’innovazione ai processi informatici o poco più, il che segnala un errore e una limitazione del potenziale strutturale di tale “strumento” e del livello culturale

degli autori. Uno “strumento” che deve possedere non solo varie “corde” ma a loro volta, queste corde devono essere calibrate per entrare in assonanza con l’orchestra cioè con le condizioni specifiche di ogni realtà economica e culturale. L’insieme di quelle corde costituisce il Sistema Nazionale dell’Innovazione.

Quello che occorre evidenziare, in questo quadro generale, consiste nel fatto che l’articolazione dell’intervento dell’innovazione è un fenomeno dinamico e che quindi anche le teorie economiche più statiche non possono fare a meno di adattarsi a questa condizione dinamica e riconoscere il fatto che la sola iniziativa del privato non assicura l’attuazione di un libero mercato né, tanto meno, il superamento delle crisi economiche e sociali e, ancor meno, l’utilizzo ottimale delle risorse disponibili.

L’accettazione di questo concetto è la condizione per comprendere come mai i paesi avanzati si riconoscano in base all’entità delle risorse umane e finanziarie dedicate nei bilanci pubblici e privati alle attività di R&S, un riconoscimento che vale sempre più anche per i paesi cosiddetti in via di sviluppo: in molti di questi paesi i bilanci di spesa generale in ricerca crescono mediamente più di quelli dei paesi avanzati. Ci sono casi come la Cina dove al 2005 tale quota aveva già raggiunto il 1,4 % per arrivare al 1,98 % nel 2012 o il caso ancora più clamoroso di una Korea che dal 2,3 % del 2005 è arrivata al 4,3 % nel 2012. Peraltro proprio in quell’area geopolitica si era verificato il caso del Giappone che per primo aveva elaborato e attuato un percorso di sviluppo basato sull’innovazione tecnologica superando sin dalla fine degli anni ’70 il 2 % del Pil in ricerca.

Questo per segnalare come lo sviluppo economico è retto sempre più dall’innovazione tecnologica e come un tale processo coinvolga pressoché tutti i paesi.

Come già accennato l’investimento in R&S rappresenta l’impegno iniziale dell’intero processo di innovazione, un impegno iniziale senza il quale le fasi successive risulterebbero fortemente condizionate. Questo impegno iniziale come si è visto riguarda principalmente le attività di ricerca che, a loro volta possono essere o meno già correlate alle fasi successive. Tuttavia quella che potrebbe sembrare come una condizione positiva e cioè essere già inizialmente connesse, non è affatto evidente che così sia dal

momento che un sistema dell’innovazione che rinunciassero a quelle attività di ricerca cosiddetti di base e forse più correttamente “libere”, e come tali non già correlate, perderebbe non solo un contributo di valenza più generale e sociale, ma di maggiore complessità e produttività anche dal punto di vista economico.

L’ottimizzazione di questa fase – e a maggior ragione dell’intero processo – richiede quindi una analisi congiunta tra quelle che sono le dotazioni interne delle singole economie, le relazioni non tanto attuali ma maggiormente prospettiche con quelle dinamiche dei processi naturali quali quelli demografici, ambientali e sociali, in un intreccio che concorrerà a determinare le condizioni possibili e reali entro le quali la programmazione dell’innovazione dovrà essere progettata e realizzata. In definitiva la programmabilità dell’innovazione implica un raccordo e una coerenza con evoluzioni fondamentali che avvengono comunque nel singolo paese e/o in generale a livelli globali. Entro queste condizioni la programmazione dell’innovazione traduce le nuove potenzialità di questo strumento, ma solleva insieme la questione fondamentale della scelta di quale innovazione attuare. Già attualmente le innovazioni in settori particolari, come quello medico-farmaceutico, hanno richiesto di organizzare un sistema di controllo pubblico. In una concezione e in una realtà quale quella dell’economia dell’innovazione, un tal sistema di decisione pubblica, richiede di essere completamente costruito ex novo.

Questo è un punto centrale per realizzare, utilizzare e ottimizzare in maniera responsabile lo “strumento” della programmazione dell’innovazione.

Si tratta di un processo che per essere opportunamente valutato e gestito deve essere, infatti, collegato e analizzato insieme ad altre modificazioni che si vanno consumando, anche queste a livelli generali, come l’attenuazione della pressione demografica, come il rilievo della qualità ambientale, in questo caso da collegare ad una crescente domanda di qualità dello sviluppo incominciando dal possibile superamento delle carestie e delle epidemie, ma arrivando ormai anche ad una crescente domanda di beni culturali. In questa necessaria valutazione dei cambiamenti connessi con la crescita culturale e sociale, occorre aggiungere la complessa analisi dei conseguenti cambiamenti connessi proprio

con lo sviluppo dei livelli e della qualità della formazione e del lavoro. Quest'ultima questione apre una dimensione sociale di carattere storica, cioè il potenziale offerto dall'innovazione ai fini di correggere – dopo la distribuzione della ricchezza – anche la distribuzione dei ruoli sociali secondo criteri ampiamente e crescentemente determinati da una scelta sociale.

Questa programmabilità dell'innovazione da un lato è ormai una questione tecnicamente fattibile ma è ancora tutta da inventare come capacità di progettare quel futuro che con quello "strumento" viene reso possibile. La prima scelta non consiste nel rifiutare questa ipotesi ma nel decidere su come realizzare e gestire questo "strumento" che altrimenti non verrebbe annullato ma lasciato, con tutto il suo potenziale, in mani estranee.

Questo strumento è, in effetti, attualmente, l'unica ipotesi che consente di affrontare quella logica della distribuzione del ruolo sociale la cui diversità esprime una delle attuali condizioni per l'esistenza dell'attuale modello economico. Mentre sulla dimensione economica della distribuzione della ricchezza prodotta, l'azione politica e sindacale ha introdotto sulle disuguaglianze economiche – pur con alti e bassi – modifiche significative anche attraverso azioni sovente accentuate, sulla seconda questione che definisce l'attuale organizzazione sociale in termini negativi e cioè la distribuzione dei ruoli sociali, i cambiamenti in una direzione "democratica" non si sono verificati e, anzi i processi di internazionalizzazione hanno accresciuto le disuguaglianze. Richiamare la necessità di un impegno sociale nei processi di programmazione dell'innovazione apre, nei confronti di tale questione, delle logiche del tutto antitetiche a quelle attualmente in opera.

La sola componente economica dei percorsi dell'innovazione dà una visione di questa storia molto parziale poiché esclude dimensioni e valenze di prevalente valore culturale e sociale. La scienza e la ricerca scientifica hanno una loro autonoma elaborazione sin dai tempi dei Greci e anche prima. Ma le stesse osservazioni possono essere fatte pensando alla tecnologia, dalla ruota o dalle prime armi per la caccia. Questa relazione tra scienza e tecnologia per molti secoli non è stata una realtà essendo la riflessione scientifica – non ancora raggiunta dalla riflessione galileiana – una dimensione della cultu-

ra politica e filosofica di quei tempi. Quando la scienza potrà conquistarsi una sua legittimazione – siamo ai secoli attuali – la tecnologia, a sua volta, diventa progressivamente il frutto di una esperienza tramandata dal mondo degli artigiani, ma ormai "arricchita" e trasformata da un apporto scientifico crescente.

Si è discusso e si discute tuttora sui rapporti tra le due culture e se per una innovazione tecnologica viene prima la capacità interpretativa delle leggi che regolano i comportamenti della natura o se è la tecnologia che accumulando le sue conoscenze si rende indipendente dal contributo della scienza, se è la tecnologia che fornisce strumenti necessari per indagare i fenomeni naturali o se è la ricerca scientifica che apre la strada alla ricerca applicata e, quindi, all'innovazione tecnologica e alle conseguenti problematiche economiche.

Queste questioni tuttavia, non possono superare l'interesse per le logiche che si aprono con la programmazione dell'innovazione tecnologica e con la lettura del sistema dell'innovazione. Una lettura che deve comprendere una questione centrale e cioè che con il sistema dell'accumulo delle conoscenze scientifiche si modifica non solo il sistema di lettura della realtà fisica ma anche il potenziale d'intervento dell'innovazione tecnologica.

Questo ampliamento del ruolo del sistema dell'innovazione porta con sé e accentua altri cambiamenti di rilievo:

1. La questione della scelta di quale innovazione mettere in campo sino a ieri non si poneva essendo una questione se non teorica, certamente occasionale molto specifica e nei confronti della quale le alternative appartenevano in buona misura a mondi e a interessi distanti e diversi. La programmazione dell'innovazione rompe questi limiti, e la sua organizzazione diventa un nuovo perno dell'organizzazione istituzionale e sociale.
2. La difesa degli interessi e della sicurezza dei singoli rispetto ai rischi compresi nell'esercizio delle nuove tecnologie è attualmente limitata prevalentemente al settore medico-farmacologico e per il quale non a caso si erano predisposte strutture di "garanzia". Con la programmabilità dell'innovazione si devono or-

ganizzare e definire delle nuove strutture, tutte da costruire, in quanto non dedicate ad un oggetto o ad una specifica realizzazione tecnologica ma a prodotti in buona misura ancora da realizzare.

3. Sarebbe del tutto limitativo evitare di comprendere gli effetti della diffusione/penetrazione della cultura scientifica nei più generali comportamenti sociali, incominciando da quelli etici a quelli sociali, da quelli individuali a quelli collettivi. I confronti internazionali attualmente possibili sembrano indicare una incompatibilità tra quella cultura e le manifestazioni più diffuse di qualunque etico e sociale.

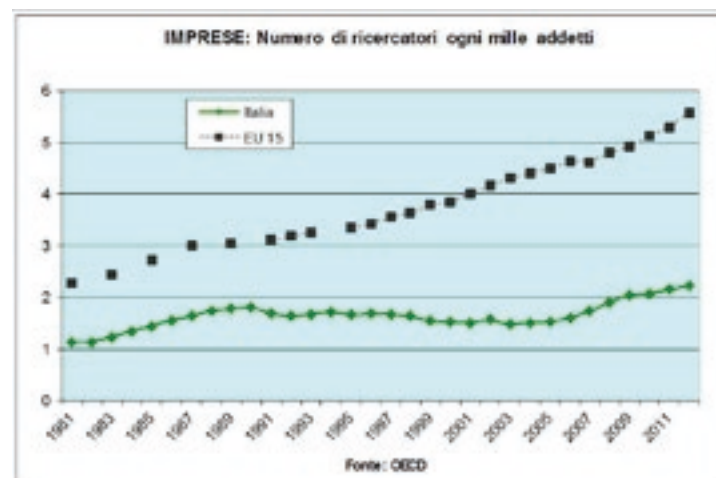
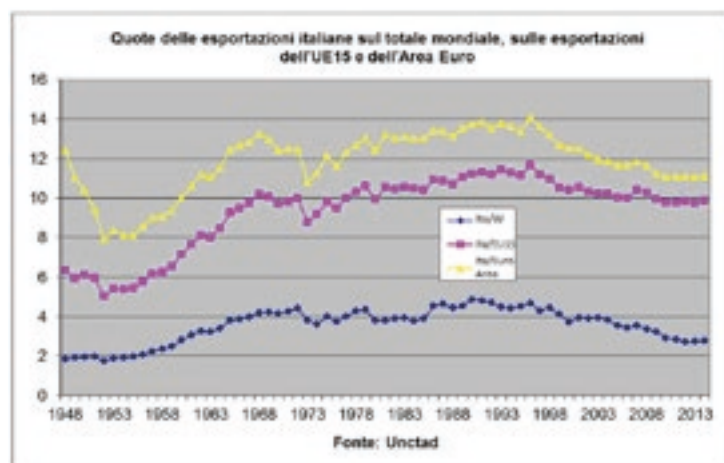
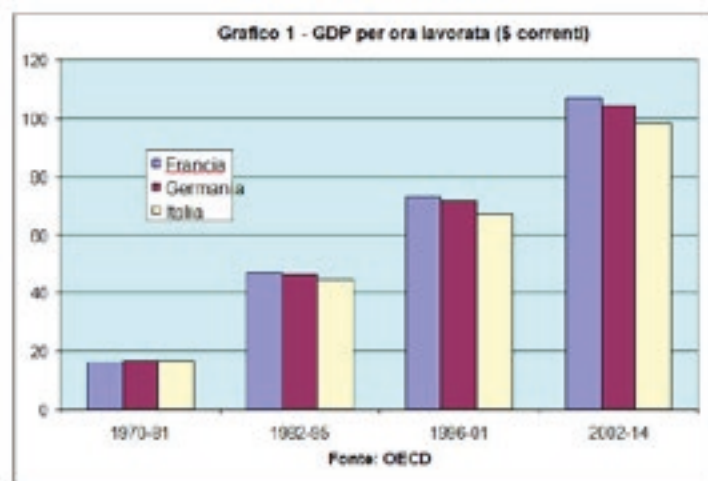
Lo scenario nazionale e il mezzogiorno

La situazione del nostro Paese

Tenuto presente quanto indicato in precedenza relativamente al peso crescente assunto dal fenomeno dell'innovazione tecnologica, si può comprendere come il nostro declino non abbia trovato ufficialmente ancora una diagnosi convincente dal momento che nessuna delle riforme o presunte tali, delle quali si è parlato e si parla, affronta le questioni espresse in queste note.

È dalla fine degli anni '80 che il nostro paese accumula dei ritardi economici evidenziati da vari indicatori incominciando dalle variazioni del PIL: tra il 1996 e il 2014 l'Italia perde rispetto alla media dei paesi dell'EU19, quasi 18 punti percentuali di Pil pro capite, un po' meno di un punto percentuale all'anno.

L'andamento di questo indicatore di sintesi trova conferma naturalmente in una serie di altri indicatori che qualificano quel declino del nostro PIL in termini di minore produttività misurata come variazione del Pil per ora lavorata, di perdita di quote delle esportazioni mondiali maggiori rispetto a quelle dei paesi nostri "vicini" europei, di mancato aggiornamento tecnologico per minori investimenti e risorse umane in ricerca: vedi Grafici 1, 2, e 3. Tutto questo senza sostanziali discontinuità sino ai tempi



attuali a partire dalla conclusione del “trentennio” d’oro cioè dalla seconda metà degli anni ’80. In questo quadro è paradigmatico il trattamento riservato all’Università e alle strutture pubbliche di ricerca come espressione dei limiti culturali della nostra politica economica e che traducono gli stessi limiti di una classe imprenditoriale – non a caso con i più bassi livelli di scolarizzazione rispetto a quanto si rileva nei paesi avanzati – con esigenze e ottiche aziendali di breve periodo, con conduzioni aziendali dove prevale la cultura familiare, ecc. Non è, certo, casuale se in una ricerca di AlmaLaurea si evidenzia come il titolo di studio dei manager italiani arriva nel 28% dei casi alla scuola dell’obbligo a fronte di una percentuale del 12% come media dei paesi UE15. Tuttavia l’errore non consiste solo in queste caratteristiche, ma nel fatto che la politica faccia di questa classe sociale un oggetto di conservazione piuttosto che di trasformazione e di sviluppo. Si tratta, in definitiva, di sviluppare delle analisi certamente scomode ma che non possono essere sostituite con tentativi di conservazione di una realtà che dovrebbe, invece, essere oggetto di profondi cambiamenti. Cercare di nascondere dietro alla crisi internazionale le nostre specifiche carenze fa parte di quell’“oscuramento” politico in atto, con l’aggravante di scaricare sul lavoro i conseguenti interventi, chiamandoli “riforme”; interventi che, mentre lasciano inalterati i nostri veri vincoli, aggravano le condizioni sociali e la stessa capacità di sviluppare una domanda interna e di respingere la concorrenza estera. L’alleanza tra le responsabilità politiche e questa classe dirigente rende certamente vincente la conseguente proposta di politica economica; purtroppo tutto questo fa parte del declino del paese, ma non è certo quello che occorre, come si è visto, per farci uscire dalla nostra specifica crisi. Pensare di recuperare una capacità di guida della qualità del nostro sviluppo, anche ipotizzando percorsi e scorciatoie istituzionali, non fa che accentuare il distacco, già elevato, tra politica e responsabilità politiche.

Attribuire così le nostre difficoltà a responsabilità esogene e affermare che il nostro paese sta uscendo dalla crisi non perché è la crisi internazionale che ha rallentato i suoi effetti negativi, come si nota a livello internazionale, ma perché occorre “avere fiducia”, è una azione pericolosa, senza che – e questa è la conseguenza di mag-

gior preoccupazione – nessuno ponga i necessari interrogativi come premesse per individuare finalmente una terapia appropriata. Il quadro “dialettico” negativo entro il quale si colloca al presente il nostro Paese, tende così non solo a perpetuarsi ma ad aggravarsi dal momento che l’accumulo dei nostri limiti non lascia inalterate ma aumenta le difficoltà per lo sviluppo del Paese, con andamenti nel tempo quali quelli indicati dai grafici precedenti. Compito della politica dovrebbe essere quello di coltivare un consenso non attraverso la conservazione ma con una effettiva trasformazione e, in primis, con la riforma delle nostre strutture amministrative e industriali, cogliendo nel contempo le sollecitazioni per un cambiamento delle qualità di uno sviluppo che attualmente potrebbe basarsi, come accennato, sull’incontro con la società della conoscenza.

Queste annotazioni solo per arrivare ad una constatazione, in genere non espressa: il sistema economico italiano si è collocato da molto tempo lungo un crinale in discesa dal quale non è in grado di risalire se non impostando una trasformazione per la quale, ad ora, non esistono nemmeno i presupposti poiché sono contrari proprio quegli interessi economici che dovrebbero essere gli attori delle necessarie riforme. Una situazione che rispecchia quelle politiche di tipo prekeynesiane, ripetendo quei traguardi critici che si pensavano superati da tempo e che, infatti non sono attualmente di fatto perseguiti dai paesi sviluppati – compresi quelli a parole liberisti – e, ovviamente, dai paesi in via di sviluppo, ma che da noi si pretenderebbe di applicare anche nei confronti di situazioni come quelle del nostro Mezzogiorno.

If Mezzogiorno

In questa discussione la questione Mezzogiorno non interviene per essere trattata dal punto di vista dei suoi ulteriori ritardi economici, sociali e strutturali rispetto al resto del Paese. Per questi aspetti è doveroso rinviare all’ultimo rapporto della Svimez che, da un lato ci ricorda come tra il 2007 e il 2014 il Mezzogiorno ha avuto un calo del Pil di 12,7 punti rispetto a quello registrato nel nord, un andamento che “incorpora un più sfavorevole andamento della domanda interna, tanto per i consumi quanto per gli investimenti.”

Gli anni passati in questo errore sono ormai troppi per poter essere affrontati con qualche ag-

giustamento delle politiche economiche nazionali... Per affrontare situazioni del tutto pesanti e gravi quale quella che si registra nel nostro Mezzogiorno, occorre mettere in atto una inversione di rotta incominciando da riflessioni ed analisi fuori dagli schemi in uso e uscendo da concezioni ormai prive di una valenza qualsiasi.

Tanto per incominciare s'intende, infatti, sostenere che il superamento del declino del nostro paese non potrà partire dal nord ma dovrà trovare almeno una leva nel mezzogiorno.

Questa apparentemente paradossale indicazione nasce dalla semplice constatazione che in questi anni il Mezzogiorno non è certo stato al centro delle politiche d'intervento nazionali che ha, invece, concentrato la sua attenzione al Nord. Il risultato finale nettamente negativo non deriva solo dagli errori nell'analisi e nelle terapie adottate – come accennato in precedenza – ma anche nel fatto, essenziale, della sollecitazione e delle politiche espresse sostanzialmente dalle strutture economiche presenti in quella parte del Paese. Se apparentemente la preesistenza di realtà economiche dovrebbe essere considerata come un positivo presupposto, tuttavia questa considerazione si inverte quando occorre prendere atto che quella presenza non è in grado di elaborare una politica positiva ma è portatrice di una opposizione molto forte – vincente – contro ogni proposta o strategia politico-economica diversa.

Si apre così una considerazione paradossale e cioè che potrebbe essere più agevole sviluppare una politica di sviluppo del Mezzogiorno partendo dagli interessi di quell'area ma che possono essere positivi per il Paese nel suo complesso. Esistono in quell'area altri ostacoli, ben noti, ma diversi e non necessariamente tali da essere pregiudizialmente contrari alle politiche indicate. Naturalmente la questione Mezzogiorno non può più essere affrontata in una ottica esclusivamente nazionale dal momento che il suo confine con il Mediterraneo lo rende necessariamente attore di un processo di enorme rilevanza per tutta l'Europa e non solo. Questa condizione non rappresenta solo una responsabilità internazionale, ma anche una opportunità strategica da coniugare con una politica di innovazione ambientale, culturale, energetica, ecc., che oltre a coinvolgere tutta l'area del Mediterraneo, rappresenta anche quel rinnovamento richiesto per tutte le strutture produttive e per i servizi del Paese. Già queste

prime indicazioni implicano la messa in opera di politiche d'intervento. Politiche che affrontano certamente le dimensioni dello sviluppo economico ma unitamente a quelli sociali, alla distribuzione per arrivare, o essere accompagnati, da accordi e azioni in campo culturale, ambientale, sociale allargati anche ai paesi del Mediterraneo.

Queste annotazioni devono essere sviluppate attraverso la costituzione iniziale di gruppi studio in grado di approfondire le prime linee d'azione e di sviluppare in parallelo con una azione di convergenza di competenze specifiche, le proposte progettuali specifiche, di collegamenti inizialmente culturali verso le aree da coinvolgere. Il riferimento a livelli formali istituzionali potrà seguire e poi accompagnare questa prime operazioni di definizione progettuale, anche in questo caso superando così quelli che attualmente si evidenziano come i limiti gravi di una politica il cui o.d.g. è fatto di cronache, certamente ineliminabili, ma nel contempo troppo retrospettive. L'ottica inadeguata fa parte di quella storia negativa e per uscirne occorre allungare lo sguardo. L'azione che deve essere svolta dall'intervento pubblico per realizzare la "leva Mezzogiorno" non corrisponde, quindi, alla creazione di un generico fondo dove possano trovare sbocco le logiche economiche tradizionali, ma deve essere concepita come la creazione di quelle capacità di interloquire con una propria progettualità, con l'orizzonte geopolitico del Mediterraneo e con una visione della qualità dello sviluppo basata sulla creazione degli strumenti della democrazia e dei valori di una società progressista che ha tra le sue regole quella di essere una società eticamente e operativamente aperta.

Anche a questi fini la dimensione culturale scientifica di un progetto generale gioca un ruolo del tutto coerente e necessario.

Sono queste le linee generali di un possibile progetto di sviluppo del Paese e del Mezzogiorno non più considerati come realtà differenti, così come si vorrebbe considerare la società della conoscenza non come una ipotesi più o meno astratta, ma come un riferimento necessario e reale.

Sarebbe auspicabile aprire su queste questioni un dibattito, con contributi critici e approfondimenti, dove anche la natura di questo dibattito dovrebbe rappresentare una modalità in qualche misura nuova e aperta.



Mario Sangiovanni, *Strutture*
ITALSIDER, 2001, olio su tela

Innovazione tecnologica e Paolo Sylos Labini

Publicato originariamente il 19 novembre 2020 sul sito
"Associazione Paolo Sylos Labini"

<https://www.syloslabini.info/innovazione-tecnologica-e-paolo-sylos-labini/>



**Sergio
Ferrari**

Sergio Ferrari, nato a Cislago (VA), laureato in Chimica industriale, è stato vice Direttore Generale dell'Enea dopo averne diretto il Dipartimento per la Ricerca Intersettoriale Tecnologica e la Direzione Centrale Studi. Membro dal 1996 al 1999 del Comitato Tecnico-Scientifico del Murst e del CIRA. Delegato del Governo italiano dal 1976 al 1984 presso il Comitato per la Ricerca Scientifica e Tecnologica della CEE, ha diretto fino al 2004 la rivista Energia, Ambiente, Innovazione. Ha ideato l'Osservatorio Enea sull'Italia nella competizione tecnologica internazionale. Socio onorario dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere ed Arti di Palermo.

L'immagine a fianco è presente sulla copertina del volume a cura di Giuliana Arena, "Paolo Sylos Labini Scritti sul Mezzogiorno (1954-2001)", Piero Lacaita Editore, 2003.

Quello che segue è il racconto di Sergio Ferrari sul suo rapporto con Paolo Sylos Labini e la discussione con lui avuta sull'innovazione tecnologica. L'intervento è stato pubblicato dall'Associazione dedicata a Sylos Labini (www.syloslabini.info) in occasione del centenario della nascita.

Nel 1974 mi capitò, nel corso della mia attività all'ENEA, di essere incaricato di "mettere assieme" una serie di laboratori di natura scientifica completamente diversa – dalla chimica analitica, alla strumentazione elettronica, dai nuovi materiali al calcolo scientifico, alla robotica, ecc, ecc. Un totale di circa 800 persone, escluse quelle dedicate alla fusione nucleare, che inizialmente erano state inserite in quella operazione, ma che ben presto – e giustamente – vennero staccate e rese autonome. Non sto a spiegare le motivazioni di un tale provvedimento, certamente non da me auspicato. Fatto stà che sin dall'inizio la domanda su che cosa avrei dovuto fare mi si pose con grande evidenza ma anche senza un precedente o un qualche riferimento a cui ispirarmi.

Ed era un problema che non potevo porre ai collaboratori più diretti perché era chiaro che loro per primi si attendevano da me una risposta. Fortunatamente i rapporti umani e professionali interni erano ottimi e, a distanza di anni, devo dire che questi rapporti sono stati la chiave di volta per uscire senza troppe ferite per nessuno da quell'impasse.

Ogni laboratorio aveva naturalmente una sua storia e una sua specializzazione scientifica e come tale non avrebbe avuto difficoltà ad andare avanti.

Ma quella nuova situazione organizzativa si era determinata proprio perché i precedenti rapporti funzionali erano stati considerati come conclusi e superati. Quindi ora il che fare era da inventare essendo aperto a tutto quanto esisteva ma anche a quanto si poteva liberamente immaginare come conseguenza dei nuovi rapporti con altre specializzazioni o con altre sollecitazioni esterne.

Una certa cultura comune tendeva a ricercare una risposta non solo in base alla natura scientifica del possibile problema ma anche in base all'interesse più generale che certe scelte presentavano rispetto ad altre. Per noi la sola valenza scientifica non era sufficiente perché dietro a qualunque conoscenza scientifica ci sembrava che esistesse comunque, prima o poi, anche una dimensione pratica, economica o sociale che fosse. In sostanza si poneva, più o meno coscientemente e non senza qualche difficoltà soggettiva, la questione della dimensione economico-sociale del nostro fare. Non che fossimo così estranei a quei valori ma certamente sino allora altri e altre situazioni internazionali si erano preoccupate di individuare quelle motivazioni che, discusse o meno, poi sarebbero diventate valide per tutti.

Da qui nacquero una serie di questioni e di decisioni operative tra le quali ricordo gli studi e le ricerche sulle fonti energetiche rinnovabili (incominciando dal fotovoltaico) che, non a caso, divennero di lì a pochi anni un Dipartimento indipendente, delle biotecnologie dove i precedenti originati dalle ricerche in laboratori che utilizzavano anche il campo Gamma, avevano già portato ad un nuovo prodotto come il grano creso ed avevano poi invaso tutto il campo dell'agroalimentare, ed altri, sino allo schema di ragionamenti che avrebbero portato a quello che sarebbe diventato l'Osservatorio su L'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale.

Naturalmente queste poche righe sottendono il passare di anni e quando nel 1982 cambiai incarico assumendo la responsabilità della Direzione Studi, prima inesistente, tutto quel balbettio sui temi dello sviluppo economico, sociale, culturale, non era, evidentemente, più sufficiente. Tra le iniziative attuate per correggere quel divario culturale ad un certo punto pensai che degli incontri dedicati esclusivamente a noi della Direzione Studi, da parte di chi se lo poteva permettere, ci avrebbero fatto molto bene. Così mi decisi di chiedere al prof. Roncaglia, che mi era già noto per altra via, se pensava possibile tenere delle lezioni interne, a tutti gli interessati del Direzione Studi. Il tema generale poteva essere, tanto per incominciare, che cosa era, di che cosa si occupava la scienza economica, ma soprattutto quali

erano le riflessioni che l'economia aveva sviluppato nel confronto delle questioni poste dallo sviluppo scientifico-tecnologico.

Da qui con le parole di Roncaglia, il passaggio da Smith, a Schumpeter, a Sylos Labini era obbligato e poiché andare a sentire o a disturbare Smith o Schumpeter era impossibile, il tentativo di discutere da neofiti con Sylos doveva solo trovare il momento e l'occasione opportuna. Capitò, sempre grazie a Roncaglia, durante un Convegno all'Accademia dei Lincei. È in quella occasione che colsi l'opportunità di domandare a Sylos se poteva scrivere un articolo per il periodico dell'Enea sui temi dell'economia dell'innovazione. Mi guardò, mi scrutò con quei suoi occhi tra l'ironico, il divertito e l'intransigente – che poi avrei imparato a conoscere – e poi mi disse di farmi vivo che mi avrebbe dato qualcosa, premettendo che proprio in quei giorni gli era capitato di scrivere delle annotazioni che avrebbero potuto essere utili per quello scritto. Di lì a qualche giorno andai a trovarlo a casa sua, mi fece entrare nel suo studio e tirò fuori alcuni fogli scritti a mano. Il suo studio era il prototipo dello studio di un ricercatore: carte anche sulle seggiole, la scrivania coperta di plichi, alcuni in equilibrio precario, i ripiani delle librerie stracolmi che foderavano pressoché tutte le pareti. La conversazione si limitò ai convenevoli e l'unica questione che mi riuscì di tirar fuori fu il grande interesse che all'Enea molti avevano per i suoi scritti, che quindi certamente avrei pubblicato questo suo intervento ma, aggiunti, che sarebbe stato interessante, oltre che utile, poter immaginare un seguito. A quel punto mi domandò di che cosa mi occupavo all'Enea. Alla mia risposta che mi occupavo di innovazione tecnologica, si fece più attento e, mi parve, con un qualche interesse per quello che cercavo di spiegargli. Comunque mi rispose che pensava di darmi un intervento espressamente scritto per la rivista dell'Enea.

Non ricordo precisamente la data di quest'incontro, ma dovevamo essere verso gennaio del 1995; l'articolo preparato per la Rivista dell'Enea venne pubblicato nel numero di marzo. E venne studiato da molti di noi. Finalmente avevamo un panorama dei ragionamenti che collocavano il nostro lavoro nel quadro più ampio di un sistema di sviluppo economico e sociale. Non avevamo la spiegazione delle singole innovazioni, ma una storia dello sviluppo dell'uomo, con una attenzione particolare alla questione delle relazioni tra occupazione/disoccupazione e nuove tecnologie. Questa collaborazione continuò per alcuni anni e ad un certo punto presi il coraggio di fare delle osservazioni partendo

dalla descrizione di Sylos relativamente alle due linee dell'innovazione tecnologica da lui descritte e cioè la linea di "grandi innovazioni che hanno luogo in modo discontinuo e che di solito risultano da progressi scientifici non direttamente correlati ad impulsi economici ... e da piccole innovazioni che prolungano le grandi e dipendono da impulsi economici inseriti nell'equazione della produttività." Le prime frutto delle attività di ricerca condotte autonomamente e, quindi, innovazioni esogene e le seconde sostanzialmente endogene. In sostanza mi sembrava che, da un lato, queste due grandi categorie d'innovazioni fornissero una suddivisione troppo ridotta di un fenomeno molto complesso che ormai comprendeva anche la categoria delle innovazioni programmate e, dall'altro che mentre le piccole innovazioni si collegavano ad un preesistente sistema di mercato, le grandi erano in buona misura prive di vincoli, anche dal punto di vista dei prezzi praticati, essendo, inoltre, difficilmente confrontabili i valori relativi delle rispettive produttività. Mi parve che Sylos apprezzasse queste osservazioni sino al punto di ricordare come fosse una sua convinzione che alle volte coinvolgere un interessato privo dei pregiudizi forniti dalla formazione, poteva risultare utile.

Peraltro discutere con Sylos non era facile, almeno per me. Anzi difficilissimo perché sulla sua specializzazione io mi limitavo a formulare degli interrogativi stando attento a non dire sciocchezze eccessive e Sylos non era certamente l'interlocutore con cui trattenersi per fare delle chiacchiere o delle divagazioni. Ma anche se lo scambio era sempre correlato alle questioni dell'economia dell'innovazione, mi accorsi che il messaggio che trasmetteva Sylos era ben più complesso e ricco. Non intendo affatto dire che Sylos volesse fare delle prediche o delle lezioni morali. Questo sarebbe stato del tutto contrario alla sua etica. Una etica che era fatta di onestà intellettuale, di preminenza della ragione, di sensibilità per la dimensione sociale dei problemi.

Ad un certo punto di questi dialoghi Sylos mi disse di un suo interessamento presso il CNEL per recuperare una riflessione sulla crisi dei Distretti Industriali che soffrivano di una forte crisi ma che sarebbe stato possibile immaginare un intervento pubblico capace se non di eliminare quella crisi, almeno di introdurre delle modificazioni entro quei sistemi tali da contrastarne le cause. E uno degli interventi avrebbe dovuto riguardare proprio i rapporti tra questi sistemi e l'innovazione tecnologica. Come Enea avevamo avviato da tempo una linea di lavoro proprio con queste strutture produttive incominciando da Prato e poi Sassuolo, ecc.

L'intervento dell'Enea aveva l'intento di preparare delle tecnologie che utilizzando le competenze dei ricercatori dell'Ente avrebbero potuto essere utili a quei sistemi produttivi. Sylos mi introdusse in quel lavoro del CNEL dove, per la verità, era prevalente un atteggiamento molto critico circa le possibilità di uscire da quella crisi. La colpa prevalente era riversata sui paesi in via di sviluppo e, in particolare per quanto riguardava Prato, verso la Cina. I motivi erano ovvii e difficilmente confutabili ma Sylos aveva buoni argomenti e, soprattutto, una forte autorevolezza per sostenere come esistessero competenze sia da parte del lavoro, sia da parte degli imprenditori, che potevano offrire margini per una azione di recupero competitivo se solo aiutato da un intervento pubblico. Cercando di intervenire a suo favore cercai di introdurre i concetti dell'innovazione tecnologica, che partendo da quella storica di tipo meccanico, avrebbe dovuto acquisire, per il nuovo contesto competitivo, la capacità di elaborare le innovazioni di matrice elettronica e informatica. Per la verità questa era la mia ipotesi circa la natura e i motivi della crisi dei Distretti italiani, ma nel contesto di quel dibattito al CNEL sembrò una conferma della posizione di Sylos. Ci furono varie riunioni, ma le conclusioni si andavano sempre più stemperando, per cui non mi meravigliai quando Sylos mi disse che ci sarebbe stata una riunione in CGIL su quella questione e che avrei dovuto partecipare; evidentemente aveva cercato una sponda più reattiva ed effettivamente l'incontro ebbe un tono diverso ma anche in quella sede l'ipotesi dell'intervento in politica industriale di un attore pubblico rappresentato da un ente di ricerca non era di facile digestione e, personalmente, non capii se si trattava di una ovvia perplessità data la novità che avrebbe avuto un intervento di quel tipo o se c'era una condivisione a tenere fuori dalla politica industriale qualunque attore che non fosse quello dell'aiuto finanziario alle imprese.

Fatto sta che anche da quella sede non ricordo sia uscita una iniziativa politica di un qualche rilievo. Anche questo, ripensandoci, mi sembrò un segnale che si aggiungeva ad un quadro nel quale gli interrogativi si andavano accumulando. Non a caso di lì a non molto tempo – era il 2005 – per Sylos quegli interrogativi si trasformarono in una imprecazione: "Ahi serva Italia – Un appello ai miei concittadini". Credo che siano tanti quelli che in questi anni hanno trovato in quella lettura delle risposte.



> Mario Sangiovanni,
Italsider, acquerello su carta.

Programmare lo sviluppo per rispondere alle sfide del nostro tempo

Publicato il 21 marzo 2018 sul sito "Associazione Labour" e su "Scienza e.." <https://www.doppiavoce.com/scienze/2018/marzo-2018/107-programmare-lo-sviluppo-per-rispondere-alle-sfide-del-nostro-tempo>



Sergio Ferrari

Sergio Ferrari, nato a Cislago (VA), laureato in Chimica industriale, è stato vice Direttore Generale dell'Enea dopo averne diretto il Dipartimento per la Ricerca Intersettoriale Tecnologica e la Direzione Centrale Studi. Membro dal 1996 al 1999 del Comitato Tecnico-Scientifico del Murst e del CIRA. Delegato del Governo italiano dal 1976 al 1984 presso il Comitato per la Ricerca Scientifica e Tecnologica della CEE, ha diretto fino al 2004 la rivista Energia, Ambiente, Innovazione. Ha ideato l'Osservatorio Enea sull'Italia nella competizione tecnologica internazionale. Socio onorario dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere ed Arti di Palermo.

Poiché in questi ultimi trimestri la variazione del nostro Pil non ha più il segno negativo e poiché questa variazione temporale del Pil nei trimestri più recenti sta superando i precedenti modesti andamenti, si è pensato di poter affermare che siamo usciti da quella crisi economica in atto, almeno nel nostro paese, da svariati decenni.

In un'economia come la nostra, compresa in un sistema di accordi quali quelli che danno luogo all'Unione europea, oltre che alle ovvie connessioni con l'economia internazionale, affermare che un segno positivo davanti al valore della variazione del Pil possa significare un andamento positivo di quella economia è, in maniera evidente, un'ipotesi che richiede di essere verificata e dimostrata. Su questa questione, peraltro, ci si è già soffermati varie volte[1]. C'è, infatti, la concreta possibilità che a quella forzatura ottimistica possa corrispondere una diagnosi errata e, quindi, quel che sarebbe più grave, anche una terapia errata, che, di conseguenza, dovrebbe essere rapidamente corretta. Dalla Figura 1 è del tutto evidente che a partire almeno dalla metà degli anni '90, gli andamenti del nostro Pil pro capite sono nettamente e crescentemente inferiori a quello dei 19 paesi

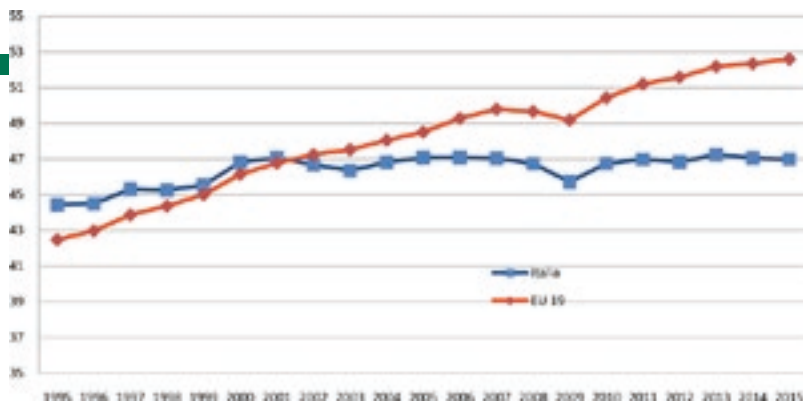


Figura 1. - Andamento del Pil pro-capite (Fonte: OECD).

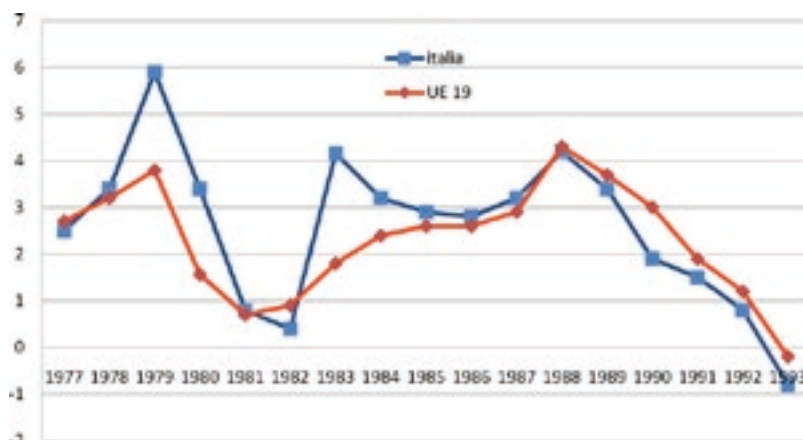


Figura 2. - Variazione percentuale del PIL.

dell'Unione Europea. Confrontare gli andamenti del nostro Pil con l'andamento del Pil dei paesi nostri vicini rappresenta, dunque, la prima verifica di quella ipotesi ottimistica. Il fatto che questo divario esista e si conservi da svariati anni dovrebbe confermare, dunque, la necessità di una revisione critica di quelle affermazioni ottimistiche. A questo fine è necessario, anche per evitare considerazioni paraideologiche, cercare di individuare quando e cosa è capitato al nostro sistema socioeconomico che ne ha differenziato il comportamento rispetto a quello dei paesi nostri partner europei. Dalla Figura 1 si evidenzia l'esistenza sin dagli anni '90 di un divario nell'andamento del Pil ma per cogliere una origine occorre risalire ad anni precedenti.

Misurando, quindi, l'andamento delle variazioni percentuali del Pil dell'Italia e della UE19 (Figura 2) si rileva una discontinuità con origini nella seconda metà degli anni '80 e con un progressivo ritardo nella crescita del Pil del nostro paese a partire da quegli anni.

Se, dunque, gli anni del cambiamento nel comportamento economico del nostro paese rispetto a quello dei paesi nostri consimili appare ragionevolmente come quello indicato e cioè la seconda metà degli anni '80, il fenomeno che si verifica in questi anni è rappresentato da un cambiamento in

negativo della competitività del nostro sistema industriale; in particolare questo ritardo nella crescita del Pil italiano trova una conferma nell'andamento della competitività tecnologica misurata, ad esempio, in termini di percentuale di ricercatori sul totale degli addetti impegnati dalle imprese (Figura 3).

Come si vede i dati indicano, partendo dai primi anni '80, nel caso del nostro paese un andamento parallelo ma inferiore a quello degli altri paesi. Ma a partire dalla fine degli anni '80, mentre gli altri paesi accentuano il loro impegno tecnologico, il sistema delle imprese italiane si ferma e, anzi, per una quindicina di anni riduce quell'impegno.

Lo scenario che emerge da queste prime considerazioni sembra corrispondere, da un lato all'esistenza di una politica industriale arretrata ormai da alcuni decenni e, dall'altro, alla scelta di una competitività di prezzo a fronte di una scelta di competitività tecnologica da parte dei paesi UE19. L'andamento negativo della bilancia commerciale nei prodotti ad alta tecnologia, contrariamente a quanto si verifica da parte dei paesi avanzati (Figura 4), conferma questa differente scelta di politica economica da parte delle nostre imprese.

Questa questione della relazione tra lo sviluppo tecnologico e lo sviluppo economico-sociale viene trattata a livello politico sin dal 1945 quando Vannevar Bush, consigliere del presidente USA F. C. Roosevelt, delinea una stratigraphy di sviluppo post bellica basata sull'economia della conoscenza. Poiché, come ci ricorda Pietro Greco, la ricetta di Bush «è ancora applicabile»[2], rinviando, per le questioni di merito, a quel lavoro, spostando l'attenzione su un interrogativo e cioè sul come mai nel nostro Paese quella ricetta non solo resta di fatto ignorata ma, anzi, viene praticata all'incontrario sino al punto di considerare la spesa pubblica in Ricerca un onere da ridurre con provvedimenti vari – dal turnover del personale, ai vincoli di bilancio nella sostituzione dei pensionati, ai blocchi contrattuali, alle riduzioni dei finanziamenti, ecc. – ma tutti convergenti verso questo obiettivo.

Ancora più significativo appare l'andamento della spesa delle imprese in R&S che, infatti, dalla

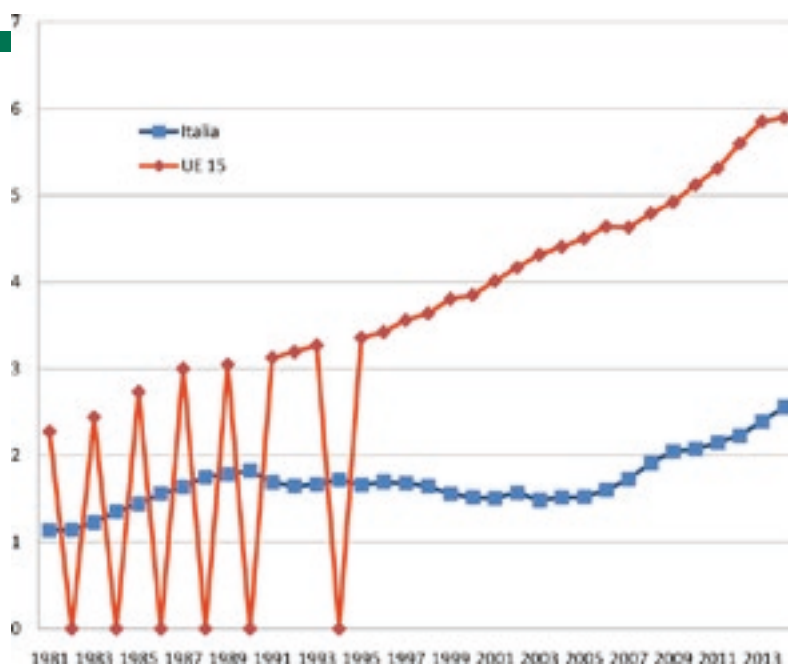


Figura 3. - Numero percentuale di ricercatori ogni mille addetti nel sistema delle imprese industriali (Dati: OECD).

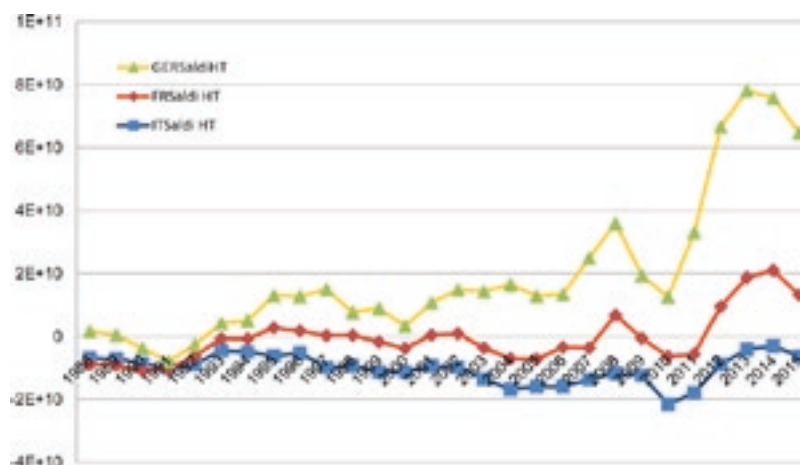


Figura 4. Saldi Bilancia Commerciale Prodotti HT (\$) (Fonte: Osservatorio ENEA).

metà degli anni '80 abbandonano la progressione di questa spesa, contrariamente a quanto si verifica nei paesi avanzati. Tutto questo in coerenza con le politiche industriali perseguite che tendono, invece, ad incidere sul costo e sulla flessibilità del fattore lavoro. In definitiva mentre si persegue una politica di accentuazione della competitività del fattore lavoro, si subisce senza interventi correttivi una riduzione della competitività tecnologica.

Si aprono, a questo punto, una serie di questioni che verranno qui di seguito solo accennate poiché ognuna di queste meriterebbe un'analisi e una riflessione specifica, per essere poi ricondotte alla questione generale del ritardo di elaborazione in materia di politica economica e industriale, con tutto quel che ne consegue, da parte della sinistra. Un ritardo che nel caso dello sviluppo tecnologico

rischia di emarginarla da ogni possibile ruolo politico, non essendo possibile affrontare le logiche negative dello sviluppo tecnologico con le politiche della conservazione; anche perché il conseguente ritardo si coniuga strettamente con quello sul versante dell'analisi sociale, con una visione del "proletario" come soggetto immutabile e conservatore, come se al di fuori di quella visione ci possa essere solo una concezione "capitalistica", mentre è vero esattamente il contrario. Un ritardo che nel nostro paese assume delle dimensioni tali da concorrere, non a caso, alla sua collocazione sul fondo delle classifiche dei paesi sviluppati e ai margini della dinamica dello sviluppo. L'andamento del numero degli addetti alla ricerca nel settore industriale (Figura 1) riassume questa nostra situazione in termini tali da rendere evidente le difficoltà se non, ormai, l'impossibilità di un recupero economico basato sulla capacità del sistema produttivo privato e, quindi, senza un forte e specifico intervento del livello pubblico. Nel momento in cui per cause internazionali – moltiplicazione

dei prezzi petroliferi e avvio di una nuova rivoluzione tecnologica – si determina la necessità di una scelta in materia di utilizzo delle conoscenze scientifiche ai fini dello sviluppo, il nostro paese, come si è visto, compie una scelta differente, di conservazione della struttura produttiva preesistente.

Nel nostro caso il divario, sulla bilancia commerciale in materia di prodotti ad alta tecnologia, si pensa di compensarlo con lo strumento della svalutazione della lira, sino al momento che anche questo viene a mancare a seguito dell'avvento dell'unione monetaria europea e, quindi, accentuando, dai primi anni 2000 in poi, il nostro divario di sviluppo.

Occorre segnalare che solo in anni più recenti sono, finalmente, incominciate ad apparire analisi e

riflessioni, anche autorevoli, nelle quali la considerazione verso gli effetti della globalizzazione e del progresso tecnologico assumono un ruolo centrale nell'analisi della crisi del nostro Paese.

Ad esempio Fabrizio Onida in una Nota del 13 settembre 2012 rivolta al Rapporto coordinato per conto del Governo da Francesco Giavazzi, si domanda, forse con una certa retorica, se «al di là dell'entità dei (pochi) incentivi disponibili per le imprese, vogliamo seriamente ripensare a qualche progetto tecnologico trasversale che valorizzi taluni nostri vantaggi competitivi già esistenti (es. mecatronica e robotica, bio-scienze, nuovi materiali), cofinanziato dal settore privato e guidato da personaggi di indiscussa competenze e indipendenza? Vogliamo rivedere in questa luce ruolo e missione operativa delle istituzioni pubbliche di ricerca, a cominciare da Cnr, Infn, Enea, It?» (<http://Sole24Ore>).

Scrivono inoltre Ignazio Visco, Governatore della Banca d'Italia, in un intervento alla Fondazione Cini nel gennaio 2018 che «I benefici della globalizzazione e del progresso tecnologico... non sono stati distribuiti equamente né tra le famiglie all'interno di ogni paese... né tra i Paesi. L'Italia è tra quei paesi che sono stati colti impreparati dall'arrivo di questi fenomeni». Si tratta di un cambiamento di analisi fondamentale ma che non può cambiare gli effetti di un'impreparazione che, durata alcuni decenni, non è più eliminabile con qualche decreto più o meno elettorale o con qualche incentivo finanziario risultato, già in precedenti tentativi, privo di un qualche, anche minimo, effetto. Peraltro la politica ufficiale è ancora espressa da quella impreparazione culturale e da quegli interessi economici non in grado di impostare un positivo quanto necessario rapporto con le strutture della ricerca pubblica.

Ne sono la prova quelle trecento e passa pagine che, sottoscritte dal Ministro dello sviluppo e dal Ministro dell'ambiente a metà 2017, costituiscono una proposta di Nuova Strategia Energetica; una strategia che, per la verità, non si accorge nemmeno che il nostro paese sta incentivando l'acquisto all'estero degli impianti fotovoltaici con un conseguente maggior costo del kwh prodotto e con un onere sulla bilancia dei pagamenti che potrebbe invece, nel caso specifico, essere ridotto a zero e a vantaggio anche dello sviluppo qualitativo e quantitativo del fattore lavoro. E non si accorge nemmeno che la difesa dell'uso del metano dovrebbe, come minimo, tener presente i maggiori oneri ambientali in termini di effetto serra, connessi con le relative perdite di quel gas nei circuiti di trasmissione.

In definitiva continua a crescere l'accumulazione dei ritardi con effetti non rimediabili con le solite politiche degli incentivi dal momento che, ad esempio, non è così che si realizzano quelle nuove strutture capaci di affrontare la Programmazione dell'Innovazione, cioè la capacità di realizzare nuovi prodotti/processi scelti e valutati a tavolino sapendo che il cumulo delle conoscenze scientifiche e tecnologiche sarà tale da consentirne la realizzazione. Uno strumento che presuppone l'esistenza non solo di un Sistema Nazionale dell'Innovazione, ad oggi inesistente, ma anche di una capacità analitica e di studio in grado di articolare le valutazioni, le scelte e le partecipazioni. Un'operazione che mette in evidenza, tra l'altro, la questione del controllo sociale dello sviluppo tecnologico in base non solo a valutazioni d'interesse economico generale ma anche dei rischi di varia natura altrimenti difficilmente evitabili se quel potenziale innovativo viene lasciato libero di manifestarsi senza una valutazione e un controllo preventivo.

Non è certo questa l'occasione per percorrere questa storia plurisecolare, se non per evidenziare come la sinistra non abbia potuto incidere, se non raramente, sulle scelte produttive ma piuttosto si sia spesa per accrescere le condizioni economiche di quel proletariato, sino alle situazioni attuali che, insieme alla fruizione dello stato sociale – dall'istruzione alla pensione, alla sanità e alle conseguenti modificazioni della domanda – ne hanno avvicinato le condizioni a quelle del ceto medio.

Questo a sua volta è stato coinvolto nelle logiche dello sviluppo capitalistico e nella conservazione del saggio di profitto per cui, attualmente, le condizioni economiche dei membri della classe operaia si confondono con molte di quelle degli appartenenti a questo ceto medio.

Per entrambi resta valida la condizione sociale subalterna per cui esiste un ceto capitalistico e imprenditoriale al quale viene assegnato il compito di “comandare” non solo sul piano della distribuzione della ricchezza prodotta, ma anche nelle logiche stesse dell'ubbidire in termini “del se lavorare, del come lavorare e del cosa fare”, e un ceto subalterno dove il livello di subalternità sociale ed economica è il fattore unificante tra ceto medio e classe operaia.

Poiché nella realtà della situazione italiana il ricorso all'intervento pubblico non viene più contestato ma piuttosto s'intende gestirlo per evitare che le decisioni conseguenti modifichino i ruoli sociali degli attori (le nuove bozze della Strategia Energetica Nazionale ne sono un esempio molto chiaro) è

opportuno ricordare che il ritardo accumulato dal nostro paese è una conseguenza dei limiti culturali della nostra attuale classe dirigente per la quale le spiegazioni del ritardo competitivo del nostro paese sono da ricercare sempre e solo nei difetti dell'azione pubblica: tempi troppo lunghi, corruzione, scarsa competenza, costi eccessivi, sottogoverno, ecc. Non si tratta certo di negare l'esistenza di questi "malfunzionamenti", quanto piuttosto di mettere ordine tra cause ed effetti.

A questo punto è opportuno assumere la plurisecolare visione dei valori dell'eguaglianza e della libertà come capisaldi di una visione di sinistra dal momento che, altrimenti, navigando senza storia e senza memoria, non solo si può mettere in discussione quei valori ma, ed è un aspetto essenziale, la loro esistenza, il loro sviluppo e la loro realizzazione. Se la sinistra non organizza queste funzioni e questi strumenti a livello pubblico, dovrà necessariamente perdere anche ogni influenza in materia di distribuzione delle ricchezze e, a maggior ragione, dei ruoli sociali.

L'azione di promozione di quei due capisaldi si è sviluppata, per motivi comprensibili, essenzialmente sulle condizioni economiche della classe operaia, piuttosto che quelle relative all'articolazione dei ruoli sociali. Sulle condizioni economiche di "vendita" del lavoro si è concentrata l'azione della sinistra e del sindacato, trovando qualche margine anche nella logica del saggio di profitto per cui dovendo accrescerlo o anche solo conservarlo, il capitale doveva, alle volte, affrontare la crescita quantitativa ma anche qualitativa del cosiddetto proletariato.

Volendo concludere momentaneamente con una breve indicazione delle linee politiche da assumere inizialmente per intraprendere un percorso di ammodernamento politico, economico e sociale del nostro sistema produttivo, partendo dalla formazione per arrivare alla competitività internazionale e alle logiche della qualità dello sviluppo, è possibile indicare un primo elenco di iniziative e di decisioni politiche:

1. Istituire un Segretariato presso la Presidenza del consiglio con il compito di coordinare la presenza del paese nelle sedi europee e in quelle internazionali connesse con la definizione/attuazione degli indirizzi strategici in materia di R.S.I.; curare la definizione e il coordinamento della nostra partecipazione nei Progetti R.S.I. multidisciplinari;
2. Assicurare una crescita del finanziamento a tutte le strutture pubbliche di ricerca con un

aumento minimo del 10% annuo per i prossimi cinque anni, assicurando comunque una quota di questi finanziamenti alle attività di ricerca fondamentali e libere. Creare uno strumento scientifico-finanziario in grado di valutare e assicurare le necessità finanziarie connesse con l'attuazione delle fasi finali dei processi innovativi e competitivi.

3. In materia di formazione, dalla scuola materna a quella dell'obbligo, sino all'ottenimento della laurea, il Ministero della P.I. oltre a valutare le dotazioni necessarie sia in materia di insegnanti che di studenti, dovrà sviluppare tutte le iniziative tese a promuovere le logiche connesse con la natura pubblica di tale formazione.
4. Rinnovare il quadro dirigente delle strutture pubbliche di R.S.I. in coerenza con i nuovi obiettivi posti a tali strutture e inserire la rappresentanza dei ricercatori nella gestione di tali organismi; definire le norme generali del rapporto di lavoro per tutti i dipendenti degli enti nazionali di ricerca e, da parte del Ministero della P.I., sentito il Segretariato, le relazioni contrattuali relative a tutto il personale delle scuole e dell'università
5. Avviare la costruzione di una politica europea unitaria tra le forze di sinistra incominciando dalle relazioni sociali, dalla costruzione di una comune etica del lavoro e del capitale, dal controllo della politica finanziaria e dalla comune specificazione delle norme ambientali.

Note

- [1] L'ultima è rappresentata da una breve nota: Sergio Ferrari, Dal declino economico alla riforma della Costituzione, ospitata nel sito dell'Associazione Paolo Sylos Labini, 8 novembre 2016.
- [2] Pietro Greco, Per un programma di Governo dell'economia della conoscenza, Centro Studi Città della Scienza, Napoli, 11/12/2016.



> Mario Sangiovanni, *Veduta di Pozzuoli*, olio su tavola

I mutamenti climatici e la nuova rivoluzione industriale

Pubblicata originariamente il 10 novembre 2015 su "Economia e politica":

<https://www.economiaepolitica.it/lavoro-e-diritti/diritti/ambiente/i-mutamenti-climatici-e-la-nuova-rivoluzione-industriale/>



Sergio Ferrari

Sergio Ferrari, nato a Cislago (VA), laureato in Chimica industriale, è stato vice Direttore Generale dell'Enea dopo averne diretto il Dipartimento per la Ricerca Intersectoriale Tecnologica e la Direzione Centrale Studi. Membro dal 1996 al 1999 del Comitato Tecnico-Scientifico del Murst e del CIRA. Delegato del Governo italiano dal 1976 al 1984 presso il Comitato per la Ricerca Scientifica e Tecnologica della CEE, ha diretto fino al 2004 la rivista Energia, Ambiente, Innovazione. Ha ideato l'Osservatorio Enea sull'Italia nella competizione tecnologica internazionale. Socio onorario dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere ed Arti di Palermo.

Gli effetti dei cambiamenti climatici caratterizzati da aspetti particolarmente violenti rispetto all'esperienza comune, costituiscono una sollecitazione importante nell'assunzione di decisioni politiche finalizzate al contenimento di questi fenomeni, come quelle avviate con il Protocollo di Kyoto nel dicembre 1997 che saranno aggiornate nella Conferenza mondiale prevista a Parigi nel prossimo dicembre 2015.

Attualmente il consuntivo in tema di riduzione degli inquinanti ambientali è insoddisfacente. I risultati negativi, confermati dalle sedi competenti, non trovano una spiegazione né in eventuali approssimazioni nel calcolo dei fenomeni atmosferici, né nella natura degli interventi "teoricamente" necessari per ridurre la produzione di gas serra. Peraltro, nemmeno le discussioni sulle cause antropiche o meno dei fenomeni climatici – che sono state oggetto a loro volta di importanti verifiche – possono incidere sul giudizio negativo circa gli esiti delle politiche messe in opera. Se occorre trarre delle conside-

razioni critiche dalle esperienze passate in materia di controllo dei fenomeni climatici, queste vanno ricercate, almeno, in prima battuta, non tanto nel come la tecnologia possa assicurare il raggiungimento o meno di questi obiettivi, ma nelle condizioni applicative adottate. Queste consistono essenzialmente nel come distribuire le quote degli obiettivi tra i vari paesi, affidandole prevalentemente al “buon cuore” dei vari paesi.

Non è, quindi, un caso se allo stesso tempo i paesi produttori di petrolio hanno continuato a incontrarsi per valutare le loro prospettive circa la produzione e sui prezzi del petrolio. Un recente incontro dell'OPEC (giugno 2015, Vienna) ha deliberato di mantenere inalterati i prezzi, assieme ad una ipotesi positiva della domanda di petrolio per i prossimi anni. Qualcuno ha previsto un raddoppio dei consumi dell'energia entro il 2040, con una crescita di gas e petrolio del 25 % entro il 2030.

Se le indicazioni dell'Opec sono distanti rispetto agli obiettivi della rivoluzione economica necessaria per accompagnare la riduzione dei consumi di combustibili fossili e la loro sostituzione con le fonti rinnovabili, è altrettanto vero che le previsioni espresse in sedi meno “interessate” convergono verso l'ipotesi di consumi energetici crescenti e con quote di combustibili fossili intorno al 70 % nell'anno 2040. Le forti riduzioni dei prezzi dei prodotti petroliferi avvenuti in questi mesi certamente suonano come una conferma di queste previsioni.

Nei secoli passati i cambiamenti economico-tecnologici che hanno accompagnato il passaggio dal legno al carbone e poi al petrolio, hanno segnato i caratteri della struttura produttiva e delle *rivoluzioni industriali*. Un richiamo a questa storia dovrebbe ricordare i connotati di queste necessarie rivoluzioni, incominciando a mettere a fuoco il fatto che c'è un ruolo dei paesi consumatori dei combustibili fossili, così come c'è un ruolo dei paesi produttori, che attualmente – contrariamente al passato – sono differenti ma che, in assenza di provvedimenti specifici, dovrebbero pagare il prezzo della attuale rivoluzione tecnologica-energetica. In ultima analisi, i paesi produttori di petrolio e gas sarebbero le prime vittime della rivoluzione tecnologica.

Prendendo in considerazione solo i Paesi aderenti all'Opec, mettere in discussione le esportazioni di questi prodotti, che rappresentano una quota non inferiore al 25% delle loro esportazioni totali e mai inferiori al 10% del PIL, con punte del 100% in alcuni paesi, significa condizionare quasi il 50% del loro PIL. In questa situazione troviamo anche paesi come la Russia, cioè il secondo produttore mondiale e il secondo consumatore di combustibili fossili, con un bilancio positivo delle esportazioni consistente. Problemi diversi, ma non meno impegnativi, si pongono i paesi che molto spesso non dispongono né dei mezzi finanziari, né delle competenze tecniche per ottimizzare un intervento sulle fonti rinnovabili. Immaginare che si possano assumere gli impegni previsti per la difesa del clima senza coinvolgere questi paesi e senza individuare i correttivi necessari, appare poco credibile e poco intelligente. Coinvolgere questi attori dovrebbe essere la prima “correzione” da attuare in sede di trattativa e programmazione internazionale.

Servirebbe una programmazione economica coerente con l'obiettivo di sostituire le fonti energetiche in uso, cioè programmare uno sviluppo capace di coinvolgere alcuni miliardi di abitanti di questo pianeta; una operazione eccezionale. Questa dimensione del problema potrebbe rappresentare un'opportunità o un ostacolo. Un'opportunità dal momento che la pluralità delle soluzioni positive consente di affrontare le diverse esigenze, trovando soluzioni per le diverse realtà senza penalizzazioni; un ostacolo se, invece, nella complessità di una gestione collettiva di un percorso rivoluzionario, si lascia spazio e agio a pretese egemoniche che sono ancora all'ordine del giorno nelle relazioni internazionali.

Sarebbe importante sviluppare e offrire, in opportune sedi internazionali, la capacità di valutazioni economiche sugli effetti degli interventi correttivi del sistema energetico esistente; effetti che possono essere differenti da paese a paese, ma che possono essere valutati sia a livello micro e sia a livello macro di economia nazionale. Senza un interesse economico diretto da parte dell'utente finale è difficile raggiungere un automatico successo di questa rivoluzione; ma oc-

corre sottolineare anche l'esistenza di vantaggi macroeconomici per gli utenti finali se correttamente illustrati. La programmazione – complessiva – della rivoluzione ambiental-energetica non dovrebbe, peraltro, permettere comportamenti speculativi. Se l'avvio della nuova rivoluzione energetica può incontrare delle difficoltà, è tuttavia opportuno considerare la possibilità che si sviluppi una inversione di questa situazione; l'impiego delle attuali fonti energetiche potrebbe risultare ad un certo punto del tutto non competitivo, se non per delle quote marginali.

La questione che emerge in termini difficilmente eliminabili per affrontare il controllo climatico e l'introduzione di nuove tecnologie energetiche sta, dunque, nel governo dei cambiamenti sociali ed economici e, quindi, politici, connessi con le diverse condizioni di partenza dei diversi

attori esistenti sullo "schermo" internazionale. Una rivoluzione che una società moderna ed avanzata deve organizzare e programmare, come è avvenuto con le precedenti rivoluzioni industriali. Questa programmazione è necessaria per il controllo del clima e sarebbe erroneo affrontarla in termini diversi. L'esistenza di un referente internazionale a cui affidare queste risorse e questo mandato è una condizione conseguente e non alternativa al ruolo delle attuali organizzazioni che si occupano dei problemi ambientali prevalentemente dal punto di vista scientifico. Allargare la partecipazione a tutti gli attori e studiare l'implementazione della rivoluzione tecnologica-industriale dovrebbe essere un tema centrale. La Conferenza di Parigi non parte con questi obiettivi, ma se questa ipotesi fosse messa ad un certo punto del dibattito sarebbe già un successo.



> Mario Sangiovanni,
Spiaggia di Bagnoli,
acquerello.



> Mario Sangiovanni, *Girasoli*,
olio su cartone.

La politica che spinge al declino

Publicato il primo giugno 2017 su "Eguaglianza e libertà" e ripubblicato, con lievi modifiche, con il titolo *Ricerca e declino in Italia*, il 22 giugno 2017 su "Scienza in rete". Qui si riproduce il testo del 22 giugno, mantenendo, però, il titolo originario.

(<http://www.eguaglianzaeliberta.it/web/content/la-politica-che-spinge-al-declino>)
(<https://www.scienzainrete.it/articolo/ricerca-e-declino-italia/sergio-ferrari/2017-06-22>)



Sergio Ferrari

Sergio Ferrari, nato a Cislago (VA), laureato in Chimica industriale, è stato vice Direttore Generale dell'Enea dopo averne diretto il Dipartimento per la Ricerca Intersectoriale Tecnologica e la Direzione Centrale Studi. Membro dal 1996 al 1999 del Comitato Tecnico-Scientifico del Murst e del CIRA. Delegato del Governo italiano dal 1976 al 1984 presso il Comitato per la Ricerca Scientifica e Tecnologica della CEE, ha diretto fino al 2004 la rivista *Energia, Ambiente, Innovazione*. Ha ideato l'Osservatorio Enea sull'Italia nella competizione tecnologica internazionale. Socio onorario dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere ed Arti di Palermo.

S secondo l'ex premier Matteo Renzi, "in Italia i fondi per la ricerca non sono più bassi, a livello pubblico, della media europea." (*Il Fatto Quotidiano*, 21 maggio 2017). Peccato che i numeri raccontino un'altra storia.

Spesa in R&S totale in Euro per abitante

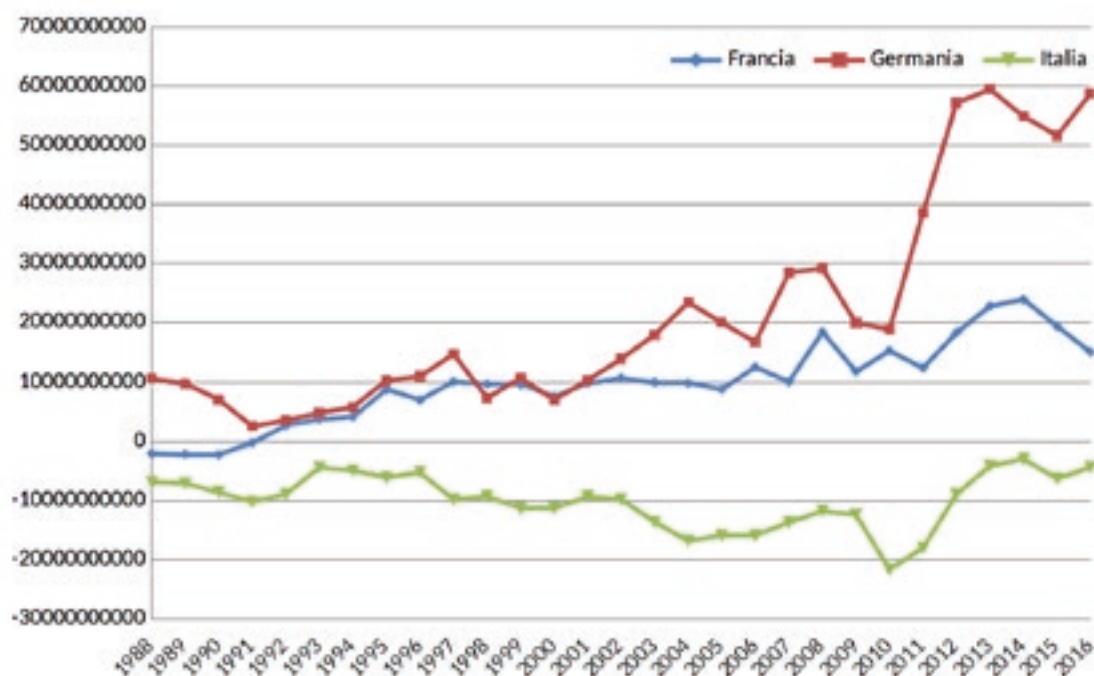
	2010	2015
Eur 19	567	654
Italia	331	360
Differenze (UE - Ita)	236	294

Spesa in R&S delle Imprese in Euro per abitante

Eur 19	261	347 (nel 2014)
Italia	144	165 (nel 2014)
Differenze (UE - Ita)	117	182

Fonte: EUROSTAT

Grafico 1. Andamento della bilancia commerciale nel settore dell'alta tecnologia (\$). (Fonte: Osservatorio ENEA)



Il fatto che esistano altri, cominciando dalla ex ministra Gelmini, che condividano quella battuta, ci dice solo che questa leggenda ha un numero di sostenitori tali da porre specifici interrogativi intorno alla questione del "cui prodest".

Nel frattempo economisti, studiosi e politici si sono spesi nel tentativo di individuare terapie efficaci nel confronto della questione centrale, ovvero la costante difficoltà del nostro paese a sostenere uno sviluppo economico e sociale adeguato alla sua collocazione tra i paesi sviluppati. Naturalmente non sono mancati in Italia i tentativi di attuare riforme e ammodernamenti del sistema. Ma qui è opportuno avanzare un paio di osservazioni generali: la prima è che un conto è individuare un difetto, un altro è la capacità di correggerlo; la seconda è che quel difetto, se non corretto, può alimentare forme di adattamento altrettanto negative.

In qualche misura questo è successo anche nel caso della ricerca e dell'innovazione: la difficoltà di correggere la nostra debolezza in questo settore ha accresciuto il ruolo del sistema delle imprese, ma non nel senso sperato. Non con una propria assunzione di responsabilità ma, in omaggio ai principi correnti, con una delega pressoché ufficiale, come si deduce anche dalla nomina a ministri dello sviluppo di esponenti

delle organizzazioni industriali.

Nel frattempo il costante peggioramento della nostra competitività in genere e di quella tecnologica in particolare (grafico 1) ha accresciuto il peso del debito pubblico e ridotto le possibilità di crescita economica del Paese. E' interessante rilevare (grafico 2) come la tendenza negli anni recenti alla riduzione del deficit della bilancia commerciale nel settore dell'alta tecnologia non corrisponda a un rafforzamento delle capacità tecnologiche del nostro sistema produttivo, ma a una riduzione delle importazioni accompagnata dalla concomitante riduzione anche delle esportazioni. Si tratta, quindi, di uno slittamento del nostro sistema produttivo verso una maggiore debolezza tecnologica.

Nel caso della competitività, misurata in termini di PIL per ora lavorata, il confronto con la media dei paesi dell'area UE, e con la stessa Germania (grafico 3), consente di risalire alle origini del nostro andamento declinante.

Alle radici della nostra arretratezza

E' di tutta evidenza come le origini di questo comportamento della nostra economia non siano recenti – non alla fine degli anni '90, come sovente si sostiene – dal momento che segnali di debolezza si erano manifestati già negli anni '70, caratteriz-

Grafico 2. Italia: Andamento EXP e IMP prodotti HT

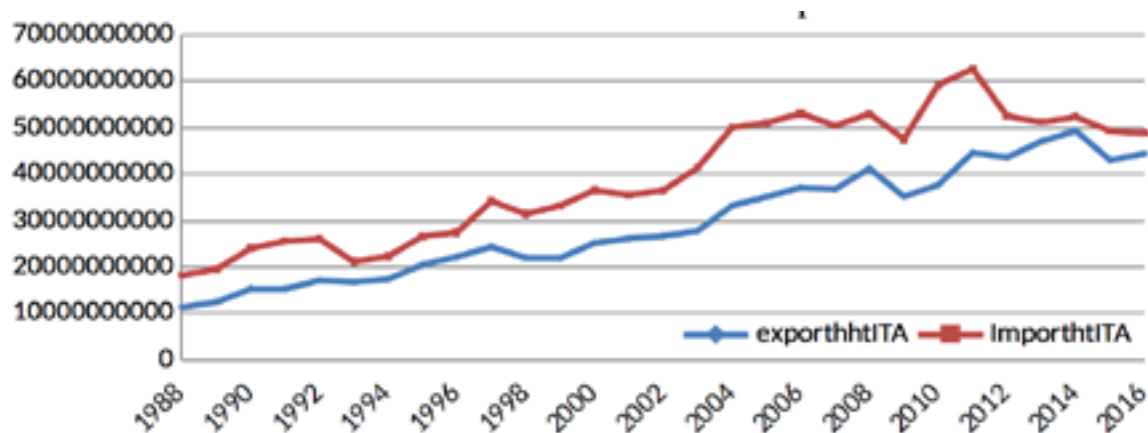
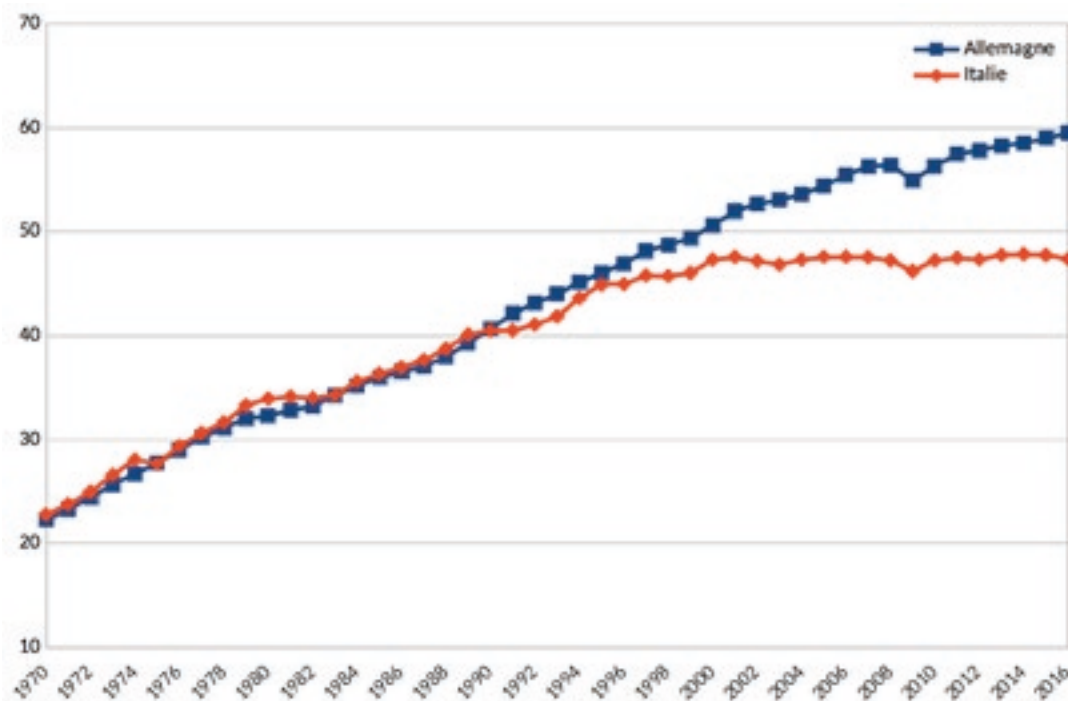


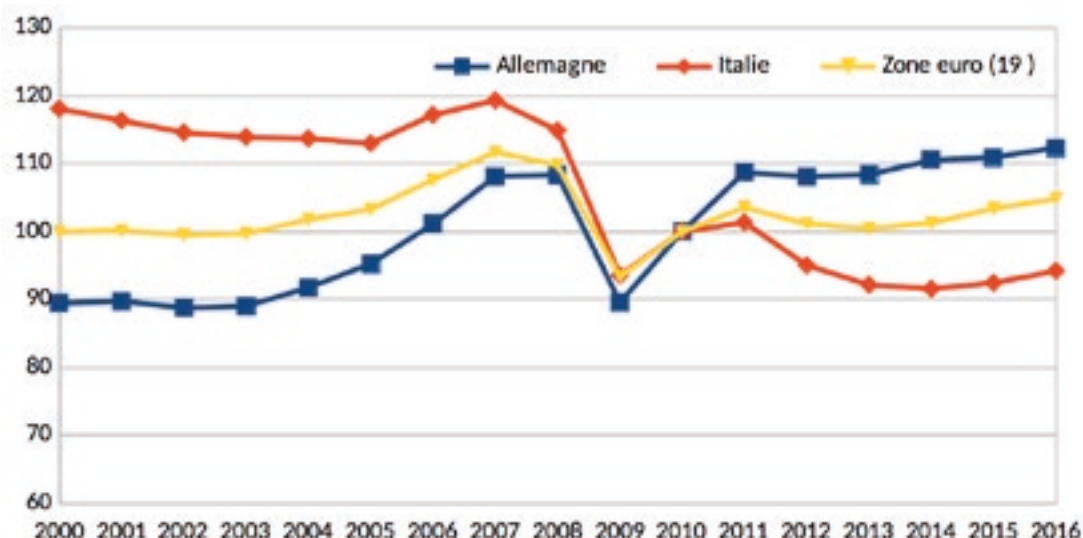
Grafico 3. Valore del PIL per ora lavorata
Fonte: OECD-Stat



zati dalle crisi energetiche, mentre negli anni '80 e per tutti gli anni '90 le "svalutazioni competitive" nei confronti sia del dollaro sia del marco, erano stati gli ingredienti per sorreggere la nostra competitività. Ingredienti certamente deboli e non tali da consentire una trasformazione, quanto piuttosto una conservazione della nostra specializzazione e struttura produttiva. Quando, con l'avvento dell'euro, nemmeno quella terapia è risultata più

praticabile, la debolezza del nostro sistema produttivo si è rivelata nella sua reale consistenza. Da un punto di vista dell'interpretazione dei dati, la forte caduta della competitività (vedi il grafico 3) dopo il Duemila deve essere attribuita alla parallela perdita di capacità produttiva (grafico 4). Naturalmente anche il nostro paese ha risentito della crisi internazionale degli anni 2007-2010, ma aggiungendo sempre un suo specifico svantaggio.

Grafico 4. Andamento della produzione industriale - 2010 = 100
Fonte: OECD



Via dalla spesa pubblica

Le terapie messe in atto non hanno riguardato, quindi, le cause della nostra competitività ma quella "scorciatoia culturale" per cui, in omaggio al mercato, ogni spesa pubblica doveva essere ridotta. Tra queste si collocano ovviamente quelle relative all'università, alla ricerca pubblica, ma ormai anche alla scuola dell'obbligo, sino a quella sanitaria. Si tratta di una logica che pone il nostro paese in termini sempre più frequenti in coda a tutte le statistiche internazionali in materia di sviluppo e di qualità sociali. Si è già arrivati al paradosso di considerare il numero di laureati "prodotti" maggiore rispetto alla domanda, come un difetto da curare anche penalizzando il funzionamento delle stesse università.

Mentre l'Italia - in particolare il Mezzogiorno - si ostina a voler migliorare la propria competitività riducendo il costo del lavoro, la stessa Cina - che aveva incarnato quel modello - ha superato questa strategia investendo in ricerca e sviluppo quanto se non più dei paesi avanzati.

Leggere bene il PIL

Occorre a questo punto richiamare un'altra ovvietà e cioè il fatto che una valutazione sull'andamento economico di uno specifico paese non può, al giorno d'oggi, limitarsi a considerare gli andamenti, per esempio del PIL, in termini

Variazioni percentuali trimestrali del Pil rispetto all'anno precedente

	IV Trimestre 2016	I Trimestre 2017
Italia	1	0,8
Area Euro 18	1,8	1,7

Fonte: OECD

assoluti. Una tale misura è certamente necessaria e anche in qualche misura significativa, ma occorre porre attenzione alle differenze che permangono fra i paesi. Considerare che se il nostro paese cresce del 3% si tratta certamente di un buon risultato, ma se nello stesso periodo i paesi assunti a riferimento, crescono del 5%, qualche problema si pone. E ancora di più se a fronte di una nostra crescita dello 0,1 % si dovesse constatare una crescita dello 0,5 negli altri paesi, una differenza di valore relativamente ridotta ma percentualmente rilevante. E' illusorio quindi interpretare un aumento dell'1% del PIL come una nostra "uscita dalla crisi" se l'insieme degli altri paesi si muovono su altre percentuali.

Se poi si spinge lo sguardo un po' più in là si notano alcune ulteriori informazioni interessanti: la nostra divergenza nella crescita ha origini, come si è visto, molti decenni fa e mentre sino

Grafico 5. Andamento del PIL pro capite annuo dell'Italia e dei Paesi dell'UE 15 (\$)

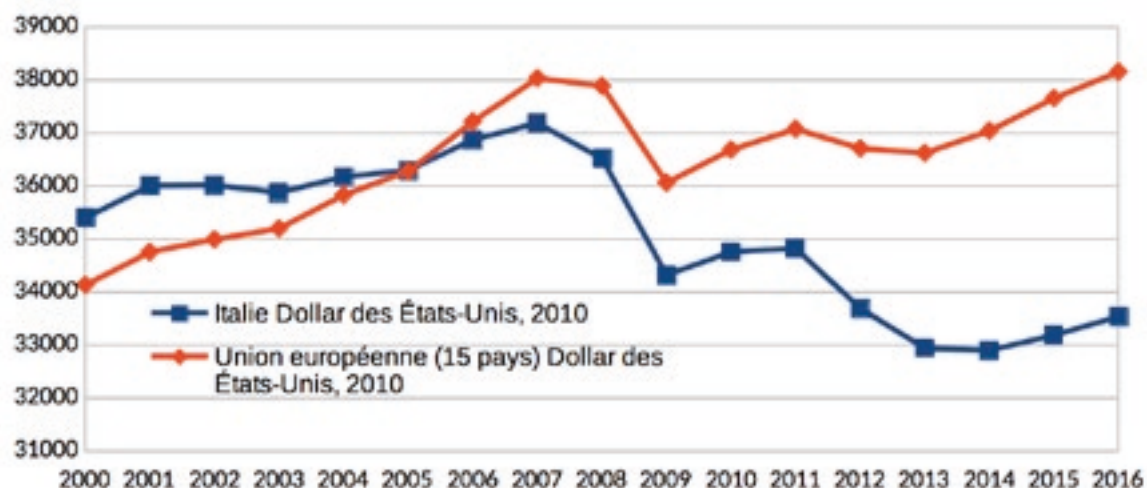
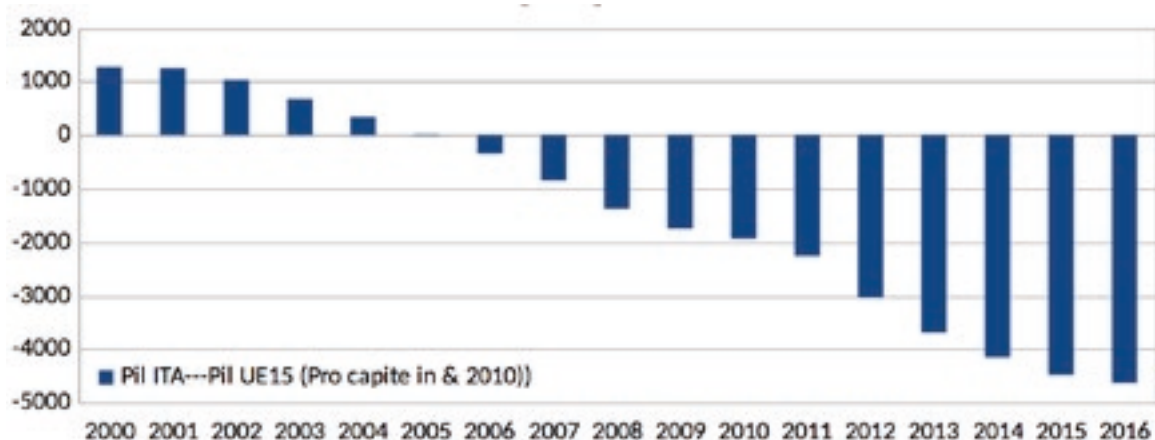


Grafico 6. Differenze del PIL pro capite tra l'Italia e i Paesi dell'UE15



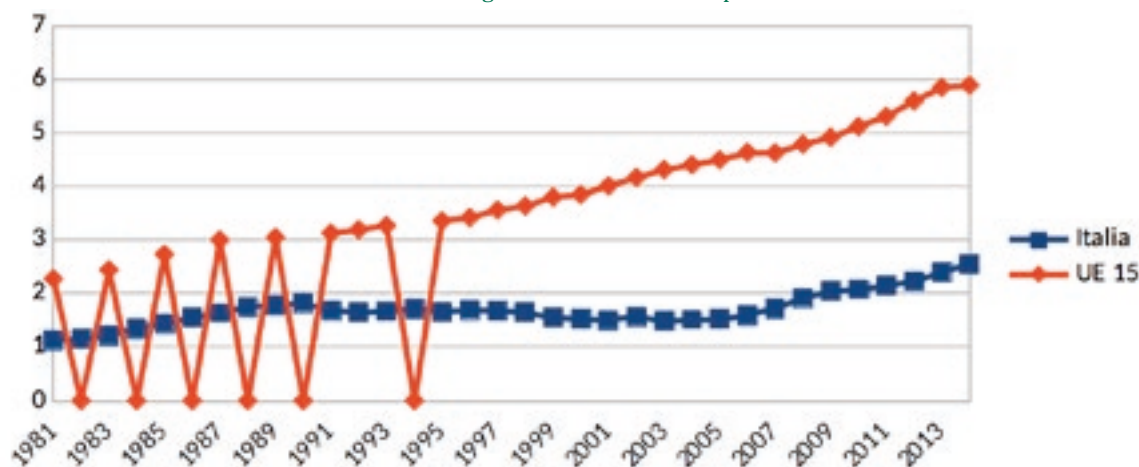
alla metà degli anni '80 l'andamento del nostro paese reggeva ampiamente il confronto con gli andamenti dei paesi UE15, da quegli anni inizia una situazione di inviluppo del nostro sistema economico, e anche quando – intorno al 2009 - la crisi internazionale si attenua e il PIL inizia seppur lentamente a crescere, anche l'Italia è trascinata in positivo ma conservando una divario negativo generale e crescente, in particolare, con i paesi dell'UE15 (grafico 5). Un divario che è arrivato a superare nel 2016 i 4.500 euro all'anno pro capite (grafico 6).

L'omicidio di università e ricerca

Il divario negativo della nostra crescita è un

dato ormai costante, che dimostra l'inefficacia delle terapie seguite finora. In altre parole, se oltre venti anni fa si fosse deciso di intervenire con provvedimenti di politiche di sviluppo scientifico-tecnologico si sarebbero trovati attori pubblici e privati, attualmente ormai inesistenti o squassati dalle politiche condotte nel frattempo. In particolare una forma di omicidio economico è stata condotta nei confronti dell'università e della ricerca pubblica, assunte a rappresentanza di quella spesa pubblica, da ridurre a tutti i costi, mentre avrebbero dovute essere chiamate a sorreggere i limiti e le debolezze del settore privato. Questo settore, infatti, oltre a dedicare risorse di gran lunga inferiori a quelle degli altri paesi, tende nel tempo ad

Grafico 7. Andamento del numero di ricercatori ogni mille addetti nelle imprese manifatturiere. Fonte: OECD



allargare questo divario come risulta anche dal numero di addetti alla ricerca (grafico 7).

Ammesso che la realtà del nostro paese possa incominciare a influenzare anche i vertici di Confindustria, è difficile che questo processo conduca a una inversione di tendenza perché per ora i cambiamenti necessari sono estranei non solo agli interessi ma anche alla cultura di quei vertici come della relativa base. E la concomitante crisi culturale rappresenta ormai una componente della nostra classe dirigente e, quindi, del nostro declino. In questo senso si può pensare a una possibilità di recuperare una situazione così fortemente compromessa, solo reimpostando la dimensione pubblica della politica industriale.

Serve una regia pubblica su ricerca e innovazione

Se un domani un qualche governo volesse affrontare la questione della debolezza strutturale in materia di qualità dello sviluppo del nostro paese, questo dovrebbe mettere in campo non solo una dinamica degli investimenti selezionati e crescenti, ma anche una serie di interventi e strumenti per ora assenti o molto carenti: come la possibilità di selezionare gli investimenti pubblici nel settore dei servizi, delle politiche industriali e del Mezzogiorno. Questo ipotetico governo dovrebbe inoltre avere la capacità di programmare l'innovazione e di valutarne i risvolti occupazionali, economici, ambientali e competitivi. Ma questa capacità comporta l'esistenza di un CIPE-Ricerca e inno-

vazione, di un sistema nazionale dell'innovazione composto da istituzioni scientifiche e tecnologiche che assicurino una presenza operativa estesa nel campo della ricerca fondamentale, dello sviluppo tecnologico ed economico e il cui parere sia vincolante quando s'incontrano scelte progettuali complesse nelle loro logiche sociali. Così come è essenziale arricchire le valutazioni strategiche e la selezione delle alternative con quelle conoscenze delle dimensioni competitive europee e internazionali senza le quali si rischia l'isolamento. Certamente non meno rilevanti dovrebbero essere gli interventi per regolamentare, finalmente, l'economia finanziaria.

Il divario attuale tra questa ipotesi – che potrebbe essere assunta come un ambizioso progetto politico – e la realtà nel nostro Paese non solo è elevatissimo ma è crescente; la comprensione dei problemi più immediati dello sviluppo scientifico-tecnologico, economico, sociale e ambientale deve ancora individuare attori credibili. La concezione liberista corrente e l'entità del nostro debito pubblico offrono una copertura teorica a queste posizioni, ma la debolezza strutturale del sistema delle nostre imprese – al di là dei soliti casi positivi – non può tuttora accettare il rischio di una sostituzione formale e sostanziale delle responsabilità nelle scelte del cosa e del come produrre. La conclusione sta nella realtà del declino di questo paese. Cambiare significherebbe ora abbandonare gli errori del passato e consentire finalmente una strategia pubblica della ricerca dell'innovazione e del connesso sviluppo produttivo.



Sangiovanni

> Mario Sangiovanni, *Italsider*,
Tecnica mista su carta.

La strategia energetica non convince senza un piano dell'innovazione

Pubblicato il 15 ottobre 2017 su "Scienza in rete"

<https://www.scienzainrete.it/articolo/strategia-energetica-non-convince-senza-piano-dellinnovazione/sergio-ferrari/2017-10-15>



Sergio Ferrari

Sergio Ferrari, nato a Cislago (VA), laureato in Chimica industriale, è stato vice Direttore Generale dell'Enea dopo averne diretto il Dipartimento per la Ricerca Intersettoriale Tecnologica e la Direzione Centrale Studi. Membro dal 1996 al 1999 del Comitato Tecnico-Scientifico del Murst e del CIRA. Delegato del Governo italiano dal 1976 al 1984 presso il Comitato per la Ricerca Scientifica e Tecnologica della CEE, ha diretto fino al 2004 la rivista Energia, Ambiente, Innovazione. Ha ideato l'Osservatorio Enea sull'Italia nella competizione tecnologica internazionale. Socio onorario dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere ed Arti di Palermo.

L'elaborazione della nuova Strategia Energetica Nazionale è stata avviata nei mesi iniziali dell'anno in corso con una comunicazione informativa in sede parlamentare e poi con una Nota con la quale il Ministro Calenda e poi anche Galletti, fornivano alcune indicazioni circa gli indirizzi che il Governo intendeva assumere in materia di politica industriale e di politica energetica.

La Nota dei Ministri indicava la presentazione a breve di una bozza relativa "Alla strategia energetica nazionale che disegnerà un percorso per abbassare stabilmente il costo dell'energia, assicurare gli approvvigionamenti e far crescere gli investimenti su efficienza energetica". Bozza che – anche avendo tenuto conto di un ampio processo di consultazioni di soggetti privati e pubblici, condotto dai due Ministri nelle settimane precedenti – veniva pubblicata il 12 giugno come "Documento di consultazione pubblica" con un Invito espresso congiuntamente dai due Ministri il 21 agosto rivolto a tutti i cittadini interessati per avviare un esame ed, entro un mese, elaborare i relativi "commenti, segnalazione e proposte che saranno valutate per la predisposizione del documento finale". Il rilievo della strategia energetica ai fini della qualità

economica, sociale e ambientale dello sviluppo del Paese e la complessità delle questioni micro e macro coinvolte, giustifica più che ampiamente il percorso partecipato indicato dal Governo, pareri che però sono rimasti riservati e, a questo punto, sembra necessario immaginare che tali resteranno.

Volendo riprendere alcuni aspetti critici della strategia governativa già segnalati su Scienza in rete in un precedente articolo, sarà opportuno ricordare che il nostro Paese soffre per motivi storici e naturali di un deficit nella disponibilità diretta di fonti energetiche tradizionali, tale da incidere per alcune decine di miliardi di euro all'anno sulla nostra bilancia commerciale. Questo dato si coniuga con due "circostanze" che concorrono a favorire una modificazione del sistema energetico generale.

La prima "circostanza" si ritrova nel fatto che la produzione di gas serra, che accompagna l'uso dei combustibili convenzionali a base di carbonio, ha raggiunto valori tali da incidere su un aspetto essenziale della vita dell'umanità e cioè sugli andamenti climatici. In definitiva occorre che tutti i paesi si assumano l'impegno di ridurre fortemente l'impiego di questi combustibili. Questo obiettivo, corrisponde a impegni internazionali non rinunciabili. L'attuale posizione anomala, rispetto a queste indicazioni, espressa dall'attuale presidente degli Usa fa parte di una condizione che non cambia la necessità di quegli impegni. Una riduzione dei consumi di combustibili tradizionali e, quindi, delle corrispondenti emissioni, se opportunamente gestita a livello di politica industriale, può corrispondere quindi anche a un vantaggio economico per il nostro Paese.

La seconda circostanza deriva dal fatto che per motivi originariamente del tutto diversi rispetto all'esigenza sopra ricordata, la scienza e la tecnologia hanno messo a punto la produzione di materiali in grado di convertire l'energia solare in energia elettrica. In questo modo, tra l'altro, il costo del kwh non dipende più dal costo del combustibile ma solo dal costo dell'impianto. Da un punto di vista macroeconomico questo vantaggio si realizza solo se l'effetto ambientale si coniuga con una capacità tecnologico-industriale di produrre i corrispondenti impianti. Appare evidente, infatti, che a parità di costo di produzione del kwh, l'effetto sull'economia del Paese è del tutto differente se si

produce la "Macchina" o la si compra da un produttore estero. Nel primo caso non solo si elimina l'esborso che grava sulla bilancia dei pagamenti ma si accresce la quantità di lavoro qualificato interno. Nel secondo caso si aumenta l'esborso estero dovendo far gravare su questa voce di bilancio l'intero costo del kwh e, inoltre, si eliminano i vantaggi derivanti dallo sviluppo tecnologico.

Negli anni passati si è commesso il gravissimo errore di incentivare la produzione del kwh fotovoltaico, indipendentemente dall'origine dell'impianto, con il che si è persa una grande occasione, oltre a gravare la nostra bilancia commerciale di un onere di alcune decine di miliardi di dollari per l'acquisto all'estero di tali impianti. Un'operazione talmente "idiota" da rimanere inspiegata se non ricorrendo ai Poteri Ignoranti descritti nel suo omonimo libro da Paolo Leon. Poiché tuttavia la tecnologia del fotovoltaico non è una tecnologia arrivata alla fine del proprio potenziale innovativo, ma è fortemente connessa a possibili e articolati miglioramenti, la partita non può essere considerata conclusa allo stato attuale.

Su queste questioni la Bozza della SEN presentata dal Governo è fortemente carente e sostanzialmente elusiva.

Peraltro le trasformazioni tecnologiche connesse allo sviluppo delle fonti rinnovabili non si esauriscono nelle tecnologie di produzione dell'energia elettrica, ma trascinano la necessità di altre e numerose nuove tecnologie, da quelle relative all'accumulo e alla conservazione dell'energia, a quelle di trasferimento e delle relative reti, nonché a quelle inerenti lo sviluppo di altre innovazioni energetiche quali l'eolico, le biotecnologie, ecc. Più che di una nuova tecnologia dovrebbe essere evidente come ci si trovi di fronte ad una vera e propria rivoluzione industriale. Affrontare in termini marginali questa rivoluzione significa correre il rischio di portare a casa, nel migliore dei casi, degli effetti altrettanto marginali.

Occorre a questo fine chiarire che nel sistema della ricerca pubblica di questo Paese esistono le conoscenze scientifiche e tecnologiche necessarie per evitare conclusioni del genere e che solo in questa direzione si potranno ottenere i conseguenti vantaggi in termini di costi dell'energia calcolati anche per le dimensioni micro-economiche del mercato. In questa logica

è opportuno inoltre ricordare, seppur solo con un breve cenno, come le tecnologie che stanno alla base dei materiali fotovoltaici hanno potenzialità di sviluppo e di applicazione che vanno ben al di là dei sistemi di produzione dell'energia elettrica. In conclusione sembra evidente come occorra mettere in campo una politica che dovrà tradurre una concezione macroeconomica e di stampo post-keynesiano attraverso una selezionata capacità di investimenti pubblici e privati anche per la realizzazione del sistema delle infrastrutture connesse. Occorre, a questo punto, indicare che il secondo obiettivo indicato dai Ministri – assicurare gli approvvigionamenti – è raggiunto, ancorché parzialmente, anche con le politiche prospettate per ridurre il costo dell'energia. Se s'intende andare oltre e cioè ridurre ulteriormente l'entità degli approvvigionamenti, la questione assume dimensioni politiche di grande complessità dal momento che si evidenzia una carenza politica e strutturale, non certo solo del nostro Paese, ma da parte di tutti, compresi i grandi paesi. La questione rimasta per ora in qualche misura nell'ombra, potrebbe essere sintetizzata così: dal momento che si riconosce la necessità di una forte riduzione dei consumi di fonti energetiche convenzionali e dal momento che ci sono interi paesi e aree geopolitiche che ne dovrebbero sopportare gran parte delle conseguenze, è immaginabile una operazione del genere senza affrontare i problemi conseguenti? Non meno complessa sarebbe la situazione se ci si ponesse quell'obiettivo avendo in mente solo alcuni selezionati paesi. Anche questo caso troverebbe in un dibattito limitato del nostro interno, forse la sede formale, ma non certo quella sostanziale di elaborazione e di gestione. Resta, tra i fini della politica energetica indicati dai Ministri, il tema dell'efficienza energetica. In questo caso si potrebbe trattare di un vero filone d'innovazione tecnologica, in qualche misura orizzontale rispetto alle classificazioni merceologiche correnti. Uno scenario di queste dimensioni richiederebbe un altrettanto

ampio Sistema dell'Innovazione Nazionale. Una questione che esula dalle questioni sollevate dal Documento sulle politiche energetiche, ma certamente connessa con la definizione di una politica industriale moderna. È evidente, infatti, che con l'accentuarsi in termini orizzontali e verticali di tali obiettivi di uso razionale dell'energia, entra in gioco la competitività d'impresa, quella di interi settori produttivi e, in definitiva, dell'intero paese. Al momento è solo necessario ricordare che questa complessità non può essere abbandonata alle scelte del mercato, come sembra suggerire la bozza attuale della SEN. Insomma, come emerge anche da altri contributi pubblicati qui negli scorsi mesi – come la lettera aperta "Piano energetico: si può fare di più" – il Paese non dispone di una politica tecnologica e questa debolezza sta alla base della specializzazione produttiva e della struttura dimensionale del nostro sistema industriale. In questo quadro l'intervento pubblico in un settore complesso e strategico come quello dell'energia deve provvedere a correggere non solo i propri limiti in materia di ricerca e sviluppo, ma a correggere gli errori previsionali basati esclusivamente sulla domanda e, come tali, irrealizzabili. In questa direzione la priorità è ovviamente quella di modificare la cultura del libero mercato che nello specifico del settore energetico nazionale è del tutto irrealistica.

Pertanto il Paese è ormai entrato in una fase politica preelettorale molto complessa ed è molto difficile che in queste condizioni si presenti l'occasione, a meno di sollecitazioni di interessi particolari, per una approvazione in Parlamento di un provvedimento – tuttora da considerare una Bozza – quale quello proposto dai due Ministri. Sarebbe molto più intelligente, in definitiva, proseguire nel lavoro di analisi e di elaborazione mettendo in opera nel frattempo quegli interventi in materia di Sistema Nazionale dell'Innovazione ai quali sarà comunque necessario ricorrere.



> Mario Sangiovanni, *Agave*,
tempera su tavola.

Sangiovanni

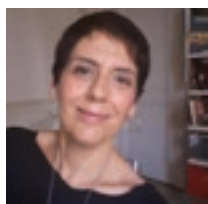
La ricerca dimenticata

Pubblicata con questo titolo sul sito dell'"Associazione Labour" il 9 febbraio 2022.

Apparso prima sul sito "articolo 33" il 7 febbraio 2022, con il titolo:

La lunga crisi dell'economia italiana e la ricerca dimenticata

<https://www.articolotrentatre.it/articoli/ricerca/ricerca-bene-comune/lunga-crisi-economia-italiana-ricerca-dimenticata>



**Daniela
Palma**

È Dirigente di Ricerca presso l'ENEA (Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile) nelle aree dell'economia dell'innovazione e dello sviluppo e della sostenibilità ambientale ed economica.

È stata visiting research fellow presso la University of California at Santa Barbara e ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Analisi Economica Matematica e Statistica dei Fenomeni Sociali all'Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Socia dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere e Arti di Palermo.

daniela.palma@enea.it

Tutt'altro che nuova alle attenzioni degli osservatori esteri, l'Italia è tornata recentemente a suscitare interesse per la sua positiva capacità di reazione alla crisi pandemica. Impossibile non ricordare gli elogi dispensati sul finire del 2021 dal settimanale "The Economist", che l'ha consacrata "Paese dell'anno" non solo in ragione dei maggiori miglioramenti conseguiti in termini di qualità del governo e di gestione della pandemia, ma anche per aver dato prova di un più rapido avvio di ripresa del Pil. Con l'avvento del nuovo anno, tuttavia, un'analisi del quadro economico dei 23 paesi più "ricchi" dell'area Ocse da parte del medesimo settimanale, comprendente oltre al Pil anche altri indicatori significativi sullo stato di salute dell'economia, ha mostrato come in realtà il nostro paese sia ancora ben lontano dal poter cantare vittoria. L'Economist sottolinea come la pandemia "abbia creato vincitori e vinti" e l'Italia ricada tra i "worst performers", avendo recuperato solo parzialmente le perdite subite sul fronte del reddito (complessivo e riferito alle

famiglie), in un contesto nel quale il tasso di disoccupazione è molto più alto della media Ocse (9,2% contro 5,7%). Rispetto ai “blocchi di partenza” dell’inizio pandemia il Pil italiano – prosegue l’Economist – registra uno scostamento del -1,3%, contro i più ridotti scarti di Germania e Francia (rispettivamente -1,1% e -0,1%); differenze per la verità non preoccupanti se non fosse che il dato di confronto del 2019 corrisponde per l’Italia a un valore del 4% inferiore al livello del Pil precedente l’arrivo della crisi finanziaria internazionale del 2008.

Al di là di qualunque valutazione più o meno benevola, è dunque un fatto che l’economia italiana non ha ancora saldato i suoi conti con il passato. All’arrivo della crisi Covid l’Italia è l’unico paese dell’Eurozona (ad eccezione della Grecia) a non aver risalito completamente la china della trascorsa recessione. E andando a ritroso appare chiaramente come le sue difficoltà di crescita vengano da molto più lontano. Nel 2005 lo stesso Economist l’aveva presentata come “The real sick man of Europe” (Il vero malato d’Europa), zoppicante e ormai avviata sul sentiero del tramonto. Un’uscita che non doveva suonare inaspettata, visto che proprio allora iniziava ad animarsi fra gli economisti il dibattito sul “declino” del paese; questione tanto più discussa dopo il 2008 quanto più risultava evidente che i contraccolpi della crisi erano stati tra i più duri e che il terreno perso veniva riguadagnato molto più lentamente. Quella dell’Italia appariva sempre più una “crisi nella crisi” della quale veniva colta la natura essenzialmente strutturale, collegata soprattutto al persistere di una debole capacità di innovazione del suo sistema produttivo a causa della scarsa presenza di imprese nei settori tecnologicamente più avanzati. Questi ultimi divenuti sempre più cruciali per lo sviluppo mondiale via via che il rapido incremento delle conoscenze scientifiche innovava radicalmente gli assetti della produzione industriale grazie a un’attività di ricerca sempre più sistematica e condotta su larga scala. Ciò che però sembra aver per lo più improntato l’industrializzazione italiana è l’idea che fosse percorribile la via di uno “sviluppo senza ricerca”, che è finita con il diventare la “bussola” alla quale sono state affidate le sorti dell’economia del paese. Emblematico in tal senso è stato il frequente ricorso alla metafora del “volo del calabrone”, una leggenda

rivenduta spesso come “verità scientifica”, secondo la quale il tozzo insetto riuscirebbe a volare sfidando le leggi della fisica. Esattamente come l’Italia che, priva di risorse naturali e relativamente povera di industrie avanzate, contro ogni aspettativa avrebbe tessuto una storia fitta di successi, divenendo una delle maggiori economie mondiali. Nella realtà, tuttavia, e senza nulla togliere alla forza di un’ascesa che dalla seconda metà del secolo scorso ha sostenuto il decollo economico del paese, i sintomi di una fragilità del percorso di sviluppo intrapreso si sono fatti sempre più numerosi e frequenti. I limiti erano quelli di un’economia che, completata la prima fase della modernizzazione in coda ai paesi più industrializzati, non poteva sfruttare oltre la spinta propulsiva tipica del “paese inseguitore”, importando o adattando secondo modalità più o meno creative le tecnologie prodotte altrove e frutto di una continua e crescente attività di ricerca scientifica. Non importa pertanto rilevare “solo” quanto a investimenti in ricerca (fermi ad appena 1,5% del Pil) e relativamente alla capacità di presidiare i mercati dei beni ad elevato contenuto tecnologico l’Italia si trovi oggi a gravitare verso la periferia dei maggiori paesi industrializzati e con ormai l’incombente presenza di quelli “di nuova generazione” (Cina in testa) che pure stanno divenendo protagonisti nello sviluppo di nuove tecnologie. È importante piuttosto capire fino in fondo cosa sia “andato storto”, capire come mai il divario tecnologico con il resto del mondo sviluppato non solo non si sia ridotto, ma abbia seguito ad ampliarsi. E su questo versante è importante cogliere i tratti fondamentali della dinamica storica che ha caratterizzato la spesa in ricerca in rapporto al processo di industrializzazione. Così facendo, si osserva infatti che il paese non aveva fin dal principio rinunciato a progettare un “salto di qualità” del suo sviluppo, ma si trovava impegnato a promuovere un forte aumento dell’investimento in ricerca con grande attenzione per quella di base (indispensabile ad alimentare la produzione di nuove conoscenze), prefigurando un’espansione dell’industria nei settori chiave delle tecnologie di frontiera. Ma, già dalla prima metà degli anni Sessanta, il fallimento di un’illuminata “programmazione economica”, che sarebbe dovuta diventare fulcro di politiche di intervento volte ad incidere sulla struttura del sistema produttivo, lasciava

che emergessero i primi deragliamenti di una “corsa al benessere” prorompente e che necessitava al più presto di un altro registro. Aumenti dei salari che superavano quelli della produttività, generavano incrementi significativi dei costi unitari del lavoro e comprimevano i profitti, con effetti negativi sugli investimenti. In assenza di miglioramenti della produttività derivanti dallo sviluppo di settori avanzati, la via breve alla competitività non poteva che essere quella di calmierare le retribuzioni, riorganizzando l’occupazione anche attraverso operazioni di decentramento produttivo e di precarizzazione della forza lavoro e, non ultimo, facendo ricorso alla svalutazione del cambio. Un meccanismo in seguito solo parzialmente corretto mettendo in campo una capacità di innovazione del tutto inedita che faceva perno sulle conoscenze “non formalizzate” di “distretti industriali” incardinati in un fitto tessuto territoriale di piccole-medie imprese, e destinati a trainare per molto tempo il comparto manifatturiero, ma che sempre meno sarebbero stati attrezzati a fronteggiare gli esiti degli ulteriori avanzamenti tecnologici connessi alla rivoluzione dell’elettronica e dell’informatica. L’Italia che si affaccia agli anni Novanta, che si confronta con uno scenario di piena globalizzazione produttiva attraversato dai veloci ritmi del cambiamento tecnologico, e con mercati nei quali cresce vertiginosamente il peso delle produzioni high-tech, da più di un ventennio ha già di fatto realizzato una sorta di “fuga dalla ricerca”, segnata da un sempre minor protagonismo delle imprese (operanti in prevalenza in settori tradizionali) e da una ritirata del settore pubblico che si è tradotta anche in minori finanziamenti per la ricerca di base. Nel frattempo il Pil cresceva già a tassi inferiori a quelli dei principali paesi industriali, collocandosi su una traiettoria declinante. La crisi valutaria subentrata nel 1992 e la necessità di ristrutturare le finanze pubbliche per predisporre il paese all’entrata nell’euro, completavano il quadro. Le spese in ricerca (tanto sul fronte delle imprese quanto su quello dello Stato) non sono esenti da ripercussioni e si contraggono drammaticamente, raggiungendo in quel decennio i loro minimi storici. Tale arretramento, di per sé negativo, risulta addirittura letale non appena se ne considerino gli effetti a lungo termine: una

debole capacità del sistema industriale non solo di produrre innovazione, ma anche di utilizzarla, rendendo sempre meno rilevante la spesa pubblica in ricerca (che viene ulteriormente ridotta) e l’offerta di “capitale umano” altamente qualificato (che tende via via a diminuire o a infoltire le fila dei cosiddetti “cervelli in fuga”). Un circolo vizioso che ancora oggi sta pregiudicando la possibilità di dare il giusto impulso agli investimenti in ricerca (a cominciare da quelli pubblici) e alla nascita di filiere produttive a più elevata intensità tecnologica, facendo sì che il paese continui a giocare (infruttuosamente) la propria competitività sulla riduzione del costo del lavoro, con riflessi molto pesanti anche sulla componente interna della domanda.

In una recente intervista, il Nobel per la fisica Giorgio Parisi ha sostenuto come il positivo apporto di finanziamenti provenienti dall’Europa attraverso il programma di rilancio post-Covid “Next Generation EU” debba essere certamente salutato con soddisfazione, ma debba soprattutto risuonare come stimolo affinché l’Italia torni realmente a destinare risorse più consistenti e stabili all’attività di ricerca, a cominciare da quella di base. Il richiamo di Parisi coglie effettivamente un punto nodale. La storia della “fuga dalla ricerca” dell’Italia è infatti una vicenda che si contraddistingue anche per l’ampia variabilità delle cifre destinate alla spesa in ricerca e per la residualità con cui spesso queste sono state contestualizzate nelle politiche di bilancio. Ciò significa che l’investimento in ricerca ha perso da tempo anche il suo valore strategico e che, nel momento in cui si riconosce la necessità di tornare a investire, è necessario farlo avendo presente che esso deve diventare un pilastro della politica economica, della quale una politica industriale finalizzata al potenziamento dei settori tecnologicamente avanzati – che nell’attività di ricerca hanno il loro fondamento – diventi parte integrante. Una prospettiva, questa, che troverebbe riscontro anche nell’ambito di un rinnovato contesto europeo nel quale si sta valutando la possibilità di valorizzare il ruolo di quegli investimenti pubblici giudicati più rilevanti per il loro impatto strutturale sullo sviluppo economico, con crescente considerazione per gli interventi orientati all’innovazione dei sistemi produttivi.



> Mario Sangiovanni, *Natura morta*, olio su tavola.



II

Articoli

In questa seconda Sezione sono presenti articoli (i quali, come già preannunciato, possono essere molto differenti e variare da considerazioni di tipo storico ed epistemologico a veri e propri saggi scientifici) che tendono a mettere in risalto caratteristiche specifiche che, per varie ragioni, non sono sempre state evidenziate a sufficienza.

In questo numero, Giuseppe Mettere discute il problema del rapporto tra età e creatività, approfondendolo in modo rigoroso e mostrando la discutibilità di alcuni luoghi comuni. Antonio Di Nola e Maria Salvato sostengono, in brevi ma dense pagine, la tesi che uno scambio interdisciplinare "sia possibile solo tramite una rappresentazione formale della conoscenza" basata su opportune estensioni della logica a due valori. Una tesi specifica e impegnativa. L'IA è, quindi, vista qui come ambito ed esempio di interazione di diversi contesti conoscitivi. Francesco La Teana presenta in modo problematico il tema di come debba intendersi la questione della neutralità o meno della scienza, mostrando come quelli che decenni fa erano elementi di uno scontro, siano stati riassorbiti come aspetti ineludibili di un dibattito in cui il confronto può fruttuosamente avvenire, oggi, su altre caratteristiche. Clara Frontali si addentra in un luogo cruciale ma ancora non completamente esplorato, che è quello del rapporto tra discipline scientifiche diverse, discutendo il problema dell'autonomia della biologia. Analizzando e mettendo a confronto le posizioni di Mario Ageno e di Ernst Mayr ci offre anche un esempio di quanto possa essere utile cercare di integrare in un unico quadro concettuale aspetti diversi che emergono dall'indagine scientifica ma senza cercare di *imporre* richieste estremamente vincolanti.



> Mario Sangiovanni,
Pozzuoli, olio su tavola.

C'è un'età per la scienza?

*Viaggio alla scoperta
del rapporto
tra attività di ricerca e
invecchiamento*



**Giuseppe
Metere**

classe 1970, si è laureato in matematica nel 2003 all'Università Statale di Milano, dove ha conseguito il dottorato di ricerca nel 2008. Attualmente è professore associato presso il Dipartimento di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione e l'Ambiente dell'Università degli Studi di Milano. La sua attività di ricerca riguarda principalmente la teoria delle categorie e l'algebra astratta, tuttavia si interessa anche alla divulgazione della cultura matematica e scientifica in generale. Socio dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere e Arti di Palermo.

giuseppe.metere@unimi.it

La demografia è una disciplina affascinante. Studiare le dinamiche di crescita e migrazione delle popolazioni umane non è solo interessante per sé: fornisce anche la prospettiva inebriante di una vista a volo d'uccello sulle vicende individuali. Osservate dall'alto, infatti, le nostre scelte e i nostri comportamenti acquisiscono un senso complessivo.

Da ragazzo, nei primi anni '80 del secolo scorso, questi pensieri mi tenevano impegnato nei caldi pomeriggi d'estate, complici forse i libri di fantascienza che divoravo quando ero al mare. Mi appassionava la psicostoria, scienza immaginaria ipotizzata da Isaac Asimov nel suo celebre ciclo "Foundation", dove la matematica è la base per uno studio predittivo dell'evoluzione della società umana.

La parola "demografia" deve la sua etimologia al greco antico: δῆμος (demos), popolo, e γραφία (grafia), scrittura. A essa possono essere attribuiti significati con diverse sfumature: è lo "studio delle popolazioni umane da un punto di vista quantitativo", ma il termine può essere utilizzato anche in qualità di attributo. Ad esempio, con "demografia di un territorio" si può intendere il numero e le caratteristiche degli abitanti di quel territorio.

Inteso in questo senso, il cambiamento demografico è probabilmente una delle sfide più importanti che il vecchio continente, e più in generale tutta l'umanità, dovrà affrontare nei prossimi 40-50 anni. Consideriamo il numero totale di esseri umani che abitano il pianeta. Eravamo circa tre miliardi nel 1960, 3 miliardi e 700 milioni nel 1970, quasi 4 miliardi e mezzo nel 1980 e così via, fino ad arrivare agli 8 miliar-

di calcolati per il 2021. Questa crescita esponenziale risponde alle ben note leggi sulle dinamiche delle popolazioni, ma giacché viviamo un sistema chiuso a risorse limitate (almeno fino a quando non decideremo di fondare delle colonie extra-terrestri!), dobbiamo necessariamente fare i conti con la diminuzione della disponibilità delle risorse all'aumentare della popolazione. Ciò rappresenta un problema, perché se da un lato garantisce che a un certo punto la popolazione mondiale potrebbe stabilizzarsi, dall'altro, questo potrebbe avvenire al prezzo di catastrofi umanitarie, quali carestie, migrazioni epocali, guerre, e così via.

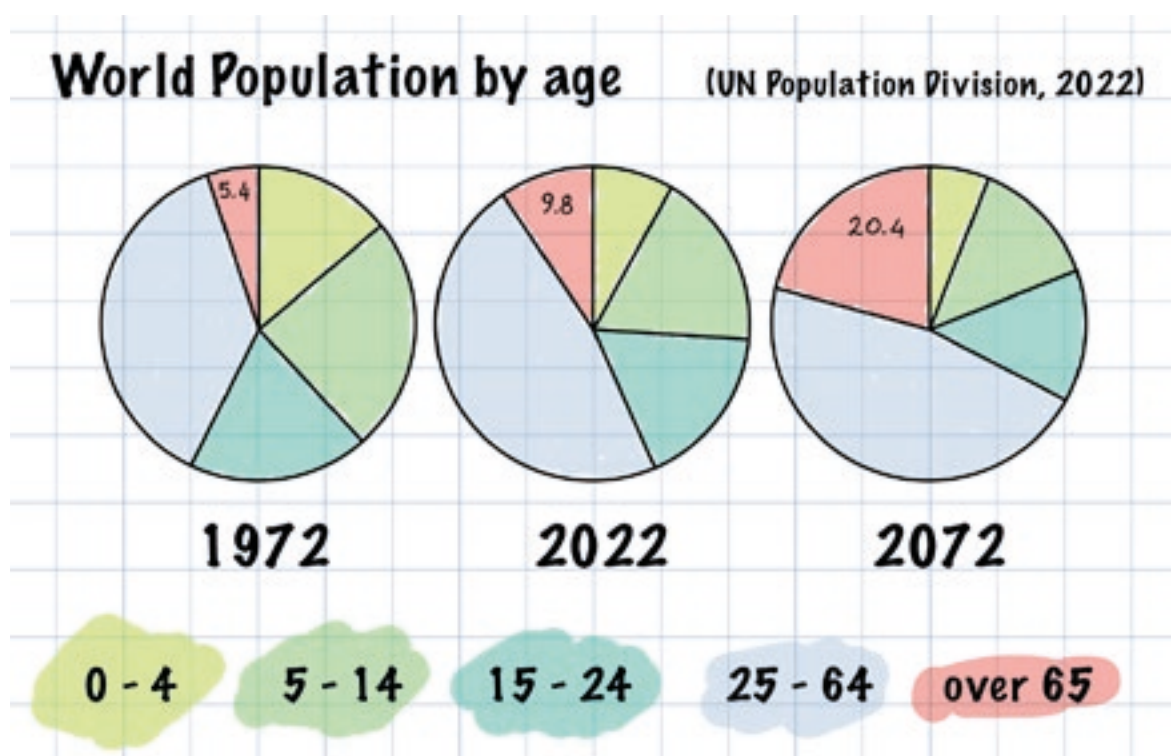
Ma il cambiamento demografico non è solo questo, e l'aumento generale della popolazione potrebbe mascherare o nascondere gli altri cambiamenti in atto. Per esempio, si sente spesso dire che noi europei, stiamo invecchiando. Ci chiediamo cosa ciò voglia dire esattamente e se questo invecchiamento riguardi solo il nostro continente. Per rispondere, dobbiamo approfondire alcuni concetti. La scienza demografica utilizza diversi parametri per descrivere i fenomeni che stiamo trattando. Uno di essi è la cosiddetta speranza di vita alla nascita (LEB, Life Expectancy at Birth), cioè il numero di anni che un neonato si aspetta mediamente di vivere se nasce in un determinato territorio. È un parametro da interpretare con attenzione, perché si tratta appunto di un valore medio, e quindi non dà necessariamente delle informazioni sulla longevità dei singoli individui. Ad esempio,

se la mortalità infantile di un certo territorio è particolarmente elevata, a un alto valore della LEB potrebbe non corrispondere una longevità particolarmente elevata. Tuttavia, è un fatto che la speranza di vita a livello globale sia aumentata dello 0,25% all'anno (in media) negli ultimi due secoli [Roser et al., 2013].

A fronte di una generale diminuzione della mortalità infantile, la longevità media sta effettivamente aumentando. Analizzando l'evoluzione della distribuzione per età nella popolazione mondiale, ci possiamo rendere immediatamente conto di quanto stiamo affermando.

Se nel 1972 solo il 5,4% delle persone superava i 65 anni, nel 2022 questo valore è salito al 9,8%. È un incremento importante, che il dato percentuale potrebbe mistificare. Infatti, in termini assoluti gli over 65 sono quasi quadruplicati in questi 50 anni, ed è preoccupante pensare che, in base ad alcune proiezioni elaborate dalla UN Population Division [WPP 2022], la percentuale degli over 65 salirà a oltre il 20% nei prossimi cinquant'anni. A conferma di tutto ciò, riportiamo il fatto che nel 2019, per la prima volta, il numero delle persone con più di 65 anni di età ha superato il numero dei bambini con meno di 5 anni. Infatti, contrariamente a quello che si pensa comunemente, l'invecchiamento della popolazione è un fenomeno globale, e pur declinandosi in modo differente nei diversi paesi del mondo e investendo maggiormente alcuni di essi, riguarda proprio tutti.

In sintesi, il futuro che si sta delineando è



quello di una società composta da un numero sempre maggiore di persone anziane. Diventa quindi cruciale una riflessione a tutto campo con l'obiettivo di rendere la maggiore longevità conquistata sempre più sostenibile, o meglio ancora, una risorsa.

Nelle pagine che seguono, ci occuperemo di un tema specifico, ovvero del rapporto tra invecchiamento e attività di ricerca, nelle diverse comunità accademiche, per le diverse discipline, con riferimento alla produzione scientifica e culturale in genere. Svilupperemo la nostra riflessione a partire dalla tensione tra la figura del giovane studioso, brillante e affamato di conoscenza, e quella dello scienziato maturo e di provata esperienza, che alla semplice conoscenza può aggiungere anche la sua saggezza.

Il paradigma del Vecchio Saggio

Nell'iconografia contemporanea, la figura dello scienziato è spesso identificata con quella di un uomo anziano, trasandato e talvolta bizzarro. Se porta la barba, essa è senz'altro bianca, i capelli sono lunghi e arruffati, oppure pochissimi. È l'evoluzione del mago Merlino, il Myrdin delle saghe celtiche, il Gandalf di tolkeniana memoria, che diventa il Doc di Ritorno al Futuro, o l'Archimede Pitagorico dei fumetti Disney. È insomma l'Albert Einstein, che mostra la lingua all'incredulo fotografo Arthur Sasse il 14 marzo del 1951.

Possiamo ritrovare l'associazione tra senilità e saggezza in diverse civiltà antiche. Non a caso, Carl Gustav Jung pone quello del Vecchio Saggio tra i principali archetipi dell'essere umano. Questa connotazione è così marcata da rendere difficile pensare alla saggezza come a una qualità che possa essere attribuita a un giovane umano, essendo ancora poca l'esperienza che questi può aver accumulato. Il Saggio, dal francese sage, e ancora prima dal latino più antico sàpidus, è il sapiente, quello che ha già assaggiato la vita, e ora ne conosce il sapore.

Lo stretto legame tra saggezza e esperienza si può ricondurre ad alcune caratteristiche delle civiltà antiche. In passato, infatti, la società era più statica di quella contemporanea, e la sua evoluzione era più lenta. Per questo motivo,

gli anziani dei popoli primitivi detenevano un bagaglio di conoscenze acquisite con la propria esperienza fondamentali da trasmettere al resto della tribù. Gli anziani, prima dell'avvento della scrittura, erano i libri con il maggior numero di pagine, e il fatto che la società evolvesse più lentamente allora di quanto faccia oggi, faceva sì che sfogliare quelle pagine fosse molto utile per i più giovani.

Un altro motivo per associare la saggezza all'invecchiamento è che nel mondo antico gli anziani erano pochi, e se un individuo fosse riuscito ad arrivare a una certa età, allora sarebbe valsa la pena seguire i suoi insegnamenti. A questo proposito, è d'uopo chiarire un malinteso ricorrente che riguarda la longevità dei nostri antenati – e di nuovo ci troviamo a parlare di speranza di vita e longevità. Se la donna e l'uomo preistorici avevano una speranza di vita compresa grosso modo tra i 20 e i 30 anni, questa era la speranza di vita alla nascita, a fronte di una incidenza drammatica della mortalità infantile. La bambina e il bambino preistorici (nel paleolitico) difficilmente riuscivano a raggiungere i 15 anni di età, tuttavia, per chi ci riusciva, la speranza di vita saliva a ben 54 anni [Kaplan et al. 2000]. Certamente ancora lontani dai 72-73 anni che rappresentano la speranza di vita media alla nascita a livello globale oggi, ma nient'affatto male per quel periodo. C'è di più. La speranza di vita rappresenta un valore medio, per cui, a fronte dei 54 anni stimati, c'erano anche nel paleolitico degli umani longevi, forse anche degli ottantenni. Infatti, avere la possibilità di invecchiare era più una questione di salute che altro. Allora come ora, era un fatto legato alle condizioni materiali di vita e, indirettamente, al proprio ruolo sociale. Non possiamo esserne sicuri, perché non abbiamo fonti scritte di quel periodo, ma lo possiamo inferire, ad esempio, dal fatto che la nostra biologia non sia molto cambiata da allora.

Per aggrapparci più saldamente a delle fonti propriamente storiche e cercare conferma delle nostre supposizioni, possiamo osservare come la Grecia antica, classica e ellenistica, ci regali un ricco pantheon di vecchi saggi la cui longevità non teme il confronto neanche con i valori attuali.

Uno degli uomini più longevi di cui si abbia traccia è il filosofo e poeta Senofane di Colofone. Su di lui non si hanno molte informazioni,

poiché della maggior parte dei suoi scritti non restano che pochi frammenti. Si sa che è nato, appunto, a Colofone nel 570 a.C., e che è morto 92 anni dopo, nel 478 a.C.

Un altro celebre novantenne è stato Ippocrate di Coo, nato nel 460 a.C., per morire a (circa) 90 anni¹ a Larissa, intorno al 370 a.C. Chissà se la sua longevità ha contribuito anche alla sua reputazione: come padre della moderna medicina, non avrebbe reso un buon servizio a questa disciplina se si fosse ammalato e fosse morto da giovane.

Del matematico Pitagora da Samo non si hanno notizie precise sull'anno della nascita, collocata approssimativamente fra il 570 e il 580 a.C., mentre conosciamo più dettagli della sua triste fine. Secondo alcuni commentatori suoi contemporanei, in seguito alle rivolte che portarono a incendiare la casa dove si riunivano i membri della setta da lui fondata, egli riuscì a fuggire e si rifugiò a Metaponto, dove morì nel 495 a.C. circa, a un'età compresa tra i 75 e gli 85 anni.

Seguono nella classifica Platone che morì a 80 anni (428 a.C. - 348 a.C.), Talete di Mileto che morì a 76 anni (624 a.C. - 548 a.C.), Archimede di Siracusa a 75 (287 a.C. - 212 a.C.) e il povero Socrate a 71 anni (470 a.C. - 399 a.C.). Si noti che gli ultimi due della lista avrebbero potuto vivere sicuramente più a lungo, se solo non fossero stati assassinati.

Le biografie degli antichi greci non forniscono sempre informazioni univoche, nel senso che non sempre le fonti concordano al 100%, ma l'ordine di grandezza è un dato notevole, e ci permette di affermare che già oltre 2500 anni fa

si poteva vivere fino a 90 anni, soprattutto se di mestiere si faceva il filosofo.

Anche se la nostra lista non ha alcun valore statistico, è difficile non associare la longevità di questi individui alla loro condizione sociale, che gli permetteva di vivere una vita agiata e di usufruire di un certo benessere. Non ci aspetteremmo gli stessi numeri andando a esaminare la longevità di altre categorie di individui, impegnati in attività fisiche logoranti, come per esempio i marinai, i contadini e gli schiavi, o altri sottoposti a rischi continui connessi al loro mestiere, come ad esempio i soldati. Infine, un dato rilevante può essere stato il fatto che questi popoli si sviluppavano lungo le coste del mediterraneo, da sempre considerato un luogo salubre e temperato.

Sebbene il mito del Vecchio Saggio sia ancora presente, al giorno d'oggi il processo di invecchiamento è spesso associato a una sorta di stigma sociale, e lo stesso si può dire dei cambiamenti fisici che esso comporta. Contrariamente a quanto accadeva per le antiche civiltà, gli ultimi 150 anni hanno visto una crescente accelerazione delle dinamiche trasformative e innovative della società, e, oggi, il bagaglio di esperienze accumulato da chi ha visto molte primavere può sembrare inadeguato per interpretare e dominare il cambiamento. In altre parole, all'anziano visto come autorevole figura di riferimento, rischiamo di sostituire quella del boomer che fatica a stare dietro al nuovo che avanza. Di conseguenza, si registra una tendenza a mascherare l'età anagrafica, cercando di apparire più giovani di quello che si è, seguendo le mode e le tendenze delle giovani generazioni,



se non addirittura intervenendo chirurgicamente sul proprio aspetto fisico per rimuovere i segni dell'invecchiamento. Tutto ciò, ovviamente, non può che produrre un disallineamento tra la realtà attuale e la rappresentazione che ne facciamo.

A tutti sarà capitato di osservare come, nelle vecchie fotografie, i nostri nonni appaiano più vecchi di quanto sembriamo noi alla medesima età. Un esempio eclatante chiarisce questo punto. L'attore statunitense Brad Pitt è tuttora un sex-symbol per molte e per molti. Il signor Pitt ha oggi circa sessant'anni, corrispondente alla speranza di vita in Europa negli anni '50 del secolo scorso. Prendiamo una foto di Brad Pitt, di quelle pubblicate sulle copertine dei giornali di tendenza, e confrontiamola un'immagine di un'altra celebrità, di tendenza nei primi anni del 1500, Leonardo da Vinci. Un autoritratto iconico di Leonardo è certamente il disegno a matita sanguigna su carta, conservato presso la Biblioteca Reale di Torino (1510-1515 ca.), che lo rappresenta come un anziano signore calvo con una lunga barba bianca. Chi potrebbe mai dire che queste due star sono raffigurate più o meno alla stessa età? – Leonardo è nato nel 1452.

La scienza? Un gioco da ragazzi!

Sono diverse le attività umane che mostrano una correlazione tra prestazioni ed età anagrafica. Ad esempio, è ben noto che in certe pratiche sportive, si raggiungano i risultati migliori mediamente a età differenti, a seconda dalla disciplina. Ci sono ginnaste che hanno l'apice della loro carriera a 18 anni, mentre nell'atletica leggera a quell'età spesso si comincia soltanto a essere competitivi.

Una domanda a cui ci piacerebbe trovare risposta è se anche gli scienziati, o più in generale gli studiosi, mostrino un'età tipica in cui la propria attività raggiunge i livelli più elevati. Gli scienziati stessi se lo sono chiesti, e hanno prodotto studi che mettono in relazione l'attività di ricerca con fattori quali: il genere, la disciplina studiata, il contesto sociale, la nazione in cui si sviluppa la ricerca, e, non ultima, l'età. Osserviamo come la nostra non sia una semplice curiosità, ma una questione rilevante e attuale. Per fare un esempio concreto, questi studi possono

giustificare dei criteri legati all'età per determinare in che modo vengono distribuite le risorse ai ricercatori, oppure contribuire a determinare l'età più conveniente per gli studiosi alla quale sia opportuno ritirarsi.

Ci si può chiedere se oggi lo scienziato di successo possa essere ancora identificato con il vecchio saggio, o se, malgrado questa rappresentazione persista nella narrazione dei media, il brillante studioso sia tipicamente più giovane, o forse addirittura giovanissimo: il genio precoce, il bambino prodigo. D'altronde, tra le caratteristiche di chi si occupa di ricerca, possiamo sicuramente individuare la creatività e la curiosità, due attributi che spesso vengono riferiti ai giovani, più che agli anziani.

Curiosando nella recente storia della scienza, troviamo un giovane Isaac Newton (1642 - 1727), che a soli 24 anni inizia il suo lavoro sulla teoria della gravitazione universale, uno dei punti di svolta fondamentali della storia della fisica. Qualche anno più tardi, un altro giovane fisico, Albert Einstein (1879 - 1955), all'età di soli 26 anni elabora la sua rivoluzionaria Teoria della Relatività. Anzi, a dirla tutta, nello stesso anno, 1905, Einstein pubblica nell'ordine: il famoso lavoro sull'effetto fotoelettrico, che gli varrà il Premio Nobel nel 1921, la tesi di dottorato e due memorie che, tra le altre cose, contengono la già citata Teoria della Relatività Ristretta, con la celeberrima formula $E = mc^2$.

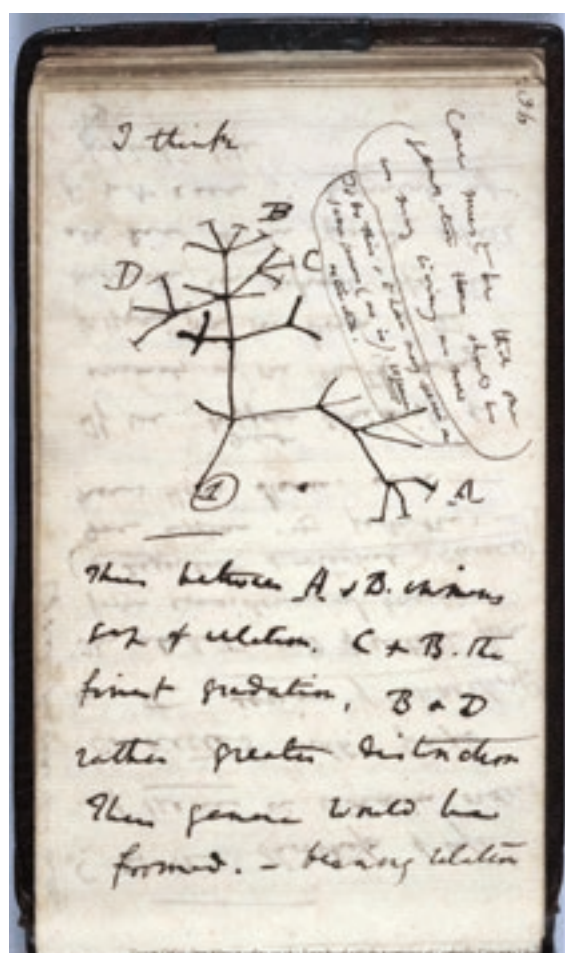
Rimanendo nell'ambito della fisica della materia, ricordiamo anche il caso di William Thomson (1824-1907), che per merito delle sue scoperte scientifiche riceve il titolo di barone, Lord Kelvin. Ebbene, Kelvin stabilisce i principi fondamentali della termodinamica a soli 27 anni.

E come non riportare il caso di Niels Bohr (1885 - 1962), il quale, all'età di 28 anni, immagina il modello di atomo che oggi porta il suo nome.

Anche nell'ambito delle scienze naturali, ci sono numerosi esempi di brillanti studiosi che hanno svolto importanti ricerche nelle fasi iniziali della loro carriera. James Watson (1928-vivente), all'età di 25 anni immagina la struttura a doppia elica del DNA, a cui, peraltro, stava lavorando già da quasi due anni, insieme al collega Francis Crick. Da notare che Watson era stato in passato un bambino prodigo. Iscritto all'Università di Chicago a soli 15 anni, si è laureato a 19 e ha completato il suo dottorato di ricerca a 22.

Un altro giovane promettente era senz'altro

Charles Darwin (1809 - 1882). Darwin pubblica il suo trattato più famoso, "On the Origin of Species", il 24 novembre 1859, all'età di 50 anni. Non era proprio anziano, come siamo abituati a vederlo nelle fotografie con barba bianca e pochi capelli, come quella scattata nel 1881 da Herbert Rose Barraud, ma certamente non era neanche il giovane avventuriero ventiduenne (!) che salpava il 27 dicembre 1831 a bordo della HMS Beagle per il suo viaggio intorno al mondo. In effetti, sebbene il trattato sia del 1859, è lecito chiedersi quando il giovane Charles abbia effettivamente elaborato la sua celebre teoria dell'evoluzione. Qualche indizio lo possiamo trovare leggendo i suoi taccuini.



In questo foglio datato 1837, Darwin scrive: I think, cioè "Io penso". Poi riporta il disegno di quello che i matematici di oggi chiamerebbero un albero. Di seguito aggiunge: Case must be that one generation then should be as many

living as now. To do this & to have many species in same genus (as is) requires extinction. Thus between A & B immense gap of relation. C & B the finest gradation, B & D rather greater distinction. Thus genera would be formed. Tradotto: "Deve essere il caso che una generazione in quel momento sia pari a quanti sono vivi ora. Per fare questo e avere molte specie nello stesso genere (come è adesso) è necessaria l'estinzione. Così tra A e B c'è un'enorme differenza di relazione. Tra C e B c'è la gradazione più sottile, tra B e D una distinzione piuttosto maggiore. In questo modo si formerebbero i generi."

Charles Darwin, all'età di soli 28 anni, si sofferma sulla relazione tra generi e specie, che poi elaborerà ulteriormente, e raffinerà nella pubblicazione del trattato.

Incidentalmente, trovo bellissimo che egli scriva "I think" e, subito sotto, il disegno, come se il modo più immediato, intuitivo e diretto di esprimersi fosse proprio quel disegno. Null'altro serve se non contemplare quel diagramma dove è racchiuso tutto il pensiero. Le parole che seguono servono ora a noi per interpretare questo foglio, o sono servite a lui per ricordare in seguito quel pensiero così vivido ed esplicito nel momento in cui veniva formulato.

Terminiamo questa carrellata di giovani studiosi, con una storia che mi è particolarmente cara. Si tratta delle tristi vicende di un giovanissimo matematico, il più giovane tra i protagonisti degli episodi che abbiamo riportato. Il suo nome è Évariste Galois (1811 - 1832), francese, morto a Parigi il 31 maggio del 1832 in seguito alle ferite riportate in un duello. Aveva poco più di vent'anni.

Évariste nasce a Bourg-la-Reine il 25 ottobre 1811. Ragazzo prodigio, vive con l'irrequietezza della sua adolescenza gli anni complicati della Francia post-rivoluzionaria. Ha un carattere difficile, poco incline ad accettare il principio di autorità, e questa forse è una delle ragioni per le quali il suo lavoro non viene riconosciuto dai suoi contemporanei. Galois risolve un problema vecchio di almeno 350 anni, ossia trovare un metodo generale per determinare se un'equazione algebrica sia risolvibile, e se le sue soluzioni siano esprimibili con una formula contenente solo le operazioni elementari ed estrazioni di radice. Di più. Galois si rende conto che la struttura delle soluzioni di un'equazione obbedisce a delle

regole. La formalizzazione di queste regole lo porta a inventare una nuova disciplina, la teoria dei gruppi.

In altre parole, per risolvere un problema specifico, Galois introduce qualcosa di completamente nuovo, una teoria che oggi trova applicazione in svariati ambiti della scienza. Per citarne un paio, in chimica, i gruppi vengono utilizzati per classificare le strutture cristalline, mentre in fisica per descrivere le simmetrie che le leggi fisiche devono rispettare. Possiamo considerare Évariste Galois a buon diritto, non solo un precursore, ma uno dei padri dell'algebra contemporanea. Un papà giovane, morto come si è detto a soli vent'anni.

In una lettera scritta la notte prima del duello al suo caro amico Auguste Chevalier, egli ci lascia in eredità tutto quello che riesce a far stare in un centinaio di pagine delle teorie che aveva elaborato nel corso della sua breve vita.

Sulle ragioni che hanno causato il duello circolano versioni discordanti. A noi piace credere all'ipotesi più romantica, secondo la quale si tratterebbe di un duello d'amore, per una donna, Stéphanie-Félicie Poterin du Motel, figlia del dottore presso cui Galois aveva vissuto gli ultimi mesi della sua vita, nonché fidanzata del suo assassino, il parigino Pescheux d'Herbenville.

Galois è stato costretto a concludere presto la propria carriera a causa di una morte prematura, ma il fatto che la produzione scientifica di un matematico avvenga quando questi è ancora giovane è un mito ampiamente diffuso. Il premio più prestigioso a cui un matematico possa aspirare è la Medaglia Fields, dal nome del matematico canadese John Charles Fields che contribuì a crearlo nel 1936. A differenza del premio Nobel (che non esiste per la matematica), la Medaglia Fields viene attribuita ogni quattro anni a talentuosi matematici che non abbiano ancora compiuto i 40 anni di età. Sebbene le ragioni di questa scelta siano molteplici, essa ha contribuito a creare l'idea che la ricerca matematica più brillante sia quella che si fa da giovani. Per i matematici più anziani, non resta che consolarsi con altri riconoscimenti², come il Premio Wolf, o il Premio Abel, che però non possono competere per prestigio e rilevanza con la Medaglia Fields.

L'età dell'oro della vita di uno studioso

Le storie dei giovani scienziati che abbiamo ricordato sembrano sovvertire il punto di vista presentato all'inizio. In effetti, per sostenere la nostra narrazione e per amor di paradosso, abbiamo scelto un elenco ad hoc, proprio come abbiamo fatto prima per i vecchi saggi del mondo antico. Da dei campioni così poco rappresentativi non possiamo quindi trarre alcuna conclusione. Tuttavia, la questione sollevata è rilevante, e che l'attività di uno scienziato trovi il suo apice quando questi è ancora relativamente giovane è un'idea che ha un certo numero di sostenitori illustri. Uno di essi è Thomas Samuel Kuhn, fisico, storico ed epistemologo. Kuhn è conosciuto ai più soprattutto per il suo saggio "The Structure of Scientific Revolutions" (La struttura delle rivoluzioni scientifiche) del 1962, dove sostiene che il cammino della scienza non segua un percorso lineare e costante, ma piuttosto proceda seguendo uno schema a fasi, alternando il consolidamento delle conoscenze acquisite con delle vere e proprie rivoluzioni scientifiche. In questo testo, Kuhn afferma che le idee più innovative, quelle in grado di rivoluzionare una determinata disciplina, provengono di solito dai più giovani, o quantomeno da studiosi che si siano da poco avvicinati alla disciplina in oggetto. Ma è veramente così? Nel saggio "Is Science Really a Young Man's Game?" [Brad Wray 2003], il filosofo della scienza K. Brad Wray presenta una disamina delle argomentazioni di Kuhn, individuandone le possibili ragioni:

1. gli scienziati più anziani mostrano una maggiore resistenza al cambiamento;
2. i giovani scienziati sono più produttivi;
3. i giovani scienziati sono più propensi a fare scoperte scientifiche significative.

Affrontiamo subito i punti (1) e (3), successivamente il punto (2) che si presta maggiormente a una analisi quantitativa.

Nella storia della scienza abbondano esempi di come l'introduzione di idee innovative abbia incontrato resistenze e diffidenza nella comunità scientifica stessa. Ci chiediamo se sia opportuno identificare negli scienziati più anziani i maggiori responsabili di tali resistenze. Questa è una credenza abbastanza radicata tra

gli studiosi, tanto da aver meritato addirittura un nome, il principio di Plank, dal fisico teorico Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858 - 1947).

Plank è uno dei padri della fisica quantistica, disciplina che rappresenta insieme alla teoria della relatività, una delle più grandi rivoluzioni scientifiche dell'epoca contemporanea - siamo portati a pensare che uno come lui di rivoluzioni e cambiamenti se ne intenda parecchio. Nella sua celebre autobiografia [Planck 1950], Plank afferma che:

una nuova verità scientifica non trionfa convincendo i suoi oppositori o mostrando loro la luce, ma piuttosto perché gli oppositori alla fine muoiono e la nuova generazione cresce già familiare con essa.

Gli scienziati contemporanei hanno demistificato il principio di Plank, derubricandolo a mito non suffragato da evidenze. A tal proposito, riportiamo le conclusioni di uno studio di Hull, Tessner e Diamond [Hull et al. 1978], dove viene analizzato nel dettaglio il caso della riluttanza da parte della comunità scientifica ad accettare la già citata opera di Darwin a dieci anni dalla pubblicazione.

Gli autori cercano di rispondere a una domanda precisa: "È vero che i ricercatori più giovani accettano le nuove idee scientifiche più alacramente rispetto ai più anziani?". Al termine della propria analisi, gli autori concludono che "meno del 10% della variazione dell'accettazione [delle teorie Darwiniane sull'evoluzione] possono essere spiegate con l'età" e che "tra gli scienziati che accettarono l'evoluzionismo prima del 1869, i più anziani furono altrettanto propensi a cambiare le proprie idee quanto i più giovani". Altri esempi, in letteratura, ci raccontano di casi dove gli studiosi più anziani erano addirittura più propensi ad accettare il cambiamento rispetto ai loro colleghi più giovani, per cui il principio di Plank sembra essere più una chiave di lettura sociologica che un principio generale.

Venendo al terzo punto analizzato da Brad Wray, egli esamina proprio i 24 scienziati protagonisti delle rivoluzioni scientifiche citate da Kuhn nel suo testo, a partire da Copernico, Galileo, Newton, Lavoiser, Dalton, etc. fino ad arrivare a Bohr e Heisenberg.

A conclusione di tale analisi, egli non trova alcuna correlazione tra scoperte scientifiche si-

gnificative e la giovane età dello scopritore. Al contrario, afferma che

i giovani scienziati non sono particolarmente ben posizionati per fare scoperte scientifiche rivoluzionarie. [...]

Se consideriamo l'ampia gamma di fattori necessari per trasformare i risultati di una ricerca in una scoperta significativa, non sorprende che siano gli scienziati di mezza età a essere particolarmente ben posizionati. Spesso uno scienziato ha bisogno di sviluppare una retorica, una base istituzionale e un pubblico affinché le sue nuove scoperte vengano riconosciute come scoperte significative. E gli scienziati di mezza età sono generalmente meglio collocati all'interno della comunità di ricerca per garantire che queste condizioni siano soddisfatte.

L'ultimo punto che affrontiamo riguarda l'intensità della produzione scientifica.

Una delle caratteristiche proprie della scienza moderna è la necessità di comunicare, promuovere e divulgare le proprie ricerche. Tale necessità è implicita nel metodo scientifico. Infatti, sia che si voglia accettare il principio induttivo della verificabilità, che quello deduttivo della falsificabilità, per verificare o falsificare bisogna prima di tutto avere accesso ai risultati della ricerca. Per questo, gli studiosi si ritrovano in ampie comunità che chiamiamo accademiche, non solo per riferirci all'Ἀκαδημία (Akademia) fondata da Platone nel 387 a.C., ma anche per sottolineare l'esistenza di un reciproco riconoscimento, di un sodalizio tra studiosi che travalica i confini geografici, culturali e sociali e che produce un linguaggio comune con cui è possibile confrontare il proprio lavoro con quello altrui.

In questa tradizione si innesta oggi un fenomeno nuovo. Infatti, da quando la produzione scientifica è diventata così importante per valutare le performance della ricerca nelle università di tutto il mondo, una quantità impressionante di dati viene raccolta quotidianamente nei data-base di società come SCOPUS, WOS e altri servizi di indicizzazione di articoli, libri, citazioni e del loro impatto. Una vera e propria scienza, la bibliometria, ci permette di analizzare questi dati, e, ad esempio, verificare se vi sia correlazione tra l'età di uno studioso e la sua produzione scientifica.

Alcuni studi evidenziano come tale correlazione ci sia e assuma la forma tipica di un diagramma a U-rovesciata. Il modello che ne risulta è chiamato *peak-and-decline*. L'idea è che la dinamica tipica della produzione scientifica di un individuo attraversi una prima fase di crescita a partire dall'inizio della carriera accademica dello studioso, per raggiungere un massimo e poi diminuire gradualmente. Un modello di questo tipo è certamente di buon senso, tuttavia, per accettarlo scientificamente, è necessario basarlo su delle evidenze. È quello che hanno fatto, ad esempio, un gruppo di studiosi del norvegese Nordic Institute for Studies in Innovation, Research and Education (NIFU). Nell'articolo "Age and scientific performance. A large-scale study of Norwegian scientists" [Aksnes et al. 2011], vengono analizzati i lavori di 11.519 studiosi norvegesi, su un data-base fornito da Thompson Reuters relativo a 59.868 pubblicazioni (33.902 escludendo i duplicati) nell'arco temporale 1981-2009. Lo studio riporta all'anzianità dei ricercatori il numero medio di pubblicazioni prodotte ogni anno. Oltre al dato complessivo, viene considerata anche la produzione scientifica, relativamente alle diverse discipline e a diversi parametri come, ad esempio, il sesso o la posizione accademica. Nella maggior parte dei casi si osserva proprio il diagramma a U-rovesciata, ma il momento di massima produzione non viene necessariamente raggiunto in giovane età. In molti casi, a partire dai 25-29 anni, si osserva un incremento graduale, per raggiungere il picco intorno ai 60 anni, e poi diminuire abbastanza rapidamente nell'intervallo 60-70 anni.

Si potrebbe obiettare che ridurre la produzione scientifica ad articoli e monografie fornisca una descrizione solo parziale delle attività connesse allo studio e alla ricerca. Un recente lavoro pubblicato nel 2021 su *Scientometrics* [Savage and Olejniczak 2021] prende in esame 167.299 accademici statunitensi. In questo caso, vengono considerate quattro diverse modalità di disseminazione della conoscenza: articoli su rivista, atti di convegni, libri e i singoli capitoli di libri, relativamente a tre coorti di età accademica: 1-10 anni, 11-30 anni, più di 30 anni. Si noti come in questo caso il dato temporale – l'età accademica – si riferisca agli anni trascorsi dall'ingresso nell'accademia e non all'età anagrafica dello studioso.

Lo studio si articola nell'analisi di sei diverse aree della conoscenza: discipline umanistiche, bio-mediche, economiche, matematica e fisica, scienze sociali e comportamentali, ingegneria. Le motivazioni alla base di questa ricerca vengono spiegate dagli autori:

L'invecchiamento del corpo docente nel corso della fine del ventesimo secolo e dei primi anni del 2000 (sia prima che dopo la fine del pensionamento obbligatorio negli Stati Uniti, circa nel 1994) è diventato motivo di preoccupazione per alcuni studiosi e amministratori della ricerca, che sostengono che l'"ingrignimento" dell'accademia porti a una minore attività di ricerca e a un declino nell'avanzamento scientifico.

Si evidenzia quindi la preoccupazione concreta che alle basi delle scelte di indirizzo, anche politiche e gestionali, ci possa essere un bias cognitivo che gli scienziati stessi hanno il compito di confermare o disconfermare. La conclusione dello studio è che il modello *peak-and-decline*

non caratterizza in modo universale i percorsi professionali attraverso i diversi campi di studio o tipi di pubblicazioni. Alcuni campi non mostrano prove di un "picco e declino graduale" nell'attività di pubblicazione di articoli su riviste o atti di conferenza, mentre altri rivelano un declino graduale nel tempo, soprattutto tra le pubblicazioni degli atti di conferenza. Inoltre, l'aumentata attività di pubblicazione di libri e capitoli di libri da parte dei docenti anziani in tutti i campi dimostra chiaramente che questo modello non è applicabile a tutti i tipi di pubblicazioni accademiche. Sosteniamo che una descrizione più accurata dei percorsi professionali potrebbe essere formulata come uno scostamento del focus della produzione scientifica dagli articoli su riviste e dagli atti di conferenza, verso la pubblicazione di libri e capitoli di libri.

In altre parole, mentre il giovane ricercatore concentra la sua attività sulla scrittura di articoli per giornali accademici e sulla partecipazione a conferenze di settore, lo studioso più anziano si dedica maggiormente alla scrittura di libri, a opere che non si limitano ad aspetti particolari e specifici, ma possono spaziare su temi più generali, dove l'esperienza maturata si può finalmente trasmettere alle nuove generazioni.

Qualche conclusione inconcludente

Trarre delle conclusioni a questo punto non sembra affatto semplice. Dalla nostra panoramica parziale, appare evidente come i modelli del vecchio saggio e del giovane ragazzo prodigio, o più in generale un'idea di età dell'oro dello scienziato secondo lo schema peak-and-decline, possano descrivere solo parzialmente un fenomeno molto più complesso. Tale complessità, tuttavia, non sembra negare una qualche correlazione tra produzione scientifica e un fattore non-epistemico come l'età dello scienziato. Di certo, il cambiamento della distribuzione delle diverse età nella popolazione mondiale in atto investe anche il mondo accademico, e la quota sul totale di studiosi anziani è un dato destinato ad aumentare.

Si pone il problema di stabilire quali siano le migliori pratiche da mettere in atto al fine di trarre il massimo vantaggio dal cambiamento previsto. Ad esempio, ci sono già ospedali e cliniche universitarie dove un ruolo di mentore viene affidato ai medici in pensione, ormai troppo anziani per esercitare, ma la cui preziosa esperienza può contribuire a formare i più giovani.

Si potrebbe obiettare che, nel caso della medicina, l'esperienza maturata sul campo sia un fattore più significativo rispetto al ruolo che essa riveste nelle scienze cosiddette dure, come la matematica e la fisica. In esse, infatti, vengono spesso premiate prestazioni, velocità di calcolo e altre caratteristiche che tendono a subire di più gli effetti dell'età.

L'invecchiamento dell'organismo è un processo degenerativo, e nessuna delle funzioni vitali è immune da questo processo il cui esito è ben noto e, ahinoi, inevitabile. Per questo, mi sono spesso chiesto quale possa essere la prospettiva per uno scienziato, o nel mio caso, per un matematico alla fine della sua carriera, all'avvicinarsi della fine del suo viaggio. Mi sono interrogato su cosa resti di quello che studiamo, scopriamo e raccontiamo, se non un po' di pagine scritte su qualche giornale accademico che pochi leggeranno. E comunque, tolto quello che lasciamo ai posteri, mi domando cosa resti

a noi, negli ultimi anni, delle nostre capacità di immaginare, scoprire, inventare.

L'ultimo episodio che raccontiamo invita il lettore a una riflessione su questo punto.

L'11 gennaio del 2019 moriva Sir Michael Atiyah (1929 - 2019), celebre matematico britannico di origine libanese. Atiyah può essere considerato un esempio di genio precoce e allo stesso tempo di scienziato anziano, dal momento che vinse la Medaglia Fields nel 1966 all'età di 37 anni, e ottenne il Premio Abel nel 2004, quando di anni ne aveva 75. Durante la sua lunga vita, Atiyah ci ha regalato una bellissima matematica, mosso da un intento unificatore che ha investito prima la topologia, la geometria e l'analisi, e poi anche la fisica.

Negli ultimi anni prima di morire, Atiyah si è reso protagonista di alcune dispute, scaturite da certe dimostrazioni fallaci che egli ha presentato. Molti dei suoi colleghi e amici si sono rifiutati di commentare, forse per rispetto o forse per la paura di compromettere la loro relazione con lui. Fa eccezione il matematico Alain Connes, anch'egli vincitore di una Medaglia Fields, che ha scritto un articolo basato proprio su una delle argomentazioni di Atiyah di cui abbiamo detto qui sopra.

A tal proposito, scrive [Connes 2019]:

La sua idea [...] presa troppo letteralmente [...] non può funzionare.

L'obiettivo del nostro lavoro, come omaggio a una brillante immaginazione matematica che non si è mai affievolita, è prendere seriamente in considerazione la sua proposta e dimostrare che, compresa in senso più ampio, essa porta a un'idea molto interessante.

E ancora, citando lo stesso Atiyah:

Alla luce intensa del giorno, i matematici verificano le loro equazioni e le loro dimostrazioni, senza nulla tralasciare nella loro ricerca di rigore. Ma di notte, sotto la luna piena, sognano, fluttuano tra le stelle e si meravigliano del miracolo dei cieli. Sono ispirati. Senza sogni non c'è arte, non c'è matematica, non c'è vita.

Note

- [1] Sull'anno della morte di Ippocrate ci sono diverse ipotesi. Possiamo fissare il 377 a.C. come terminus post quem, per cui siamo "certi" che sia vissuto almeno 83 anni. È abbastanza probabile che abbia vissuto fino a 85-90 anni. Alcune fonti riferiscono che morì ultracentenario.
- [2] Va comunque osservato che fino all'istituzione del Premio Wolf nel 1978, non vi era alcun premio importante per i matematici di età superiore ai 40 anni.

Bibliografia

- [1] [Aksnes et al. 2011] D. W. Aksnes, K. Rorstad, F. Piro, G. Sivertsen, Age and scientific performance. A large-scale study of Norwegian scientists, ISSI 2011 Proceedings.
- [2] [Brad Wray 2003] K. Brad Wray, Is Science Really a Young Man's Game? Social Studies of Science, Sage Publications, Ltd., Vol. 33 (2003).
- [3] [Connes 2019] A. Connes, On an idea of Michael Atiyah, arXiv:1901.10761 (2019).
- [4] [Hull et al. 1978] D. L. Hull, P. D. Tessner, A. M. Diamond, Planck's Principle. Science, 202 (1978).
- [5] [Kaplan et al. 2000] H. Kaplan, K. Hill, J. Lancaster, A. M. Hurtado, A theory of human life history evolution: Diet, intelligence, and longevity. Evolutionary Anthropology. 9 (4): 156–185.
- [6] [Planck 1950] Max K. Planck, Scientific Autobiography and Other Papers. New York: Philosophical library (1950). Il testo è disponibile anche in versione italiana, in Max Planck, La conoscenza del mondo fisico, Bollati Boringhieri (2022).
- [7] [Rosen et al. 2013] Max Roser, Esteban Ortiz-Ospina and Hannah Ritchie (2013), Life Expectancy. Pubblicato online su: OurWorldInData.org
- [8] [Savage and Olejniczak 2021] W. E. Savage, A. J. Olejniczak, Do senior faculty members produce fewer research publications than their younger colleagues? Evidence from Ph.D. granting institutions in the United States. Scientometrics (2021).
- [9] [WPP 2022] World Population Prospects 2022 Revision. È la ventisettesima edizione delle stime e delle proiezioni ufficiali delle Nazioni Unite relativamente alla popolazione mondiale, preparate dalla Population Division del Dipartimento degli Affari Economici e Sociali del Segretariato delle Nazioni Unite. Il database è consultabile all'indirizzo web: population.un.org/wpp/



> Mario Sangiovanni,
Girasoli, olio su compensato.

Interdisciplinarietà, conoscenza e intelligenza artificiale



**Antonio
Di Nola**

Attualmente Professore Onorario dell'Università di Salerno. Già professore ordinario di Logica Matematica presso il Dipartimento di Matematica. Dagli anni Novanta è stato uno dei promotori dello studio dei modelli algebrici della Lukasiewicz logica (MV-algebre). Oggi è attivamente impegnato ad utilizzare le idee della Geometria Algebrica nel campo delle MV-algebre e nello studio delle relazioni tra la logica di Lukasiewicz e l'Intelligenza Artificiale. Socio dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere e Arti di Palermo.

adinola@unisa.it



**Maria
Salvato**

Laureata in Matematica (con lode) nel 2008, ha conseguito il dottorato di ricerca in Analisi matematica nel 2011. Attualmente è ricercatrice ENEA dove, dal 2019, lavora nel Laboratorio Applicazioni Digitali (SIST-DIG) per l'Efficienza Energetica nelle Pubbliche Amministrazioni del Dipartimento Efficienza Energetica (DUEE). Si occupa di modellazione, gestione e manutenzione di strumenti informatici a supporto dei cittadini, delle amministrazioni locali e centrali per il raggiungimento e il monitoraggio degli obiettivi di efficienza energetica. Le sue competenze riguardano, quindi, l'analisi dell'accessibilità del web e la redazione di documentazione tecnica. I suoi interessi di ricerca riguardano anche l'applicazione di metodologie di rilevamento intelligente nell'industria aerospaziale e le applicazioni sanitarie del monitoraggio dell'esposizione personale agli inquinanti.

salvatomaria@gmail.com

In questa breve nota, ci proponiamo di illustrare come un proficuo interscambio di sapere tra le discipline, incluse quelle umanistiche, sia possibile solo tramite una rappresentazione formale della conoscenza che contempli il ricorso ad un'adeguata estensione della logica binaria. L'intelligenza artificiale è presentata dunque come esempio di profittevole interazione tra ambiti conoscitivi differenti.

In primo luogo, è necessario chiarire la nozione di interdisciplinarietà. Riportiamo qui una delle più accreditate definizioni, dovuta a Piaget, la quale asserisce che: "l'interdisciplinarietà è la collaborazione fra discipline diverse o fra settori eterogenei di una stessa scienza (per addivenire) a interazioni vere e proprie, a reciprocità di scambi, tale da determinare mutui arricchimenti." (Piaget 1971)

Nella vaghezza dei suoi termini, questa definizione, però, corre il rischio di un difetto di operatività. In essa, infatti, ricorrono concetti di grande complessità e di evidente indefinitezza, senza mai far esplicito riferimento al termine *conoscenza*. L'interdisciplinarietà, invece, non è altro che un processo teso alla condivisione dell'esito di una esperienza conoscitiva. Essa si realizza quando metodologie relative a discipline differenti interoperano tra di loro allo scopo di veicolare conoscenze attraverso il trasferimento di teorie, metodi ed applicazioni. In sostanza, si tratta di uno scambio di sapere tendente ad una nuova sintesi costituita da un differente complesso di teorie, metodi ed applicazioni.

L'obiettivo principale di questa trattazione è di evidenziare, appunto, la stretta connessione che sussiste tra conoscenza ed interdisciplinarietà.

A tal scopo, la descrizione *formale*, mediante un univoco modello di rappresentazione, del patrimonio conoscitivo attinente a ciascuna disciplina è di fondamentale importanza per avviare un proficuo processo comunicativo tra differenti forme di conoscenza.

Le discipline che usano metodi euristici, ad esempio, partendo da un sistema di dati (informazioni ed esperienze) propongono una rappresentazione *procedurale* ed *ammissibile* della conoscenza. Nei casi formalmente più strutturati, la parte procedurale può ammettere una definizione algoritmica. Un algoritmo, di fatto, è una rappresentazione *computabile* della relazione tra i dati di input ed output, formulabile mediante una funzione binaria. Quest'ultima fornisce, dunque, la rappresentazione della conoscenza estratta dai dati la quale può essere espressa formalmente mediante una *formula* (sequenza strutturata di simboli).

La possibilità di disporre di un modello strutturato per la rappresentazione della conoscenza, oltre a consentirne una descrizione più esaustiva e meno ambigua, favorisce un efficace e produttivo interscambio di sapere. Tuttavia, affinché ciò si realizzi, è necessario costruire un adeguato *sistema comunicativo* opportunamente formalizzato, la cui capacità di condivisione ed interazione tra apparati conoscitivi differenti è altamente dipendente dal modo in cui essi sono rappresentati. Uniformare ad un univoco formalismo la rappresentazione del patrimonio conoscitivo attinente a discipline differenti è, tuttavia, compito non poco arduo dal momento che ciascuna disciplina adotta implicitamente uno schema differente per la descrizione delle proprie conoscenze. L'applicazione di un metodo di una certa disciplina ad un ambito differente da quello per cui esso è stato elaborato richiede, inevitabilmente, un *salto epistemico* che consenta di descrivere l'insieme delle conoscenze utilizzando una rappresentazione che vada "oltre" gli enti oggetto di studio della stessa.

A tale scopo, innanzitutto, è di fondamentale importanza procedere alla definizione di un *metodo* per la rappresentazione della *conoscenza di base* caratteristica di ciascuna disciplina. La descrizione di un oggetto non è infatti possibile senza l'introduzione di un *linguaggio* opportunamente formalizzato e della relativa *sintassi*. La traducibilità e l'applicabilità della conoscenza veicolata, in questo modo, saranno tanto

più efficaci e scevre da ambiguità quanto più il linguaggio risponda ai requisiti di formalità ed astrazione. Dunque, per ottenere un'efficace rappresentazione della conoscenza è buona norma quella di fare ricorso a metodi che abbiano una base sintattica costituita da linguaggi con chiara struttura formale.

In Statistica, ad esempio, la conoscenza è rappresentata da un sistema di variabili, osservazioni e misure (osservabili), che se rigorosamente definite individuano un *modello statistico*. Esso rappresenta l'ambiente formale entro cui poter estrarre nuova conoscenza a partire da quella di base. All'interno del modello, infatti, è possibile introdurre oggetti più articolati come uno *spazio* di funzioni, con specifiche proprietà. Queste ultime definiscono le "regole" (di *inferenza*) che guidano il processo *interpretativo*, ovvero il procedimento di estrazione di nuova conoscenza a partire da quella di base. Pertanto la conoscenza acquisita dipende strettamente dalle regole fissate e dalla modalità con cui è condotto il processo interpretativo all'interno del sistema logico definito dal modello e dalle sue regole. Ciò accade poiché il modello adottato, in quanto di tipo *matematico*, permette di definire differenti proprietà rispetto alla stessa famiglia di variabili consentendo di ottenere ogni volta un diverso processo interpretativo e, dunque, una nuova conoscenza. Allo stesso modo, anche gli invarianti del modello matematico possono essere interpretati in modi differenti e dar luogo ogni volta ad una tipologia di sapere differente.

In riferimento al modello statistico di cui sopra, l'interpretazione dei suoi oggetti, ad esempio, come enti geometrici o algebrici può dar luogo allo sviluppo di discipline quali la *Geometria dell'Informazione* o la *Statistica Algebrica*. La prima fornisce un approccio geometrico allo studio delle famiglie di modelli statistici ed indaga sulle procedure che permettono di passare da un modello statistico ad un altro senza perdita d'informazioni. La Statistica Algebrica, invece, si occupa di indagare sui processi (i corrispondenti delle *forme* della Topologia Algebrica) che generano dati.

È chiaro, dunque, che esiste una stretta relazione che intercorre tra la rappresentazione della conoscenza e la logica, che è la disciplina che per antonomasia si occupa della formalizzazione del linguaggio (*sintassi*) e delle sue interpreta-

zioni (*semantica*). D'altra parte, la realizzazione dell'interdisciplinarità implica necessariamente un processo conoscitivo. Dunque, un proficuo interscambio di conoscenze, tanto nel campo delle "scienze dure" (*hard science*) che in quello delle scienze umane, non può essere condotto prescindendo dai meccanismi formali della logica, i quali rispondono ai principi del metodo scientifico, quali *canonicità* e *cumulatività*.

Una canonica rappresentazione della conoscenza, infatti, assicura l'univoca e corretta formulazione delle procedure ammissibili a determinare gli esiti di un'indagine. Quest'ultima, inoltre, risulta cumulativa, perché ottenuta come prodotto finale di una stratificazione strutturata di risultati intermedi che sono affidabili perché formalmente verificati. La strutturazione formale della conoscenza non è, tuttavia, sempre possibile. In questi casi, allora, è auspicabile almeno tendere ad ottenere un certo livello di canonicità e standardizzazione del metodo conoscitivo. Questo contribuirà ad assicurare almeno in parte un accettabile grado di affidabilità dei risultati conseguiti.

A tal fine, cruciale è l'elaborazione di una *teoria*, intesa come un complesso di affermazioni che deve risultare verificabile rispetto ad un determinato ambito di esperienze. La formulazione di una teoria, però, richiede, oltre all'introduzione di una sintassi che delinea formalmente la struttura del linguaggio, anche la definizione di una semantica che permetta di attestarne la veridicità rispetto ad un dato contesto applicativo mediante un opportuno apparato deduttivo. La definizione di un linguaggio ed un apparato deduttivo sono, dunque, presupposto ineludibile per un efficace scambio di conoscenze tra scienze differenti.

Queste richieste, così formali, sembrano però confinare l'interdisciplinarità ad un ambito puramente teorico ed a contesti in cui non si immagina, per esperienza, di avere scambi di conoscenze, come per esempio tra la Matematica e le Scienze Umane. Per confutare tale affermazione possiamo riferirci alla interdisciplinarità che ricorre nell'Intelligenza Artificiale (IA).

Osserviamo che tale disciplina si pone come obiettivo la rappresentazione, esplicita e strutturata, della conoscenza in modo tale che essa sia processabile da un computer. Allo stesso modo, la logica formale produce modelli computabili di un certo dominio applicativo. Il ricorso

alla logica e ai modelli computabili sembrerebbe, allora, confinare l'utilizzo dell'IA a domini esplicitamente scientifici e sufficientemente formalizzati. Svariate, invece, sono le sue applicazioni dalle più recenti e di uso comune basate sul linguaggio naturale a quelle più industriali e di nicchia. Nell'industria aeronautica, ad esempio, algoritmi basati sull'IA permettono l'identificazione (Salvato 2014) e la quantificazione (Salvato 2017), con un elevato grado di affidabilità, di contaminanti superficiali presenti sui pannelli in fibra di carbonio degli aeromobili, la cui presenza ne comprometterebbe la sicurezza in volo.

La definizione di interdisciplinarità dovuta a Piaget, quindi, senza le richieste formali finora menzionate, per la sua "intelligente" vaghezza, sembra preannunciare la possibilità di ottenere nuove ed affidabili, anche se meno riscontrabili secondo una stabilita ed esplicita procedura di verifica, forme di interscambio di sapere tra i più disparati ambiti conoscitivi. Alla luce di tale osservazione, non sembra allora così paradossale la proficua pervasività dell'IA nei più eterogenei domini applicativi, così come di tutte quelle discipline in cui sia stato introdotto un apparato formale che ne caratterizzi opportunamente il complesso di conoscenze.

È difficile, tuttavia, pensare ad una proficua e robusta interdisciplinarità in assenza di un metodo che permetta di "ridurre" la formulazione delle conoscenze attinenti a diverse discipline ad un univoco formalismo. La possibilità di riuscire in tale operazione può sembrare, in prima battuta, un miraggio per il fatto che spesso l'interdisciplinarità riguarda problemi attinenti a discipline caratterizzate da diversi status teorici o tecnici, la cui compatibilità logica risulta veramente difficile da verificare. Il caso dell'IA, tuttavia, fa nutrire speranze data la capacità dei suoi metodi di estrarre informazioni da dati di varia natura. Le intersezioni tra intelligenza artificiale e le scienze umane e sociali, benché meno conosciute, esistono ed è noto che creino benefici sostanziali. Il segreto è creare un buon canale di comunicazione ed interscambio affidandosi al formalismo più consono a descriverne il linguaggio e le metodologie.

Nelle applicazioni summenzionate, è evidente, ad esempio, che il bagaglio di conoscenza non può essere rappresentato da una funzione binaria. In questi contesti, basati su concetti

dai contorni indefiniti, sembra irrealizzabile ogni richiesta di canonicità in grado di replicare i risultati dei metodi dell'intelligenza artificiale. Essa, invece, può essere preservata mediante il ricorso a metodi di rappresentazione della conoscenza più fini della bivalenza della logica classica. L'incertezza, la vaghezza, l'imprecisione di quelle discipline non considerate, in senso stretto, "scientifiche" rendono, dunque, estremamente necessario considerare estensioni della logica bivalente allo scopo di favorire un efficace ed utile interscambio di conoscenza. Esse necessitano, per loro stessa definizione, che si faccia ricorso a logiche la cui struttura sintattica sia sufficientemente ricca da ammettere funzioni, dette *approssimatori universali*, ottenute come estensioni di quelle della logica binaria.

Un esempio di logica non binaria è fornito dalla logica di Lukasiewicz e dalle sue estensioni, anche dette "logiche della vaghezza". Queste logiche possono ammettere infiniti modi di valutare la verità di una asserzione, corrispondenti agli infiniti valori di verità rappresentati da tutti i numeri reali compresi tra 0 ed 1. Esse, dunque, pur contemplando la possibilità di modellare il concetto di vaghezza insito in certi tipi di conoscenza, consentono, tuttavia, di ricondurla a quella canonicità del metodo scientifico da cui non è possibile in alcun modo prescindere se si vuole trasmettere sapere in modo efficace ed affidabile. Sulla base di queste logiche è possibile definire metodi canonici di rappresentazione della conoscenza che possono aiutare a formulare meglio temi e problemi nelle indagini delle scienze umane e prospettarne un'utile e controllabile analisi.

Il ricorso a tali modellazioni, apre, dunque, uno scenario, oggi già in atto, che consiste nel procurare una base logica alla rappresentazione della conoscenza di parti di discipline che a prima vista utilizzano metodi lontani da quelli scientifici, e che forse, con un non utile vanto, di esse si postula la non riducibilità ai metodi scientifici.

L'ampia diffusione delle tecniche dell'IA è, dunque, probabilmente da ascrivere alla sua forte propensione a sviluppare efficienti metodi approssimati allo scopo di estrarre un ragionevole ammontare di informazioni da dati di natura differente. Essa, grazie ai suoi efficaci metodi di rappresentazione della co-

noscenza, può aiutare quindi discipline come la psicologia, la sociologia, la filosofia, l'etica e altre, nell'affrontare le questioni riguardanti, per esempio, i valori umani e il funzionamento della società. L'intelligenza artificiale svolge, invero, un ruolo cruciale nell'assistere i ricercatori anche nel settore delle scienze non "hard".

In conclusione, sembra chiaro che il concetto di interdisciplinarietà coinvolga lo scambio di conoscenze tra discipline diverse e che questo scambio diventi efficace se esso è rappresentato da procedure formalmente definite. Di ciò l'Intelligenza Artificiale ne costituisce un clamoroso esempio.

Bibliografia

- [1] Piaget, J. (1971). "Methodologie des relations interdisciplinaires". In: *Archives de Philosophie*, 34(4), pp. 539-549. url: <http://www.jstor.org/stable/43033379>.
- [2] Salvato M. et al. (2014). "Combining Real-Time Classifiers for Fast and Reliable Electronic Nose Response Analysis for Aerospace NDTs". In: *Procedia Engineering* 87, pp. 859-862. doi: 0.1016/j.proeng.2014.11.289.
- [3] Salvato M. (2017). "Electronic Nose Detection of Hydraulic-Oil Fingerprint Contamination in Relevant Aircraft Maintenance Scenario". In: *Sensors and Microsystems. AISEM 2017. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 457. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-66802-4_32.



> Mario Sangiovanni,
Figura mistica, acquerello su
carta.

(figura mistica)
SANGIOVANNI

La Scienza “non neutrale”



**Francesco
La Teana**

*Ex dirigente scolastico attualmente in pensione, Francesco La Teana si è laureato nel 1975, un anno prima della pubblicazione de *L'Ape e l'architetto*, con una tesi sulla nascita della meccanica ondulatoria sotto la guida di Marcello Cini. Successivamente ha lavorato per molti anni con Michelangelo De Maria su una serie di articoli focalizzati sulle figure principali dei fondatori della Meccanica Quantistica. In seguito ha continuato ad occuparsi di storia della Meccanica quantistica. Tra le sue pubblicazioni ricordiamo: *La nascita del concetto di quanto* (Bibliopolis 2002), *La nascita dello spin* (Bibliopolis 2005) e *Luce. Le teorie da Newton ai giorni nostri*. (Centro Pristem 2011).*

francolateana39@gmail.com

Nel 1976, quattro fisici teorici dell'Università di Roma, pubblicarono un libro dal titolo intrigante, *L'ape e l'architetto*¹, rifacendosi a una celebre riflessione di Marx nel primo libro del *Capitale*² e svelando in tal modo la prospettiva ideologica da cui muovevano. Nel libro gli autori sostenevano la tesi della "non neutralità" della scienza: essa è un prodotto dell'uomo ed è quindi intrinsecamente legata al contesto storico e alle dinamiche sociali che ne determinano la formazione. Questa visione rappresentava una rottura significativa rispetto alle idee dominanti tra gli scienziati e i filosofi dell'epoca. A quasi cinquant'anni di distanza, vale la pena ricordare quel libro e la vicenda che lo accompagnò.

Linee dominanti sul rapporto scienza-società negli anni '60

Per comprendere il contesto storico, scientifico e ideologico di quegli anni, è essenziale esaminare le due principali correnti di pensiero allora presenti sul rapporto tra scienza e società.

La prima affonda le sue radici nel Congresso Internazionale di Storia della Scienza, tenutosi a Londra nel 1931, a cui partecipò una delegazione sovietica guidata da Nicolaj Bucharin³. Questa corrente si sviluppò ulte-

riormente nella storiografia inglese di orientamento marxista, con esponenti come Bernal⁴, Farrington⁵ e altri.

La seconda corrente, invece, si ispira agli studi sociali di Max Weber e Robert Merton⁷, alla storiografia scientifica di George Sarton⁸ e alla visione della ricerca scientifica di Vannevar Bush⁹ - figura di grande rilievo nell'organizzazione della scienza statunitense del secondo dopoguerra.

Secondo la prima linea di pensiero, esiste un legame diretto tra le esigenze della società capitalistica e le teorie scientifiche che emergono. Le teorie nascono come risposta ai problemi posti dalla società civile, però si sviluppano secondo logiche interne alle discipline e costituiscono una descrizione fedele della natura.

La seconda prospettiva ritiene che la società civile costruisca un sistema istituzionale funzionale allo sviluppo della ricerca e che le teorie scientifiche descrivano in maniera verosimile la realtà. In questo quadro, la scienza è vista come attività autonoma, immune da influenze esterne, incluso il contesto sociale.

Nonostante le differenze, entrambe le correnti concordavano su alcuni presupposti fondamentali:

1) La ricerca scientifica è un processo autonomo e indipendente da influenze personali o esterne.

Essa è indipendente dalle opinioni politico-filosofiche degli scienziati perché si fonda su un metodo oggettivo e replicabile, basato su ipotesi e verifiche sperimentali, che consente di giungere a una rappresentazione affidabile della realtà.

È indipendente anche dalla società perché il metodo scientifico assicura l'estromissione dalla ricerca di ogni influenza esterna o pressione.

Per la corrente marxista, il contesto sociale interviene solo nella fase iniziale, quando definisce i problemi da affrontare, ma poi non esercita più alcuna influenza.

Per la seconda corrente, invece, la società si limita a fornire l'ambiente istituzionale favorevole allo svolgimento della ricerca, senza interferire direttamente nel processo.

2) La crescita del sapere è un processo lineare e cumulativo, con una ricaduta naturale e automatica sulla società grazie alle innovazioni

tecnologiche.

La conoscenza scientifica si sviluppa in modo progressivo e continuo, aggiungendo nuovi dettagli alla comprensione della realtà. Ogni scoperta si innesta su quelle precedenti, contribuendo a un'espansione costante del sapere.

Sul piano tecnologico, si riteneva che il successo della scienza portasse automaticamente all'innovazione tecnica e, di conseguenza, al progresso sociale. Questo era esattamente il modello promosso da Vannevar Bush¹⁰. Egli aveva già verificato personalmente i vantaggi di avere a disposizione un'organizzazione, composta da scienziati "puri", ingegneri e militari, da lui coordinata durante la guerra, finalizzata all'invenzione di nuove tecnologie militari, e intendeva replicarla, creandone una analoga nel successivo periodo di pace. Come afferma il suo biografo Zachary, Bush riteneva che "la ricerca di base è il seme da cui germoglia la tecnologia. Bush credeva in questo modello lineare per il progresso: la conoscenza scientifica produce la tecnica ingegneristica che, a sua volta, dà vita a prodotti e processi di grande valore pratico"¹¹. Bush non riuscì a realizzare il suo progetto, soprattutto a causa della morte del presidente Roosevelt, suo grande estimatore e protettore, che portò alla sua estromissione. Ciononostante, i suoi scritti contribuirono a diffondere negli Stati Uniti, e poi nel mondo, l'idea dell'importanza fondamentale (anche pratica) della ricerca pura.

Per la verità, già nel 1932, Erwin Schrödinger aveva sostenuto che l'ambiente esercita un'influenza costante sulle scelte dello scienziato durante tutte le fasi della ricerca, ma le sue tesi rimasero isolate e inascoltate. Egli, in un discorso di fronte all'Accademia Prussiana delle Scienze dal titolo "La scienza dipende dall'ambiente?"¹², avanzò le seguenti ipotesi:

1) L'ambiente indirizza lo scienziato verso le ricerche di moda o percepite come importanti e lo spinge verso una determinata scelta anche nel momento in cui si trova a dover scegliere tra più opzioni.

Schrödinger portò ad esempio lo studio dell'andamento della capacità termica a basse temperature, che, secondo lui, era un'evidente ricerca dettata dai tempi e dall'ambiente: "Chi

si sarebbe interessato trent'anni fa [al problema?] ... Solo un pedante, privo d'idee, o uno spirito geniale"¹³. Egli elencò anche diversi casi storici nei quali ricerche scientifiche, ignorate in un determinato periodo, si sono dimostrate importanti in seguito.

Sottolineò, ad esempio, come Francesco Grimaldi, con gli esperimenti sulla diffrazione eseguiti tra il 1655 e il 1663, "avesse avuto sottomano il primo esempio del principio di indeterminazione della meccanica quantistica", nonché la dimostrazione del carattere ondulatorio della luce, ma fu appena preso in considerazione ai suoi tempi.

Evidenziò come nella fisica greca mancasse completamente la dinamica, per motivi da lui evidenziati, collegabili alla cultura del tempo.

2) I criteri metodologici scientifici non sono definiti in maniera fissa, ma variano nel tempo.

Descrisse l'esempio dei salti quantici. "Il passo decisivo per superare il dilemma [dei salti quantici] è costituito dal presupposto che certi concetti si devono semplicemente

scartare, lasciando vuoto il posto che occupavano"¹⁴. Infatti, secondo i criteri della vecchia teoria, durante un salto quantico era fondamentale conoscere l'energia esatta del sistema e il tempo di durata del salto; nella nuova teoria, questi parametri diventano irrilevanti e vengono accantonati.

3) L'oggetto stesso della ricerca può essere vago e incerto.

Secondo Schrödinger, noi "siamo persuasi che per lo studio della natura esista un oggetto ben determinato"¹⁵, ma, può darsi che invece "quest'oggetto costituisca un insieme d'una complessità senza confronto ... e chi ci garantisce allora che, di fronte a quest'oggetto molto più complicato, abbiamo in mano il giusto punto di partenza e la giusta chiave della nostra ricerca? Se si crede questo, si tratta unicamente d'un dogma"¹⁶.

Da questa prospettiva, Schrödinger concludeva che "noi tutti facciamo parte del nostro ambiente culturale. Ogni volta che la partecipazione del nostro interesse a qualche cosa assume una certa importanza, l'ambiente, la cerchia culturale, lo spirito dei tempi, o come altro lo si vuol chiamare, deve esercitare la sua influenza. In tutti i campi d'una cultura si trovano caratteri comuni riguardo alle idee sul mondo"¹⁷.

È importante sottolineare che Schrödinger, non solo ipotizza che la società influenzi i temi da considerare importanti e quindi determini quali siano le ricerche considerevoli, in accordo con la teoria marxista, ma, per la prima volta, ipotizza che i criteri metodologici siano storicamente variabili e che l'oggetto stesso della ricerca possa essere indefinito o complesso. Tuttavia, il contesto storico non era ancora pronto ad accogliere tali idee, che rimasero marginali fino al 1962, quando Thomas Kuhn pubblicò il libro *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*¹⁸, in cui metteva in discussione l'idea di uno sviluppo scientifico lineare e cumulativo. Secondo Kuhn, la scienza procede per salti rivoluzionari. In un determinato periodo storico esiste una teoria generalmente accettata e utilizzata dalla comunità scientifica (paradigma). Se però, si accumulano anomalie non spiegabili al suo interno, cominciano ad emergere nuove teorie in competizione. Finché una delle teorie si

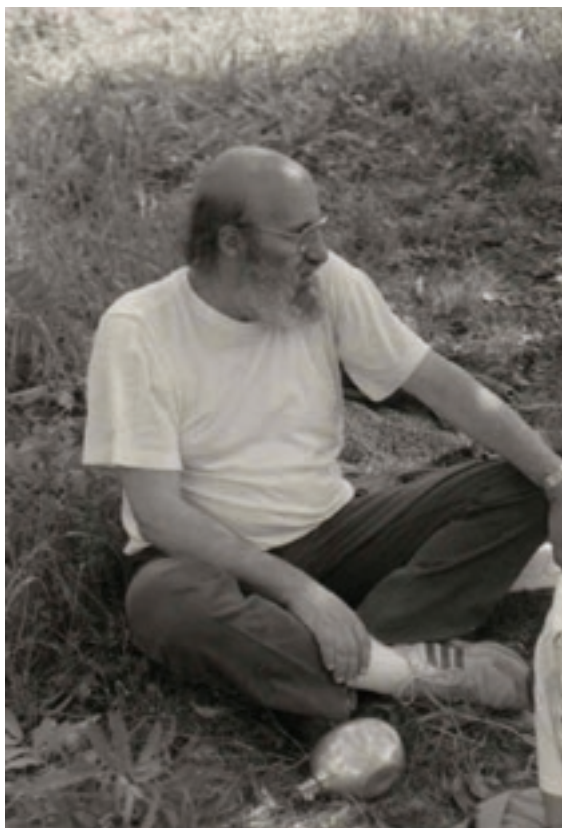


Fig. 1 - Giovanni Jona-Lasinio

impone e viene riconosciuta come nuovo paradigma da parte della comunità. Inizia così una fase di scienza normale, dedicata all'applicazione del nuovo schema teorico ai problemi concreti. Kuhn sosteneva che ogni paradigma è espressione del proprio tempo e non è confrontabile con quelli precedenti: i paradigmi sono, in altre parole, incommensurabili.

L'ape e l'architetto

Il libro di Kuhn diventò molto influente negli anni successivi alla sua pubblicazione. Pur essendo un'opera di taglio storico-epistemologico, fu recepita in un contesto culturale in fermento, dove le certezze delle due ortodossie dominanti (quella marxista classica e quella positivista) cominciavano a vacillare. In quegli anni esplosero i movimenti sociali che sfociarono nelle proteste studentesche e operaie del '68, nacquero gruppi e associazioni come Science for the People negli Stati Uniti e la British Society for Social Responsibility in Science, in Gran Bretagna. Aumentarono le pubblicazioni dedicate al ruolo della scienza nella società, coinvolgendo un numero crescente di studiosi e ricercatori, sempre più orientati a riflettere criticamente sul proprio lavoro.

Senza addentrarci qui in ricostruzioni già ampiamente trattate da altri, basti ricordare alcuni testi¹⁹ che hanno analizzato le fasi di crescita dei movimenti politici nell'ambiente della scienza e della fisica in particolare in Italia, e la conseguente spinta verso un approfondimento dello studio del rapporto tra

scienza e società.

In questo contesto nacque il libro *L'ape e l'architetto*, frutto del lavoro di quattro fisici: Marcello Cini, allora cinquantenne, professore ordinario di Istituzioni di Fisica Teorica, Giovanni Jona-Lasinio, poco più che quarantenne e professore ordinario di Metodi Matematici della Fisica, e due trentenni, Giovanni Ciccotti e Michelangelo De Maria, entrambi professori incaricati. Il volume raccoglieva le loro riflessioni sul rapporto tra scienza e società, maturate in un'epoca di forti trasformazioni culturali e politiche.

Gli autori accettano le tesi di Kuhn e contestano apertamente il principio di neutralità della scienza, fino ad allora considerato quasi un dogma.

Essi espongono due tesi principali:

1) *Le teorie scientifiche, pur mantenendo il loro carattere di conoscenza oggettiva e razionale, sono il risultato di un processo svolto all'interno di limiti storicamente e socialmente determinati; lo sviluppo scientifico non è lineare e cumulativo, ma procede secondo lo schema kuhniano.*

Le teorie sono un prodotto della storia degli uomini e dei rapporti sociali esistenti. Esse non rappresentano le uniche risposte possibili alle domande poste alla natura, ma sono le risposte più coerenti con quel particolare periodo storico.

2) *Non esiste alcuna relazione automatica tra sviluppo tecnico-scientifico e benessere sociale. Anzi, gli autori sottolineano la necessità di individuare strumenti e metodi in grado di garantire una gestione democratica della scienza.*

Le discussioni che si svolsero dopo la pubblicazione del testo, si concentrarono interamente sulla prima tesi, anche perché la seconda, pur rappresentando per molti versi la parte socialmente più rilevante, è stata condotta per mezzo di sottili e tecnicistiche quanto poco attraenti analisi marxiste.



Fig. 2 - Marcello Cini



Fig. 3 - Giovanni Ciccotti tra i fisici Ian McDonald e Daan Frenkel

La prima tesi rappresentava una svolta significativa rispetto alle concezioni precedenti, suggerendo l'esistenza di una connessione molto più stretta tra scienza e contesto sociale. Essa andava oltre la semplice influenza esterna (già ipotizzata dai sovietici nel 1931) per affermare che anche la scelta della teoria scientifica dominante è socialmente condizionata. In altre parole, non solo lo sviluppo della scienza avviene per rivoluzioni, ma i paradigmi che si impongono sono frutto di scelte che rispondono anche a criteri culturali e ideologici.

Le ricerche storiche hanno, in parte, corroborato questa impostazione. Un esempio emblematico è fornito dall'articolo "Nine Formulations of Quantum Mechanics" del 2002²⁰ scritto da Daniel Styer e altri studiosi. In esso si descrivono nove formulazioni differenti della meccanica quantistica - tra cui quella basata sulla funzione d'onda, la meccanica delle matrici, gli integrali di cammino, la seconda quantizzazione, l'onda pilota, la formulazione variazionale e altre ancora. Gli autori sottolineano che le nove formulazioni "differiscono notevolmente dal punto di vista matematico e concettuale, ma ognuna fa previsioni identiche per tutti i risultati sperimentali"²¹ (corsivo nostro). Questo, secondo gli autori, dimostra che la scelta della formulazione dominante non è stata dettata unicamente dai dati sperimentali, ma da altri criteri. Eppure, una sola di esse - la formulazione e interpretazione di Copenhagen - è diventata paradigma, ed è l'unica regolarmente insegnata nelle università.

Alla domanda su quali siano stati i criteri di tale scelta, aveva già risposto nel 1971 lo storico della scienza Paul Forman²². In un importante studio, Forman mostrò che l'affermazione dell'interpretazione di Göttingen-Copenhagen fu fortemente influenzata dal clima culturale antiscientifico che caratterizzava la Germania di Weimar. In quel contesto, i fisici cercarono di assicurare l'opinione pubblica, adattandosi a un ambiente intellettuale sempre più permeato da elementi irrazionalistici. Essi abbandonarono progressivamente il principio di causalità - cardine della scienza moderna - e accettarono la natura non deterministica della nuova meccanica quantistica,



Fig. 4 - Michelangelo De Maria

nel tentativo di rendere la nuova teoria più compatibile con lo spirito del tempo.

La pubblicazione del libro dei fisici romani suscitò reazioni vivaci, spesso segnate da un forte pregiudizio ideologico, soprattutto tra i filosofi.

Lucio Colletti, filosofo marxista, lo stroncò sulla rivista settimanale *L'Espresso*, riaffermando l'oggettività assoluta della scienza. Marcello Pera, allora nell'area della sinistra e futuro presidente del Senato, invitò gli autori a "studiare Popper". Paolo Rossi, storico della scienza, li definì "epistemologi della domenica". Giorgio Bocca arrivò a chiamare Marcello Cini un "cattivo maestro", per poi ritrattare.

Paradossalmente, proprio queste polemiche contribuirono ad accrescere l'interesse e la diffusione del libro, che forse altrimenti non avrebbe avuto lo stesso impatto, anche a causa della sua scrittura difficile e densa. Due degli stessi autori, nella ristampa del 2011, ammisero che il testo era "quasi illeggibile", "infarcito di citazioni marxiane" e scritto con uno stile "dottrinario"²³.

Negli anni successivi alla pubblicazione, Marcello Cini proseguì, per conto suo, le riflessioni del gruppo. Nel 1982, in occasione del III Congresso Nazionale di Storia della Fisica (Palermo, 11-16 ottobre), presentò una relazione su invito in cui tornava sul tema centrale: quali strumenti consentono alla società di influenzare la scelta del paradigma scientifico dominante?

Queste indagini continuarono nei decenni seguenti, fino alla pubblicazione, nel 1994, del suo libro *Un paradiso perduto*²⁴.

Secondo Cini il processo di costruzione della conoscenza scientifica si articola su due livelli:

- uno individuale, legato all'apprendimento personale dello scienziato o di un piccolo gruppo di ricerca;
- uno collettivo, che coinvolge l'intera comunità scientifica e attraverso cui avviene l'affermazione e la diffusione di un paradigma.

Apprendimento individuale

Secondo Cini, il singolo scienziato nella sua ricerca ha di fronte l'oggetto in sé, che, al tempo stesso, è anche "un'infinità di 'oggetti', nel senso che infinite e di infiniti tipi sono poten-

zialmente le relazioni che lo identificano come una parte definita della realtà"²⁵. Ciò significa che, in teoria, esistono infiniti modi di descrivere e interpretare ogni oggetto naturale. Lo scienziato seleziona solo alcune relazioni tra tutte quelle possibili - quelle che ritiene più rilevanti - e su di esse costruisce un modello o una teoria. Questa selezione non è neutra né automatica: riflette le scelte autonome dello scienziato, influenzate da molteplici variabili, comprese quelle indicate da Schrödinger già nel 1932 (come la formazione culturale, il contesto storico, i valori personali, ecc.).

La teoria che ne risulta viene poi verificata secondo due criteri fondamentali: la coerenza interna (ossia la consistenza logica del sistema teorico); la verificabilità sperimentale (la sua capacità di essere confermata, almeno in parte, dai dati empirici).

Apprendimento collettivo

Una volta formulata, la teoria viene presentata alla comunità scientifica, la quale ne valuta la validità e, nel caso, la integra nel proprio patrimonio condiviso. È in questa fase - quella dell'apprendimento collettivo - che la società entra in gioco in modo più diretto, influenzando l'accettazione della teoria.

La valutazione da parte della comunità si esercita attraverso una serie di pratiche consolidate, tra cui: la pubblicazione della teoria su riviste accreditate, soggette a peer-review; il dibattito nei seminari e nei convegni scientifici; il numero di citazioni ricevute; l'inclusione nei manuali accademici.

Attraverso questi canali, la comunità scientifica giudica la teoria secondo criteri molteplici: il rispetto del cosiddetto "Metodo Scientifico"; la validità, completezza, coerenza e veridicità della teoria; la sua utilità pratica; la compatibilità con le tradizioni culturali dominanti, l'aderenza alle aspettative sociali; l'efficacia e rilevanza rispetto al patrimonio storico della conoscenza. In questo modo, la scienza non evolve semplicemente per accumulo di conoscenze, ma anche per effetto di dinamiche sociali e culturali. L'accettazione o il rifiuto di una teoria non è solo un fatto epistemico, ma anche politico e simbolico.

Dopo le accese polemiche iniziali, l'interesse nei confronti de L'ape e l'architetto di-

minuì gradualmente. Tuttavia, oggi ci troviamo di fronte alla attualità di molte delle questioni sollevate dal libro.

Il libro ha sollevato interrogativi cruciali sul ruolo della scienza nella società contemporanea.

1) Quali relazioni esistono tra l'attività degli scienziati, il contesto in cui operano e le teorie che formulano? Le teorie scientifiche hanno davvero valore universale, oppure rispecchiano, come ogni altra costruzione culturale, il loro tempo e il loro ambiente sociale? Quali sono i meccanismi che regolano la nascita, l'affermazione e l'evoluzione della conoscenza scientifica?

2) E soprattutto: quale uso intendiamo fare del sapere che produciamo, e quali strumenti possiamo mettere in campo per garantirne un impiego etico e responsabile?

Gli autori hanno fornito una risposta netta al primo quesito e hanno adottato lo schema interpretativo di Kuhn per quanto riguarda lo sviluppo della scienza. Sul secondo, si sono invece limitati a osservare che la scienza, in quanto informazione, viene trattata come una merce, la cui funzione principale è certificare le innovazioni tecnologiche destinate al mercato, siano esse materiali o immateriali.

Al di là delle risposte, più o meno condivisibili, rimane il fatto che le domande sollevate restano fondamentali. Erano, e sono ancora oggi, questioni centrali per comprendere il ruolo della scienza in una società sempre più plasmata dalle tecnologie e dall'informazione. Quell'intervento avrebbe potuto aprire un dibattito ricco e profondo, stimolando nuove riflessioni sullo statuto epistemologico e sociale delle scienze. Invece, le reazioni si sono concentrate quasi esclusivamente sulla prima questione, spesso con un rigetto netto, persino sprezzante, che ha finito per silenziare anche le altre. Un'occasione mancata.

Se si fosse colta l'opportunità di affrontare fino in fondo i temi sollevati, forse oggi disporremmo di strumenti concettuali più solidi per leggere e intervenire nelle grandi trasformazio-

ni in corso.

L'accelerazione tecnologica ha generato una crescita economica senza precedenti, ma ha anche acuito la concentrazione di ricchezza e di potere in poche mani. La disuguaglianza è diventata una delle principali minacce alla coesione sociale, mentre la capacità di gestire e manipolare informazioni si è rivelata un'arma potentissima, in grado di influenzare decisioni politiche, mercati e percezioni collettive.

In questo contesto, l'uso della conoscenza non può essere lasciato al caso o all'interesse economico. È urgente ripensare i presupposti etici, politici e sociali della produzione scientifica. Bisogna garantire un accesso equo al sapere, favorire un controllo democratico sulle tecnologie emergenti e promuovere una cultura critica e consapevole dell'informazione. La manipolazione dei dati e delle notizie rappresenta un pericolo concreto per la democrazia, e non possiamo permetterci di sottovalutarlo.

Parallelamente, la crisi ambientale impone una revisione profonda del nostro modello di sviluppo. I cambiamenti climatici - causati anche da un uso miope e predatorio delle risorse naturali - colpiscono in modo diseguale, penalizzando soprattutto le popolazioni più vulnerabili. Davanti a queste sfide, l'unica strada percorribile è quella della cooperazione globale, della giustizia ambientale e della sostenibilità.

Oggi più che mai siamo chiamati a riflettere sul destino comune dell'umanità. La sopravvivenza stessa delle future generazioni è in gioco. Serve un nuovo patto tra scienza, società e politica, capace di orientare l'innovazione verso obiettivi di equità, solidarietà e rispetto per l'ambiente.

In questo scenario, il contributo de *L'Ape e l'Architetto* rappresenta un punto di partenza ancora attuale. Le domande poste da quel gruppo di fisici romani non sono state né risolte né superate. Al contrario, tornano oggi con una forza nuova, richiedendo risposte più mature, inclusive e lungimiranti.

Ringraziamenti

Ringrazio Emilio Amatulli per i suoi precisi suggerimenti; Giovanni Battimelli per il suo prezioso e paziente aiuto; Giovanni Ciccotti per le fondamentali precisazioni e per la foto inviata; Giovanni Jona-Lasinio e Mariella Manobianca per le foto inviatemi.

Note

- [1] Ciccotti G., Cini M., De Maria M., Jona-Lasinio G., *L'ape e l'architetto*, Feltrinelli, Milano 1976, ristampato con articoli aggiuntivi nel 2011 per i tipi della FrancoAngeli, Milano.
- [2] "... l'ape fa vergognare molti architetti con la costruzione delle sue cellette di cera. Ma ciò che fin da principio distingue il peggiore architetto dall'ape migliore è il fatto che egli ha costruito la celletta nella sua testa prima di costruirla in cera. Alla fine del processo lavorativo emerge un risultato che era già presente al suo inizio nella idea del lavoratore, che quindi era già presente idealmente. Non che egli effettui soltanto un cambiamento di forma dell'elemento naturale; egli realizza nell'elemento naturale, allo stesso tempo, il proprio scopo, da lui ben conosciuto, che determina come legge il modo del suo operare, e al quale deve subordinare la sua volontà.", Karl Marx, *Il Capitale*, Libro I, Editori Riuniti, Roma 1964, p. 212.
- [3] AA.VV., *Science at the Cross Roads*, Frank Cass & Co., London 1971; tr. it. *Scienza al Bivio*, De Donato, Bari 1977.
- [4] John D. Bernal, *Science in History*, Watts & Co, London 1954; tr. it. *Storia della Scienza*, Editori Riuniti, Roma 1969.
- [5] Benjamin Farrington, *Greek Science: Its Meaning for Us*, Part I and Part II, Penguin Books, London 1953; tr. it. *Storia della scienza greca*, Mondadori, Milano 1964.
- [6] Max Weber, "Die protestantische Ethik und der Geist des Kapitalismus", in *Gesammelte Aufsätze zur Religionssoziologie*, vol. I, Mohr, Tübingen 1920; tr. it. "L'etica protestante e lo spirito del capitalismo", in *Sociologia della religione*, a cura di P. Rossi, vol. I, Edizioni di Comunità, Milano 1982.
- [7] Robert K. Merton, *Social theory and social structure*, Free Press, Glencoe 1949; tr. it. *Teoria e struttura sociale*, Il Mulino, Bologna 1966.
- [8] George Sarton, *Introduction to the history of science*, Carnegie Institution of Washington 1927.
- [9] Vannevar Bush, "As we may think", in *The Atlantic Monthly*, July 1945.
- [10] Vannevar Bush è stato un tecnologo inventore degli ipertesti, del Memex (un calcolatore meccanico analogico) e dell'Analizzatore Differenziale (un calcolatore analogico in grado di risolvere equazioni differenziali). Il presidente Roosevelt lo nominò, nel 1940, presidente del *National Defense Research Committee* (Commissione di ricerca per la difesa nazionale) e, nel 1941, direttore dell'*Office of Scientific Research and Development* (Ufficio per la ricerca e lo sviluppo in ambito scientifico). In pratica egli fu coordinatore unico di tutte le attività di ricerca svolte negli Stati Uniti per supportare l'esercito americano durante la guerra.
- [11] Pascal G. Zachary, *Endless frontier: Vannevar Bush, Engineer of the American Century*, Free Press, Glencoe 2018; tr. it. *Vannevar Bush*, Egea, Milano 2018, p. 238.
- [12] "Ist die Naturwissenschaft milieubedingt?", testo ampliato di una conferenza presso l'Accademia prussiana delle scienze, classe fisico-matematica, Berlino, 18 febbraio 1932, pubblicato nel volume: E. Schrödinger, *Über Indeterminismus in der Physik/Ist die Naturwissenschaft milieubedingt?* Barth, Lipsia 1932; trad. it. in E. Schrödinger, *L'immagine del mondo*, Bollati Boringhieri, Torino 2017.
- [13] Ibid. p. 42.
- [14] Ibid. p. 55.
- [15] Ibid. p. 47.
- [16] Ibid. p. 48.

- [17] Ibid. p. 49.
- [18] Thomas S. Kuhn, *The structure of scientific revolutions*, University of Chicago Press, Chicago 1962; tr. it. *La struttura delle rivoluzioni scientifiche: come mutano le idee della scienza*, Einaudi, Torino 1969.
- [19] Ricostruzioni storiche dell'ambiente scientifico italiano negli anni '60 e '70 si possono trovare ad esempio nel volume *Il '68 e la scienza in Italia*, Note di Matematica, Storia, Cultura, Milano, Pristem/Storia nn. 27/28, 2010; Angelo Baracca, Silvio Bergia, Flavio Del Santo, 2017, "The Origins of the Research on the Foundations of Quantum Mechanics (and Other Critical Activities) in Italy during the 1970s," *Studies in History and Philosophy of Science. Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 57, pp. 66-79; Gerardo Ienna, "Fisici italiani negli anni '70 fra scienza e ideologia", *Physis*, LV 1-2, 2020, pp. 415-442.
- [20] Daniel F. Styer, Miranda S. Balkin, Kathryn M. Becker, Matthew R. Burns, Christopher E. Dudley, Scott T. Forth, Jeremy S. Gaurer, Mark A. Kramer, David C. Oertel, Leonard H. Park, Marie T. Rinkoski, Clait T. Smith, and Timothy D. Wotherspoon, "Nine formulations of quantum mechanics", *American Journal of Physics*, 70, 2002, pp. 288-297.
- [21] Ibid. p. 288.
- [22] Paul Forman "Weimar culture, causality and quantum theory, 1918-1927: adaptation by german physicists and mathematicians to a hostile intellectual environment", *Historical Studies in the Physical Sciences*, 3, 1971, pp. 1-115.
- [23] Ciccotti G., De Maria Michelangelo, "Ciò che è vivo e ciò che è morto de L'Ape e l'Architetto", nella ristampa del 2011 della casa editrice FrancoAngeli, Milano, p. 228.
- [24] Marcello Cini, "L'identificazione dei criteri di scelta della comunità degli scienziati nella storiografia e nella ricerca scientifica: il caso della meccanica quantistica", in F. Bevilacqua, A. Russo (a cura di), *Atti del III Congresso Nazionale di Storia della Fisica*, Palermo 11-16 Ottobre 1982, C.N.R. Gruppo Nazionale di Coordinamento per la Storia della Fisica, pp. 245-274.
- [25] Marcello Cini, *Un paradiso perduto*, Feltrinelli, Milano 1994, p. 184.



> Mario Sagiovanni,
Campanile con chiesa,
acquerello su carta.

SAGIOVA

Sull'autonomia della biologia



Clara Frontali

Laureata in fisica, Clara Frontali, ha svolto la sua attività di ricerca presso l'Istituto superiore di sanità a Roma dedicandosi allo studio della biologia con i metodi e gli strumenti concettuali della fisica, nella linea di Mario Ageno, di cui è stata allieva e collaboratrice, contribuendo alla nascita della biofisica in Italia. Ha svolto, inoltre, attività di ricerca nel campo della biologia molecolare e attività di controllo riguardanti la regolamentazione degli OGM. Nel corso degli anni ha rappresentato l'Italia in diverse sedi internazionali come Organizzazione mondiale della Sanità, l'Unione Europea e l'OCSE. Si è dedicata ad attività di comunicazione della scienza e, più di recente, ha rivolto la sua attenzione ad aspetti epistemologici della biologia analizzando criticamente, l'uso in essa fatto di alcuni concetti generali. Ha ricevuto il Premio "Marina Diana Mercurio" nel 2022. Socia dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere e Arti di Palermo.

Introduzione

Sulla questione della riducibilità o meno della biologia alla fisica (al suo sistema di concetti ed alle leggi che ne risultano) sono stati spesi fiumi di inchiostro, tanto che darne un quadro sia pur riassuntivo esula dalle dimensioni di un articolo. Anche se può apparire datata, la questione – lungi dall'essere risolta – riemerge di quando in quando. Posizioni radicalmente riduzioniste, viste anche come unica alternativa ad un inaccettabile vitalismo, vengono ancora oggi sostenute da fisici autorevoli [1], mentre le crescenti potenzialità di calcolo hanno alimentato in alcuni la convinzione che l'elaborazione dell'enorme mole di dati oggi generati da genomica, trascrittomica ecc. permetterà di chiarire i meccanismi del mondo biologico per via inferenziale.

In tempi recenti l'applicazione dei metodi della meccanica statistica a comportamenti collettivi di insiemi di organismi viventi, come stormi di uccelli o sciame di insetti [2,3], ha fatto seguito ad un approccio innovativo [4] che – rinunciando esplicitamente alla possibilità di predizioni *ab initio* – si propone di identificare classi di comportamenti, suscettibili di predizioni probabilistiche, che possono accomunare il mondo della biologia a quello della fisica.

Vorrei qui ripercorrere il contributo di due Autori le cui trattazioni sull'autonomia della biologia – tuttora valide – possono essere utilmente accostate in un quadro che riconosce la presenza di due diverse dimensioni nell'insieme di discipline comunemente raggruppate sotto il nome di biologia, e la non riducibilità alla fisica della dimensione 'storica'. (Nelle considerazioni che derivano dalla sovrapposizione delle visioni dei due Autori eviterò di proposito l'uso del termine 'complessità', termine che ha implicazioni diverse nelle due dimensioni).

Ageno e le 'aree di indifferenza'

L'esigenza di una integrazione tra campi diversi del sapere scientifico in un unico quadro concettuale fu lo stimolo che portò il fisico Mario Ageno (1915-1992) a dedicarsi alla biofisica, non solo con attività sperimentali, ma soprattutto con un approccio speculativo che traccia la via per uscire dalle ristrettezze dell'annosa diatriba tra vitalismo e riduzionismo. È quest'ultimo approccio che vorrei tentare di delineare, rifacendomi ai testi in cui è esposto estesamente [5-7].

Il discorso prende le mosse da una valutazione dell'elevatissimo numero di cambiamenti biologicamente significativi che possono avvenire nella molecola di DNA che costituisce il patrimonio genetico di un organismo, senza che le proprietà fisiche della molecola ne risultino sostanzialmente alterate. Data la struttura combinatoria del genoma, osserva Ageno, tale numero aumenta esponenzialmente all'aumentare delle dimensioni del genoma. Già per un batterio come *Escherichia coli* (il cui patrimonio genetico ammonta a $4,6 \cdot 10^6$ coppie di basi, per un totale di circa 4000 geni), la stima – peraltro grossolana – fornita da Ageno conduce ad un numero strabiliante: (10^{1200}). Ma, al di là di tale valutazione, vale la seguente affermazione generale [5, pag. 411]:

'Il numero dei genotipi diversi che si possono generare risulta [...] assolutamente sproporzionato rispetto al numero di esemplari che può essere presente in qualunque popolazione naturale.'

È su questa estrema varietà di entità biologicamente distinguibili ma fisicamente equivalenti che opera la selezione naturale. Le conseguenze che derivano da queste considerazioni sono assai rilevanti. Ecco come vengono presentate ne 'I punti cardinali' ([6], pagg. 217-219, sottolineature nel testo):

'Abbiamo appena visto che esistono situazioni oggettive completamente definite in cui non si ha un piccolo numero di possibili vie alternative, tutte aventi probabilità quantitativamente significative, ma si ha invece a che fare con un numero fantasticamente elevato di possibilità alternative, tutte reali ed immanenti, e tutte pressoché equivalenti dal punto di vista della probabilità. [...]

In un caso del genere il concetto stesso di probabilità perde senso. Supponiamo infatti che la teoria ci fornisca una probabilità dell'ordine di 10^{1200} per la comparsa di una determinata alternativa in una popolazione batterica. Se la popolazione comprende in totale, per esempio, 10^{30} individui [...] a che cosa ci può servire mai quel dato? Non possiamo confermarlo sperimentalmente rilevando la frequenza con cui quell'alternativa effettivamente si presenta. E non possiamo neppure servirci di quel dato per fare una qualche previsione sul comportamento futuro del sistema che interessa. Al limite dunque, quando il numero delle alternative diventa fantasticamente elevato e tutte sono tra loro pressoché equivalenti, perdono senso le stesse leggi fondamentali su cui si basa, nel caso dei sistemi più semplici, il calcolo delle probabilità delle diverse vie evolutive. L'idea stessa di legge fisica entra in crisi! ... Al campo fenomenico in cui tutto ciò avviene appartiene in particolare il mondo della vita. [...]

Si prospetta così una possibile teoria generale in cui non ci sia più alcuna separazione o contrapposizione tra mondo fisico e mondo della vita. [...] Occorre subito osservare che, malgrado ogni possibile apparenza in contrario, non siamo affatto di fronte ad una fisicalizzazione della biologia. Di fatto, ciò a cui portano le considerazioni precedenti è proprio il contrario: la fondazione, chiara e definitiva, dell'autonomia della biologia come scienza, nel momento stesso in cui si chiarisce il modo in cui il propriamente "biologico" emerge dal sottofondo chimico-fisico che realizza il macchinismo del vivente.

Tutto ciò non impedisce la formulazione di teorie di tipo biologico: teorie che, anche se non sono predittive, riescono a organizzare un complesso di fatti particolari che spesso trovano una logica unicamente sulla base delle loro concatenazioni storiche. Per Ageno, alle origini di questa 'storicità' ci sono sempre scelte tra alternative fisicamente indifferenti. Ed è entro questa 'indifferenza fisica' che trova spazio il 'biologico' per svilupparsi.

La seconda tappa del cammino percorso da Ageno passa per una nuova definizione del vivente come appartenente alla grande categoria di quelli che egli chiama – con una particolare accezione del termine – 'sistemi coerenti'. A differenza dai 'sistemi legati' (come un atomo,

una molecola o una galassia), le cui parti sono tenute insieme da un'energia di legame, nei sistemi coerenti quest'ultima svolge un ruolo del tutto marginale, come ad esempio nel caso di un anello di fumo o di un ciclone. Ciò che li definisce, e li delimita nel tempo e nello spazio, è essenzialmente l'ordine, la 'coerenza' dei processi interni in cui sono coinvolte le subunità che lo costituiscono. Osserva Ageno (cito qui il testo di una sua conferenza, che ben sintetizza quanto esposto in proposito in [5,7]):

‘Più sistemi coerenti possono sempre, mediante uno scambio tra loro di segnali convenienti, realizzare una coerenza più vasta, mettendo tra loro in fase, per così dire, i processi interni di ciascun sistema con quelli di tutti gli altri. Si forma allora, quando questo avviene, un nuovo sistema coerente ad un livello gerarchicamente più elevato. Basta, a questo scopo, che i sistemi componenti possano scambiarsi dei messaggi atti a regolare e accordare tra loro i relativi processi interni.

Si passa così ad esempio da organismi unicellulari a organismi pluricellulari, o da individui isolati a società organizzate. Si pensi ad esempio al complesso sistema di segnali che vige presso certe società di insetti, organizzate in caste in base ad una specializzazione morfologica e funzionale. Questo tipo di specializzazione cede progressivamente il passo lungo la via evolutiva ad una specializzazione comportamentale (ad esempio nelle società di mammiferi) mentre si moltiplicano e si perfezionano le tecniche per lo scambio dei segnali. [...]

Si va così formando un patrimonio sociale che viene trasmesso da una generazione alla successiva e che consiste in un particolare modo adattativo di conoscere, cioè di descrivere e interpretare, l'ambiente e la società stessa. Accanto all'evoluzione biologica fa la sua comparsa un nuovo processo evolutivo, per il quale si apre un nuovo spazio di indifferenza biologica, costituito da un numero praticamente illimitato di comportamenti diversi a priori possibili.’

Vorrei qui mettere l'accento sulla struttura a livelli gerarchici inclusivi delineata da Ageno, e soprattutto sulla visione secondo cui il passaggio da un livello al successivo si verifica quando – mediante uno scambio di ‘segnali’ (messaggi o interazioni) – più elementi di un livello ‘mettono in fase’ i propri processi interni generando

comportamenti ordinati che definiscono gli elementi del livello superiore.

La selezione naturale opera, secondo Ageno, su di un vastissimo spettro di possibilità (ciascuna a ‘*probabilità evanescente*’) così che il tipo e l'organizzazione dei particolari segnali che verranno storicamente ad instaurarsi non sono deducibili da regole pre-determinate al livello precedente: quest'ultimo resta indifferente rispetto alle scelte comportamentali che avranno successo, e che a loro volta condizioneranno scelte successive. Si realizza così ad ogni passaggio un progressivo affrancamento dal determinismo fisico-chimico prima, biologico (genetico²) poi.

Le due biologie di Ernst Mayr

Nel corso della sua lunga vita, il biologo naturalista Ernst Mayr (1904-2004) si è a più riprese dedicato ad analizzare le basi teoriche della biologia. Nel suo ultimo libro (il 25° da lui pubblicato) “What makes biology unique. Considerations on the autonomy of a scientific discipline” [9] le posizioni da lui nel tempo ‘maturate’, e talvolta riviste, vengono esposte in modo completo (non senza spunti polemici). Tra i molti suoi contributi alla filosofia della biologia, mi soffermo qui sulle sue considerazioni volte a dimostrarne l'autonomia dalla fisica.

Partendo da una distinzione tra ‘scienze naturali’ e ‘scienze storiche’ (sono ‘storiche’ scienze umanistiche, come linguistica, filologia o antropologia, ma anche la geologia e la cosmologia), ovvero tra insiemi disciplinari che differiscono sia per il quadro concettuale che per l'approccio metodologico, Mayr riconosce l'esistenza di due campi fondamentalmente diversi entro il perimetro della disciplina comunemente indicata come biologia: il campo della ‘biologia funzionale’ e quello della ‘biologia evolutiva’: il primo (lo studio dei processi fisiologici) ricadente nel dominio delle scienze naturali come la chimica o la fisica; più affine alle scienze storiche il secondo.

‘La biologia si compone in realtà di due settori alquanto diversi: la biologia meccanicista (o funzionale) e la biologia storica. La biologia funzionale si occupa degli aspetti fisiologici delle attività espletate dagli organismi viventi, in particolar modo di tutti i processi cellulari, inclusi quelli del genoma. Si tratta di processi funzionali che, in definitiva, si possono spiega-

re in termini puramente meccanicistici con la chimica e la fisica.

L'altro settore è la cosiddetta biologia storica. Per spiegare un processo puramente funzionale non è necessario conoscerne la storia; invece la conoscenza storica è indispensabile per spiegare tutti quegli aspetti del mondo vivente che coinvolgono la dimensione del tempo: in altre parole, come oggi sappiamo, tutto ciò che ha a che fare con l'evoluzione. Questa è appunto la biologia evolutiva. [9, pp. 24-25]

Il campo della biologia funzionale è considerato da Mayr 'meccanicistico' in quanto – come avviene nel campo della chimica e della fisica – i comportamenti di insieme che si svolgono in un sistema biologico (cellula, organismo, insieme di organismi sociali...), e ne permettono le funzioni, possono essere interpretati in base alla conoscenza delle proprietà delle unità costituenti il sistema, nonché delle interazioni che possono aver luogo tra tali unità ('...le interazioni tra le componenti devono essere prese in considerazione alla stessa stregua delle proprietà delle componenti isolate', [9, p. 36]).

Ciò implica – osserva Mayr – una 'classificazione non ambigua', sia delle unità costituenti che del tipo di interazioni, classificazione che necessariamente trascuri variazioni inessentiali. I membri di ogni classe vengono quindi considerati identici, costanti e chiaramente separati dai membri di ogni altra classe. Questa riduzione ad 'essenze' delimitate e fisse ('essentialismo') caratterizza, secondo Mayr, l'approccio metodologico delle scienze naturali.

'Fin dai tempi dei Pitagorici e di Platone, per spiegare l'eterogeneità del mondo vivente si ricorreva a un concetto tradizionale che postulava l'esistenza di un ridotto numero di generi naturali, eide, o essenze, nettamente distinti e immutabili. Questa corrente di pensiero fu chiamata tipologia o essenzialismo. La varietà apparentemente infinita di fenomeni, si diceva, era composta in realtà da un numero limitato di specie naturali ('essenze' o 'tipi'), ciascuna delle quali formava una classe. I membri di ogni classe, inoltre erano ritenuti identici tra loro, immutabili e nettamente distinti dai membri di ogni altra classe. La variazione, perciò, era ritenuta inessenziale e accidentale.' [9, p. 27]

Questo modo di pensare per 'tipi' – continua Mayr – non è però applicabile alla biologia

evolutiva, che trova proprio nella variabilità tra individui (e di generazione in generazione) la ricchezza di alternative su cui opera la selezione naturale. È questa una caratteristica propria del mondo vivente tale da richiedere un approccio nuovo ed autonomo.

Secondo Mayr, non c'è da meravigliarsi, dunque, se nella biologia evolutiva – a causa del ruolo svolto dal caso e del carattere di unicità che caratterizza molti dei fenomeni in essa considerati – si possono formulare teorie non basate su leggi, ma piuttosto sull'introduzione di concetti quali selezione naturale, filogenesi, eterozigosi, *imprinting*, dominanza, per fare solo pochi esempi.

Un secondo aspetto della biologia che non trova corrispondenza nel mondo inanimato, ma che riguarda tanto il campo della biologia funzionale quanto quello della biologia evolutiva, è la presenza di un programma contenente 'un'informazione codificata e preorganizzata che controlla un processo (o comportamento)' [9, p. 56]. Ciò introduce quello che Mayr chiama 'la duplice causalità', che costituisce 'una linea di demarcazione netta tra il mondo inanimato e quello vivente' [9, p.92], dato che i processi che si svolgono in ogni organismo vivente ubbidiscono sia alle leggi della chimica e della fisica, sia ad un programma genetico che si è formato storicamente.

Due visioni che si completano a vicenda

Dovrebbe a questo punto risultare chiaro ciò che accomuna i due pensatori. In un tentativo di renderlo più esplicito provo a proporre – applicando un po' grossolanamente quanto suggerito da Ageno – una rappresentazione grafica semplificata, puramente indicativa. Essa infatti andrebbe arricchita infittendo i livelli (rappresentati nel grafico come piani orizzontali), ad esempio esplicitando la comparsa di molecole auto-replicanti, oppure l'avvento della sessualità. Né sono indicati tratti verticali che indichino i passaggi da un livello all'altro. Si noti che da uno stesso piano potranno diramarsi più assi verticali – sempre più numerosi man mano che si sale di livello – a seconda del tipo di interazioni o segnali scambiati, responsabili dell'instaurarsi di nuovi insiemi coordinati (elementi del livello immediatamente superiore). Può trattar-

si di segnali motori, come nel caso della danza delle api, olfattivi, chemiotattici, o altro.

Come già osservato, ad ogni passaggio si ha un aumento della flessibilità comportamentale – rappresentata qualitativamente nello schema dall'estensione della zona grigia – mentre si riduce la nostra possibilità di predizione, sia deterministica che probabilistica.

A partire da che punto, procedendo verso l'alto, si passa dal mondo fisico-chimico al 'propriamente biologico'? Con tutta evidenza non si tratta di una separazione netta, ma piuttosto di uno sfumare dell'uno nell'altro con l'aumentare del numero delle scelte che lasciano indifferente il livello precedente³. Cominceremo a parlare di evoluzione (includendovi l'evoluzione prebiotica) da quando questo numero diviene molto

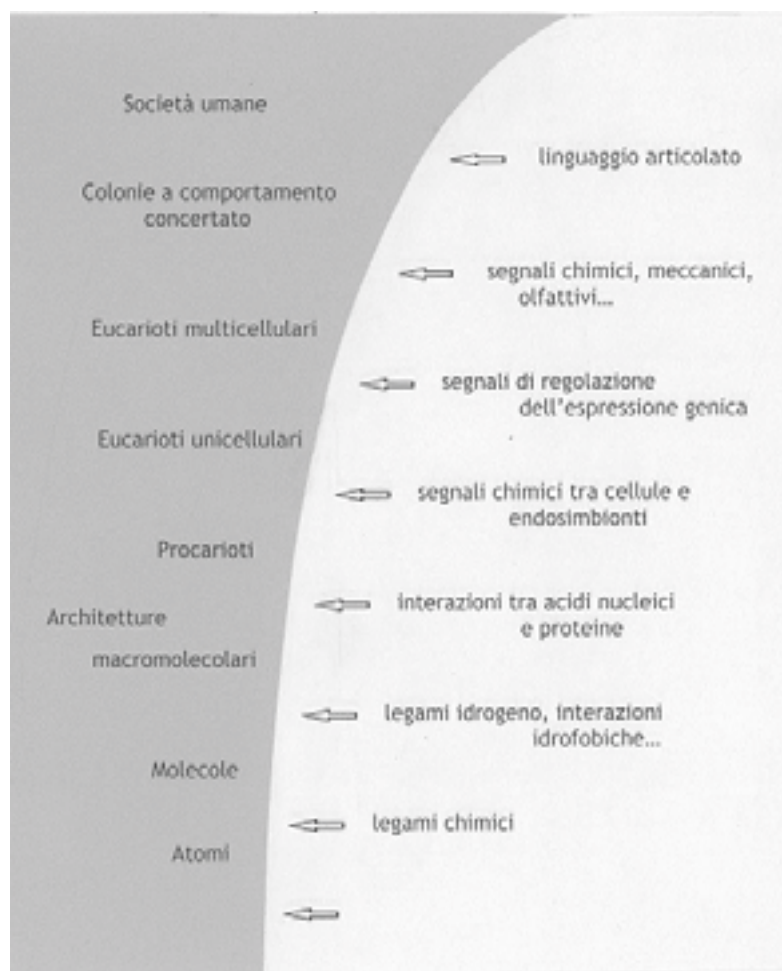
elevato rispetto al numero degli elementi coinvolti.

Occorre chiarire subito che la rappresentazione proposta non ha niente a che fare con la visione teleologica che – assumendo una direzionalità nell'evoluzione – pone la specie umana a coronamento del mondo vivente. Notiamo incidentalmente che diversi passaggi (ad es. da procariote a eucariote, da organismo unicellulare a organismo pluricellulare, da individuo isolato a società di individui) coincidono con alcune di quelle che Maynard-Smith e Szatamary [10] hanno definito 'grandi transizioni'. Ora, è pur vero che tali transizioni sono avvenute in tempi successivi (né evidentemente avrebbero potuto avvenire in un diverso ordine), ma va riaffermato che esse non sono pas-

si obbligati dell'evoluzione: i batteri attuali ne hanno fatto a meno e – avendo percorso un tempo evolutivo (misurato in numero di generazioni) enormemente più lungo di quello percorso ad esempio dai mammiferi – si presentano oggi con un macchinismo biochimico estremamente sofisticato e perfezionato. Il loro successo evolutivo li ha portati a costituire più del 50% di tutta la materia vivente sul nostro pianeta. (Del resto, esempi di transizioni verso il basso, con perdita di funzioni, si trovano frequentemente in organismi divenuti parassiti obbligati).

Quello che si vuole qui sottolineare è come le due dimensioni, orizzontale e verticale, del grafico proposto corrispondano bene alle 'due biologie' di Mayr: la biologia funzionale si sviluppa in orizzontale, quando ad un determinato livello sia possibile un approccio 'tipologico' (non applicabile, ricordiamo, alla biologia evolutiva), cioè sia possibile ragionare per clas-

si distinte, trascurando variazioni inessenziali all'interno di ogni classe – e ciò sia per quanto riguarda le unità che le interazioni o segnali



Nota: con 'Architetture macromolecolari' è qui indicata una categoria che va dai lipopolisaccaridi e dalle macromolecole informative a strutture quali membrane, vescicole, capsidi ecc.

che esse si scambiano. Divengono allora possibili modellizzazioni che, tuttavia, non necessariamente si rifanno ai concetti della fisica: vi sono casi in cui ciò avviene, come ad esempio nel caso di 'pattern' (quali striature e macchie pigmentate di manti felini o di ali di farfalla) riconducibili a dinamiche di reazione/diffusione [11], ed altri in cui previsioni statistiche quantitativamente verificabili sono invece basate su concetti propri della biologia (come i concetti di eterozigosi/omozigosi e di dominanza/recessività nel caso dell'eredità mendeliana).

Prendendo ad esempio il caso della fotosintesi dobbiamo riconoscere che, mentre è possibile interpretare la funzione clorofilliana a livello quantistico, quello che non possiamo fare è dimostrare che la via che ha condotto alla comparsa dei (diversi) sistemi fotosintetici attuali fosse l'unica possibile, già implicita e pre-deter-

minata ai livelli precedenti.

La biologia evolutiva, che si sviluppa lungo l'asse verticale del grafico, sfugge infatti ad ogni possibilità di riduzione e di previsione, in quanto dettata da contingenza. Con questo termine va intesa sia la dipendenza da una particolare combinazione di eventi precedenti (eventi che possono essersi accumulati nel genoma anche senza immediate conseguenze fenotipiche che aumentino la 'fitness'[12]), sia – e principalmente – quello sfumare del concetto di probabilità che (come chiaramente espresso da Ageno) si verifica quando la limitata numerosità delle popolazioni di organismi viventi impedisce loro di esplorare tutta la grandissima varietà di possibili vie evolutive che si aprono ad ogni livello, nella sostanziale indifferenza degli elementi del livello precedente.

Note

- [1] Questa conclusione è ribadita in [7], pag. 42: *‘Il concetto stesso di probabilità perde senso quale strumento capace di fornire indicazioni sul futuro comportamento del sistema. Il concetto stesso di legge fisica perde senso come strumento di determinazione univoca di probabilità evanescenti. Ciò che viene in luce è un aspetto del mondo della vita che non viola nessuna delle leggi della fisica e della chimica, ma che tali leggi non sono più in grado di dominare.’*
- [2] Un esempio di affrancamento dal determinismo genetico è offerto [8] dalle specie di api eu-sociali, che formano colonie di diverse migliaia di individui capaci di sofisticate modalità di comunicazione, e caratterizzate da specializzazione morfologica a seconda dei ruoli svolti nella divisione del lavoro. Specie eu-sociali si sono evolute indipendentemente almeno due volte a partire da antenati solitari, e sono dotate – rispetto a specie di api che vivono in piccole colonie o come individui singoli – di una maggior flessibilità nella regolazione dell’espressione genica.
- [3] A livello di struttura atomica, anche per un atomo di Carbonio asimmetrico è indifferente se l’attività ottica della molecola in cui è inserito è destrogira o levogira, ma le scelte possibili sono solo due. A parità di struttura molecolare, le permutazioni nell’ordine dei nucleotidi lungo una molecola di acido nucleico sono, viceversa, in numero esorbitante.

Bibliografia

- [1] S. Weinberg, *‘To explain the world: the discovery of modern science’*. Harper, New York, 2015, pp. 267-268.
- [2] A. Attanasi, A. Cavagna, L. Del Castello, I. Giardina et al. *‘Information transfer and behavioural inertia in starling flocks’*, Nature Phys. 10, 691-696 (2014)
- [3] Id. *‘Collective behavior without collective order in wild swarms of midges’*, Phys. Rev. Letters, 113, 238102, 2014.
- [4] G. Parisi, *La chiave, la luce e l’ubriaco. Come si muove la ricerca scientifica*. Di Renzo Roma, 2021.
- [5] M. Ageno, *‘Le radici della biologia’*, Feltrinelli, Milano, 1986
- [6] M. Ageno, *‘I punti cardinali: dal mondo della fisica al mondo della vita’*, Milano, Sperling e Kupfer, 1992
- [7] M. Ageno, *‘Che cos’è la vita: in occasione del cinquantesimo anniversario di ‘What is life’ di Erwin Schrödinger’*. Roma, Lombardo, 1994
- [8] K. M. Kapheim et al., *‘Genomic signature of evolutionary transitions from solitary to group living’*, Science, 348, 1139-1143, 2015
- [9] E. Mayr, *‘L’unicità della biologia. Sull’autonomia di una disciplina scientifica’*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2005. Titolo originale: *‘What makes biology unique. Considerations on the autonomy of a scientific discipline’*, 2004
- [10] J. Maynard-Smith, E. Szatamary, *‘The Major Transitions in Evolution’*, Oxford Univ. Press, Oxford, U.K. (1995)
- [11] Zhabotinsky A. M., *A history of chemical oscillations and waves*, Chaos 1, 379-86 (1991)
- [12] Z. D. Blount, C. Z. Borland, R. E. Lenski *‘Historical contingency and the evolution of a key innovation in an experimental population of Escherichia coli’*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 105, 7899-7906, 2008.



reproduction by J.M.W. TURNER



> Mario Sangiovanni,
Crepuscolo dell'Italsider
n° 4, 1994, olio su cartoncino.

III

Rubriche

In questa terza Sezione sono presenti delle “rubriche” che si prefiggono di svolgere un discorso articolato a partire da un particolare punto di vista. Il filo conduttore dei diversi argomenti trattati sarà dato dall’angolazione dalla quale verrà svolta l’analisi. Giovanni Paoloni si propone di sensibilizzare sul ruolo cruciale svolto dagli archivi – da lui visti come vere e proprie “scatole nere della storia” – che, storicamente, sono stati connessi in modo prioritario al settore umanistico. In questo numero si descrive l’importanza che hanno assunto, via via, anche gli archivi scientifici. Settimo Termini, nella convinzione che mettere in contatto testi anche molto distanti tra loro possa produrre utili cortocircuiti, accenna qui a caratteristiche (non positive) con cui viene sempre di più recepita e vista la tecnologia nel vissuto quotidiano. Marco Elio Tabacchi, vuole usare l’incrocio di linguaggi comunicativi diversi (scrittura e immagine) per mettere sinteticamente a fuoco qualcosa di non effimero. Così ci ricorda Federico Caffè, delle cui analisi e dei cui consigli oggi avremmo tanto bisogno.



"Vicolo di Pozzuoli"

> Mario Sangiovanni,
Vicolo di Pozzuoli, acquerello
su cartoncino.

Archivi e storia della scienza.

Dalla marginalità allo sviluppo

*Come le scatole nere degli aerei,
gli archivi ci permettono di
gettare un po' di luce su problemi
e questioni che altrimenti
rimarrebbero irrisolte.
Dobbiamo apprezzarne il valore,
e saperli maneggiare con cura*



**Giovanni
Paoloni**

Nato a Roma il 17 febbraio 1956 ha insegnato Storia e politiche della scienza e della ricerca, Archivistica generale, e Storia degli archivi presso la Sapienza Università di Roma, dove è stato professore ordinario nel Dipartimento di lettere e culture moderne. Lavora alla storia dell'Accademia Nazionale dei Lincei nel periodo dal 1870 al 1990, ed è stato Visiting Scholar presso il Max Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte di Berlino. È socio dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL e dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere e Arti di Palermo, è anche corrispondente dell'Accademia dell'Istituto delle Scienze di Bologna e dell'Istituto Lombardo – Accademia di Scienze, Lettere e Arti.

giovanni.paoloni@uniroma1.it

La conservazione dei materiali documentari pare essersi mossa su corsie preferenziali, accordando una spiccata prevalenza - che si tradusse poi in impegno istituzionale ed economico - ad aree del sapere più strettamente collegate agli studi di carattere umanistico. Sovente le carte di letterati, filosofi, politici, e quelle testimoniando alcuni aspetti della vita dello Stato, hanno goduto di massimo riguardo, in quanto capaci di svelare i retroscena che discipline ex-post quali filologia, ecdotica, e una certa storiografia sono interessate a comprendere e approfondire. Basti pensare ai numerosi archivi di scrittori del XX secolo oggi conservati presso centri di studi e fondazioni¹. Il medesimo trattamento non è stato accordato a molte altre tipologie di archivi, che per decenni hanno goduto di scarsa attenzione da parte della comunità storica e archivistica, affidando le proprie sorti conservative al buon senso di pochi funzionari archivisti e all'affetto e alla riverenza degli allievi per le carte dei loro maestri: si sta facendo riferimento al tema di questo contributo, gli archivi della scienza, ossia tutti quei complessi documentari di varia natura e origine che sono testimonianza dell'attività intellettuale, organizzativa, politica che soggiace al progresso scientifico e tecnologico dello Stato moderno. In quella che è stata più volte definita come "l'età della tecnica", nella quale da semplice strumento nelle mani dell'uomo, quest'ultima è diventata soggetto della storia, sembra essere un atto dovuto il confrontarsi con la storicità di eventi accademici, industriali e istituzionali che hanno plasmato la fisionomia delle ricer-

che nel nostro Stato, per poter quindi meglio valutare effetti e ricadute sul tessuto sociale. Non si afferma nulla di straordinario dicendo che scienze quali fisica, matematica, chimica, farmacologia, informatica sono alla base di alcuni dei più grandi cambiamenti dell'ultimo secolo, e soffermarsi unicamente sui loro risultati e su quanto pubblicato nella letteratura scientifica, senza comprendere i lunghi processi che stanno dietro alle rivoluzioni che hanno gettato le fondamenta del nostro attuale modello di vita, significa eludere una parte fondamentale della storia contemporanea. Seguendo questa linea di pensiero si comprende bene l'importanza del recupero degli archivi di scienziati e di enti di ricerca, i quali forniscono un punto di accesso privilegiato su dinamiche che altrimenti rimarrebbero ignote: corrispondenze, appunti, studi e altri ancora sono materiali che oltre a permetterci di ricostruire la genesi del pensiero del singolo, ci danno uno spaccato dei rapporti che si instaurarono tra i molti protagonisti di una determinata epoca, dalla cui collaborazione prese forma una data comunità scientifica. Lo studio di questi rapporti è quanto mai fondamentale poiché raramente l'invenzione da cui scaturisce il progresso è frutto del singolo genio isolato nel laboratorio, bensì è più spesso figlia di una politica di incentivazione della ricerca, nella quale i bisogni della nazione trovano risposta attraverso strutture organizzate di ricercatori i cui rapporti e scambi permettono l'accumularsi progressivo della conoscenza. Dare rilevanza ai carteggi, che di questi fitti rapporti sono i testimoni, permette di ricostruire l'intricata rete di connessioni e corrispondenze tra i protagonisti di un dato periodo e di calarsi all'interno di elementi contestuali non secondari; il contesto, da intendere come elemento attivo in grado di incidere profondamente sugli attori in gioco - ma fondamentalmente anche di decidere chi quegli attori dovranno essere e cosa dovranno fare - è una componente primaria nel momento in cui si va ad approfondire la storia delle discipline scientifiche, per loro stessa natura strettamente legate a fattori di ordine economico e politico.

Da queste considerazioni deriva un quadro complesso che da anni è oggetto dell'attenzione degli storici della scienza, che in

collaborazione con gli archivisti hanno consentito il recupero di quei materiali che giacevano inerti da decenni. L'archivistica stessa, la quale ha spesso risentito delle preferenze e dei bias di una disciplina convenzionalmente legata da un lato alla storia delle istituzioni, e dall'altro a branche del sapere vicine ai contesti di carattere umanistico, per avvicinarsi ai nuovi soggetti di studio ha dovuto ampliare i propri orizzonti, confrontandosi con tipologie di archivi che di rado precedentemente avevano ricevuto la sua attenzione. L'archivistica, infatti, sviluppandosi all'interno di una classe di studi con forte prevalenza di carattere umanistico-sociale, in stretto rapporto con altre discipline paleografiche, biblioteconomiche e diplomatistiche, tendeva per naturale inclinazione ad accordare una preferenza a quelle aree del sapere, lasciando sullo sfondo ciò che era difficilmente inquadrabile attraverso questo paradigma. Al parziale disinteresse dei tecnici della memoria - gli archivisti - va aggiunta l'approssimazione e la sufficienza con la quale all'interno dei grandi enti con finalità scientifiche era stato affrontato il tema della gestione documentale. Spesso appaltata a personale senza specifica professionalità, la memoria storica ha avuto grosse difficoltà a vedersi riconosciuta una specifica utilità al di là di quella di feticcio o memorabilia, e conseguentemente il rischio di dispersione per gli archivi del XX secolo è stato molto alto. Furono in pochi coloro che fin dagli anni '50, con la volontà di recuperare le memorie dei propri maestri e colleghi, cominciarono un'operazione di raccolta che ha permesso a molti materiali di arrivare fino a noi; furono anche i primi a comprendere - forse perché direttamente coinvolti - l'importanza della storia della scienza, e desiderosi di potersi autorappresentare al pari delle altre discipline cominciarono un'opera di valorizzazione degli archivi legati ad alcuni dei nomi degli scienziati più rappresentativi dello scorso secolo.

I primi tentativi di recupero e censimento di tali archivi possono essere fatti risalire alla fine degli anni Ottanta del Novecento, quando l'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL ottenne su un progetto così definito l'appoggio e il supporto tecnico dell'Amministrazione archivistica. Ma l'inte-

resse dell'Accademia dei XL per il recupero e la salvaguardia i questo tipo di archivi può essere fatto risalire più indietro nel tempo, al periodo tra le due guerre mondiali: nel 1925, infatti, Emanuele Paternò di Sessa, presidente dell'Accademia, invitava i membri del sodalizio «a [rivolgere] con assidua, sapiente cura, le sue attività a raccogliere, coordinare, pubblicare il contributo che gli italiani hanno portato al progresso della Scienza moderna, e che continuamente vanno portando»². Tuttavia fu durante la presidenza di Giovanni Battista Marini Bettolo (1981-1989) che ebbero inizio nuovi progetti di censimento: il primo, avviato nel 1988 portò, a censire 170 archivi scientifico-tecnologici conservati al di fuori degli Archivi di Stato³. A questo primo censimento si accompagnavano altre iniziative che nel 1991 portarono alla realizzazione del Convegno "Gli archivi per la storia della scienza e della tecnica", organizzato dall'Accademia dei XL e dall'Amministrazione archivistica a Desenzano del Garda⁴. Come sottolineò lo stesso Marini Bettolo nel suo intervento: «La mia insistenza [sull'importanza della documentazione scientifica conservata negli archivi italiani] deriva dal fatto che non tutti tra coloro che custodiscono o posseggono archivi importanti per la storia della scienza, hanno la stessa sensibilità. Questa scarsa attenzione per il problema, insieme all'aumentato interesse della comunità scientifica a disporre di documenti per la storia della scienza, mi ha indotto alcuni anni fa a discuterne e ad approfondire la questione con Renato Grispo, direttore generale dell'Ufficio centrale per i beni archivistici del Ministero dei beni culturali ed ambientali. Ci siamo resi conto della necessità e dell'urgenza di identificare in Italia la presenza di fonti archivistiche per la storia della scienza, di tutelarne la conservazione, di facilitarne l'accesso e la conoscenza agli studiosi, oltre che di valorizzare un importante bene culturale della nostra Nazione. Questo congresso rappresenta, in un certo modo, uno dei principali risultati della stretta e fattiva collaborazione dell'Ufficio centrale per i beni archivistici con l'Accademia»⁵. Il convegno consentì, infatti, sia di fare il punto sulle attività in corso, sia di migliorare la comunicazione tra archivisti, storici della scienza, e storici generali.

A partire dal Convegno di Desenzano sono stati fatti molti passi avanti nel recupero e nella valorizzazione degli archivi scientifico-tecnici italiani, anche grazie allo sfruttamento delle potenzialità offerte dallo sviluppo del web. L'Accademia dei XL, nel frattempo, aveva proseguito il lavoro di censimento, arrivando a contare circa 1.500 fondi e serie archivistiche, che coprono tutto il territorio nazionale, su un arco temporale di oltre sei secoli. Le iniziative di valorizzazione sono state quindi traslate in ambiente digitale, e dalla collaborazione tra l'Accademia dei XL e il Museo Nazionale della Scienza e della Tecnica "Leonardo da Vinci" di Milano, ha preso forma il portale Archivi della Scienza⁶, che è stato inaugurato e pubblicato nel mese di febbraio 2019 col sostegno finanziario del Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca nell'ambito della legge 6/2000 per la diffusione della cultura scientifica. Esso partiva dall'idea di mettere a disposizione del pubblico interessato uno strumento in grado di fornire precisi riferimenti per la localizzazione degli archivi delle istituzioni di ricerca scientifica e delle carte personali degli scienziati. Il Portale offre inoltre una ricca selezione di risorse bibliografiche relative agli archivi della scienza in generale, alle edizioni di fonti storico-scientifiche, e agli archivi di scienziati e istituzioni di ricerca: questa parte è curata dal Museo Galileo di Firenze, dove ha sede la più importante biblioteca italiana di storia della scienza.

L'iniziativa voleva inoltre stimolare l'avvicinamento a queste fonti di un pubblico non specificamente esperto, che si confrontasse per la prima volta col mondo degli archivi e con la storia della scienza, catturandone l'attenzione in rete attraverso un'iconografia ricca di suggestioni e approfondimenti tematici, e con strumenti di facile utilizzo. All'interno del Portale una banca dati offre le descrizioni di oltre duemila tra fondi e serie archivistiche, fornendo informazioni sintetiche su consistenza, caratteristiche, estremi cronologici, strumenti di ricerca eventualmente disponibili, condizioni di conservazione e accesso. Accanto ad un approccio più prettamente tecnico, sono stati sviluppati i contenuti dedicati ad un pubblico più ampio, che il Portale vuole raggiungere, idealmente composto da

docenti e studenti delle scuole secondarie e da persone interessate a contenuti divulgativi di livello medio e medio-alto. Tra questi strumenti, di sicuro rilievo sono gli approfondimenti storici e i percorsi tematici dedicati a persone, luoghi e istituzioni che hanno fatto la storia della scienza in Italia. Il Portale offre inoltre un ampio ventaglio di strumenti di ricerca, che vanno dalla tradizionale stringa di parole chiave, alla ricerca geografica per toponimi, alla cronologia, che permette di navigare attraverso momenti e personalità particolarmente significativi della storia della scienza in Italia. Un ulteriore strumento, dedicato a chi per la prima volta entra in contatto col mondo degli archivi, è una “guida” alla ricerca: attraverso poche e semplici indicazioni, l’utente è messo in condizioni di navigare in autonomia all’interno del sito.

Infine, il Portale fornisce strumenti di condivisione delle informazioni, attraverso i LOD (Linked Open Data), e di dialogo tra patrimoni archivistici diversi, attraverso una struttura aperta al contributo di tutti coloro che intendono partecipare al suo arricchimento. Offrendo la possibilità, a chi detiene documentazione d’archivio d’interesse storico-scientifico, di confrontarsi con altre esperienze correlate, esso vuole costituire non solo un incentivo alla diffusione di buone pratiche, ma anche un elemento di sensibilizzazione delle comunità scientifiche e dei singoli ricercatori.

Note

- [1] Si prenda ad esempio l’Archivio del Novecento, amministrato dal Dipartimento di Studi Europei, Americani e Interculturali della Sapienza, che contiene carte di autori italiani quali Sibilla Aleramo, Dino Campana, Enrico Prampolini e altri.
- [2] Cit. in Gian Tommaso Scarascia Mugnozza, *Discorso inaugurale del Presidente dell’Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL*, in *Gli archivi per la storia della scienza e della tecnica. Atti del Convegno internazionale Desenzano del Garda 4-8 giugno 1991*, tomo 1, a cura di Giovanni Paoloni, Roma, Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Ufficio Centrale per i Beni Archivistici, 1995, p. 18.
- [3] I risultati del censimento furono pubblicati dall’Accademia delle Scienze detta dei XL nel 1990, in *Primi risultati del censimento dei documenti italiani per la storia della scienza*, a cura di Giovanni Paoloni e Nicoletta Coppini, Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1990.
- [4] Gli atti del convegno sono stati pubblicati dall’Amministrazione archivistica in *Gli archivi per la storia della scienza e della tecnica* cit.
- [5] Giovanni Battista Marini Bettolo, *Archivi e istituzioni per la storia della scienza: stato attuale e prospettive*, in *Gli archivi per la storia della scienza e della tecnica* cit., tomo 1, p. 40.
- [6] <https://www.archividellascienza.org/it/>



> Mario Sangiovanni,
*Vista su Santa Maria della
Salute, Venezia*, olio su
cartone.

Non c'è più religione!

(Solo tecnologia)

Dai libri non provengono (solo) notizie e informazioni perché essi, anche senza conoscersi, dialogano fra loro facendoci vedere i problemi da un'angolazione insolita.



Settimo Termini

Già professore ordinario di Informatica teorica all'Università di Palermo e di Cibernetica all'Università di Perugia ha diretto, dal 2002 al 2009, l'Istituto di Cibernetica "Eduardo Caianiello" del CNR di Napoli. Fisico di formazione, i suoi interessi di ricerca hanno riguardato principalmente la presenza di varie forme di incertezza nelle scienze dell'informazione per studiare le quali ha elaborato la teoria delle "misure di fuzziness". Negli ultimi anni ha esaminato, anche, la connessione tra ricerca scientifica di base e modelli produttivi di un Paese. È Fellow della International Fuzzy Systems Association, Vicepresidente dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere ed Arti di Palermo e Presidente dell'Associazione Marina Diana Mercurio.

settimo.termini@gmail.com

Dopo avere argomentato che "la matematica è politica", adesso Chiara Valerio vuole convincerci che "la tecnologia è religione". Detto così sembra molto più facile il compito che lei si è posta adesso rispetto a quello di prima. In fondo è qualcosa che in un modo o nell'altro tutti sosteneremo, tutti ci dichiareremo d'accordo (anche se, come spesso - se non sempre - accade, ciascuno di noi vorrebbe poi specificare il senso dell'affermazione). Strano quindi che per mostrare una cosa più semplice abbia avuto bisogno di più parole. Questo libriccino, infatti, è il trenta per cento più lungo di quello precedente, che invece poneva problemi già a partire dal titolo. Ma se guardiamo sotto il titolo (e leggiamo che "il verbo della scienza è provare, quello di tecnologia e religione è credere") e poi rigirando il libro diamo uno sguardo alla quarta di copertina dove si cita Norbert Wiener (e leggiamo che dovremmo chiederci "quanto politiche culturali prive di immaginazione abbiamo allontanato la tecnologia dalla scienza"), cominciamo a sospettare che Chiara voglia attirarci con un titolo attraente e semplice per costringerci a riflettere su cose molto impegnative. Chi la conosce, anche prima di aprire il libro, sa che lo farà con uno stile scanzonato. E di questo dobbiamo spaventarci perché significa che verremo accalappiati e ci libereremo solo dopo esserci posti qualche domanda seria.

Che, poi, quello di porsi domande "serie" è il vero compito che le persone "serie" dovrebbero darsi. Se le domande sono ben poste, se sono quelle giuste, le risposte prima o poi seguiranno sicuramente. Parziali, incomplete; a volte, paradossali. E, ogni tanto, proprio in senso negativo.

E queste ultime risposte (quelle negative o paradossali) – nonostante al momento possano deluderci molto, essendo difficili da accettare – sono le più fruttuose perché ci costringono a vedere le cose da un punto di vista diverso e inaspettato. E così si aprono dinanzi a noi sconfinite praterie da esplorare. L'esplorazione (tutte le esplorazioni) si possono fare solo dopo avere studiato e continuando a studiare. Ma non in maniera libresca, bensì in modo gioioso e divertente, con la curiosità e l'apertura mentale dei bambini, perché questo è il modo di procedere della scienza, come ci ricorda Chiara:

Studiare scienze è il contrario di capire tutto, anzi è ricordarsi, a ogni passo, che tutto non si può capire e che alcune cose, volta per volta, epoca storica per epoca storica, non sono spiegabili, ma possiamo esercitarci a ipotizzare, immaginare, semplificare il mondo per comprenderlo e aiutare altri a farlo. Studiare significa non accontentarsi della nostra immagine logico-razionale del mondo. Studiare significa accettare di sbagliare, e accettare gli sbagli degli altri. Come passi di un ininterrotto processo conoscitivo. (pagine 25 e 26)

E quando scrive che non dobbiamo accontentarci “della nostra immagine logico-razionale del mondo”, se la interpreto bene, vuol proprio dire che il nostro mettere in dubbio sempre tutto, controllare e ricontrollare deve esercitarsi anche nei confronti di quello che avevamo trovato il giorno prima, usando lo stesso metodo, lo stesso modo di procedere. Il rimprovero implicito è rivolto proprio a quei sacerdoti della scienza che ritengono che l'immagine logico-razionale del mondo sia data una volta per tutte. Noi invece, tutti coloro che realmente credono nel cosiddetto metodo scientifico, dobbiamo fare proprio come fanno i bambini che non sono mai soddisfatti non smettono mai di chiedere “perché?”. E questo forse è il motivo per cui in questo smilzo libretto troviamo così spesso citati i bambini. Non solo suo nipote Francesco che, per vedere con maggiore dettaglio la riproduzione del Giardino delle delizie di Bosch su un libro (cartaceo) “aveva allungato pollice e indice uniti sulla figura, li aveva appoggiati sulla pagina e separati come si fa per ingrandire le immagini sullo schermo di uno smartphone o di un pad. Dopo aver ripetuto il gesto senza alcun esito, mi si era rivolto deluso, infastidito e frustrato. Aveva detto Zia, il libro non funziona.”

Ma non capiremmo molto del mondo, di come funziona e di cosa sia la cultura se vedessimo la tecnica come qualcosa di ancillare da potere utilizzare o escludere a comando dalle nostre riflessioni e dal nostro agire perché, ci ricorda l'autrice, “La tecnica, osserverà Wiener – quasi contemporaneo di De Martino –, è il luogo in cui si rispecchia il pensiero di una certa epoca” (pagina 15).

La tecnica è basata sulla nostra conoscenza del mondo ma, superati alcuni livelli e stadi elementari in cui era (ed è) sufficiente una “saggezza” artigianale, non si accontenta di poco, è molto esigente. Ha bisogno di una conoscenza sofisticata e quindi deve basarsi sui risultati scientifici, in alcuni casi proprio di frontiera. E ricordiamo che la scienza, a sua volta, ha bisogno, in alcuni suoi settori, di tecnologie sofisticate (si pensi al CERN) per poter rispondere a domande sempre nuove. Bisogna studiare, quindi.

Studiare aiuta a fare distinzioni nelle cose invisibili, a non confondere l'intervento divino o magico con l'avanzamento tecnologico. Studiare scienze, più specificamente, consente di non percepire la tecnologia come fenomeno magico o religioso, ma come risultante di un avanzamento di umane umanissime conoscenze affette da errore e passibili di evoluzione e miglioramento.

E, ancora, sottolineando con un'immagine efficace che i fenomeni empirici si presentano anche in modo non banalmente diretto:

Studiare scienze aiuta ad accettare che l'oltremondo è in questo mondo, ma a un ordine di grandezza – segnali elettrici, impulsi elettromagnetici e galassie – che non percepiamo con i nostri sensi (pagina 25).

Quindi, se la usiamo bene, la tecnologia non è religione. Ma per usarla bene dobbiamo avere avuto modo di capirla a fondo. Capirla a fondo, a sua volta, implica avere ben presente la nostra conoscenza del mondo nel settore cui una certa tecnologia si riferisce. Significa sia avere studiato scienze sia avere acquisito una formazione culturale generale, capendo (con buona pace di molti) non solo che la scienza fa parte della cultura generale ma che è di essa una parte essenziale. Non si capisce e non si può capire veramente la cultura di un certo periodo, di un'epoca, senza aver capito i legami che

i nuovi risultati scientifici di quella certa epoca intrattengono con tutto il resto. E nello stesso tempo (con buona pace di molti altri) che certi risultati scientifici non sarebbero stati trovati se i protagonisti di alcuni grandi balzi scientifici non avessero respirato le grandi trasformazioni intellettuali che in ambiti apparentemente non collegati nello stesso periodo stavano avvenendo (e, in alcuni casi – Galilei, Newton, Bohr, Heisenberg, Einstein, per esempio – in letture dirette e appropriate trovavano sostegno per alcune ardite ipotesi che – apparentemente – riguardavano solo sottili fettine della conoscenza).

La tecnologia NON è religione se la leghiamo alla scienza. Cosa che ci permette di capire perché il premere un pulsante abbia un certo effetto, produca uno specifico cambiamento seguendo un percorso esplicativo di quello che accade.

Allo stesso modo, invertendo l'affermazione, non solo potremmo ma possiamo a pieno diritto sostenere che "la religione NON è tecnologia" (cioè, "traducendo", non è stupida e irrilevante magia) se essa – la religione (come, d'altronde, deve fare la tecnologia) – tiene conto di quali siano i risultati scientifici di un certo periodo storico. La religione svolge un suo ruolo sociale molto importante (questo indipendentemente dal fatto che chi ne parla o ne scriva sia credente o non credente) se non fa la danza della pioggia ma si affida alle previsioni meteorologiche quando si tratta del tempo e fa lo stesso per tutti gli altri settori dei quali abbiamo una conoscenza affidabile e controllabile basata non su affermazioni fideistiche ("ce lo dice la scienza!", come certi scienziati stupidi, anche se tecnicamente bravi, a volte troncano la discussione aggiungendo magari di non voler discutere perché "la scienza non è democratica") ma sul fatto che le affermazioni fatte sono controllabili (previo opportuno studio) da chiunque.

Ma ritorniamo alla danza della pioggia. Questa - in linea di principio - potrebbe diventare simile al premere un pulsante che produce un risultato se, in futuro, riuscissimo a mostrare una catena di processi che dal danzare in un certo specifico modo producono, attraverso passi intermedi descritti in maniera chiara e trasparente, il risultato di far piovere. Processo verificabile e ripetibile. Cosa che adesso non è. E, al momento, difficilmente, possiamo indivi-

duare percorsi anche assolutamente ipotetici da seguire per tentare di provare questo risultato. Il pensiero scientifico, che è pensiero critico, non esclude nulla a priori ma pone le condizioni da soddisfare per fare affermazioni certe. Certe – nella loro generalità – solo a un determinato punto dello sviluppo storico, perché altro dato caratteristico del pensiero scientifico è quello di ritenere ogni sua conclusione sempre provvisoria e rivedibile. Il suo grande punto di forza, questo anche se non molto apprezzato da chi è alla ricerca di consolatorie verità definitive e immutabili.

Il punto cruciale, quindi, è che guardiamo alla tecnologia, e ad essa ci affidiamo, in modo fideistico quando non esaminiamo il percorso scientifico – critico, trasparente e controllabile – che sta dietro all'efficacia di un gesto semplice come quello di premere un bottone aspettandosi un certo risultato.

L'atteggiamento scientifico, il pensiero critico, dovrebbe diventare patrimonio comune per molte ragioni, tra queste anche quelle di conoscere meglio, utilizzare in modo più efficace la tecnologia e non considerarla più come magia o come religione. È un percorso che la nostra società percorrerà sicuramente se le condizioni socioeconomiche e il contesto culturale e sociale smetterà di impedire che questa diffusione avvenga, come io temo che negli ultimi decenni abbia fatto. Su questo torneremo in seguito.

L'atteggiamento scientifico, il pensiero critico (il lettore mi scusi se continuo a ripetere la stessa formula) possono essere utili anche per chiarire alcuni problemi che in qualche modo riguardano la religione (intesa non come rituale magico, ma come profonda aspirazione della ricerca del significato della vita da parte dell'uomo). Sicuramente oggi non ci chiederebbero perché Dio ha permesso che in un terremoto morissero tante persone come qualcuno si chiese per il terremoto di Lisbona, ironicamente avvenuto il giorno di tutti i santi del 1755. Oggi daremmo la colpa a chi non ha costruito con criteri antisismici. Ed è ammirevole ricordare che Immanuel Kant - forse unico tra i pur illustri pensatori suoi contemporanei - si limitò a cercare di capire le cause fisiche e naturali di ciò che era successo, senza prendere occasione - come altri fecero - per altre considerazioni generali e generiche sulla Natura. E se un terremoto fosse di un'intensità così forte da sfidare

le tecnologie presenti in un dato periodo penseremmo che dobbiamo studiare e imparare sempre di più. E non potremmo fare e dire lo stesso anche per tante altre cose come le malattie genetiche? Dobbiamo studiare di più, non dare la colpa ad altri. E per tante altre cose è già oggi chiaro di chi sia la colpa. Dalle guerre ai disastri ambientali.

Ma come la stessa Chiara ci dice, descrivendo le sue visite alla biblioteca del Dipartimento di matematica intitolato a Cacciopoli, quello che sta cercando di fare con questo libriccino è un'operazione analoga a quella che Norbert Wiener aveva fatto quasi sessant'anni prima col suo *Dio e Golem SpA*, (con l'ultima sigla che sostituisce l'Inc. del titolo inglese e che giustamente il traduttore ha voluto lasciare perché è estremamente significativo del discorso che Wiener stava facendo).

In tutto questo è presente l'Europa, con le sue peculiarità, con caratteristiche proprie che la differenziano da molte altre culture del mondo. Stiamo parlando di "caratteristiche" non di superiorità. Questo è il nucleo di un argomento sottile che usa Le Goff e, non essendo sicuro di riuscire a riferirlo in modo fedele ed efficace, invito il lettore a leggere almeno un suo breve ma non piccolo libriccino (*L'Europa medievale e il mondo moderno*, Laterza, 1994). L'Europa si è sempre caratterizzata per una sorta di unità nella diversità. Questo ha creato grandi opportunità anche se non sempre le ha positivamente sfruttate fino in fondo.

Incidentalmente, Le Goff, fa un'osservazione che si collega a una peculiarità di Wiener. "Paradossalmente", scrive, "il Medioevo, in cui l'Europa prende forma, è anche il periodo in cui il termine ['Europa'] quasi scompare". La stessa cosa che accade con l'interdisciplinarietà. Wiener, che è quello che più l'ha utilizzata e realmente praticata, non usa mai questo termine (e se qualche volta l'ha usato, c'è bisogno di un filologo dei suoi testi per trovarlo). Queste che sembrano cose insolite o stranezze hanno poi un loro ruolo e una loro funzione perché sono spie, indizi di qualche cosa di più profondo che avevamo trascurato, che ci era sfuggito.

Che la matematica e la scienza in generale ci possano aiutare a diventare più consapevoli e che non dobbiamo dubitare della tecnologia, ci sembra un'osservazione di buon senso, ma a condizione che quest'ultima non venga sganciata

dalla scienza e, cioè dalle sue radici. Chiara ce lo ha insegnato con i suoi due pamphlet, che sono due piccole guide turistiche in questi luoghi così importanti del nostro panorama odierno.

Queste considerazioni le dovremmo quanto prima integrare con un altro argomento che riguarda Keynes, e cioè la sua profezia degli anni '30 sul fatto che lo sviluppo della tecnologia ci avrebbe permesso di liberarci non *dal* lavoro ma *dalla fatica* del lavoro. Lo riprenderemo, questo tema, dedicandogli lo spazio che merita.

Un altro argomento da trattare è quello degli errori. Come si originano, cosa fare quando accadono. E, ancora, riflettere sul loro ruolo potenzialmente positivo. Non posso non ricordare il prezioso libriccino di Pietro Greco (*Errore*, Doppiavoce, 2019), non posso non riandare con la mente al Corso di "fisichetta" (come si chiamavano allora le "Esercitazioni di fisica" che accompagnavano il primo corso di Fisica generale, seguito da studente negli anni '60). Basato su esperimenti - elementari - da condurre in modo completo, una loro parte essenziale era il trattamento dei dati ottenuti effettuando le misure connesse.

E discutere dell'errore, di come si trattano gli errori, delle conseguenze che hanno e di come le conseguenze possono essere gestite è qualcosa che molto ha a che fare con la scienza e la tecnologia (e la religione). Qualche breve commento su quest'ultima che ho appena messo tra parentesi. L'ho fatto perché non sono esperto per parlarne e quello che dirò adesso, appunto, non è che una sorta di nota messa tra parentesi. Desidero solo ricordare quello che diceva Giovanni XXIII, sostenendo che dobbiamo distinguere l'errante dall'errore. L'errore sta là, incasellato, valutato e giudicato all'interno di una costruzione rigida, fissa, come i costrutti e le realizzazioni tecnologici che sono così cristallizzati da richiedere che accanto ad essi si sviluppasse modi per renderli più "ragionevoli". Ricordo, solo per dare un'idea, una locuzione: "Fault tolerant systems". Dobbiamo sviluppare sistemi che sopportino gli errori. I "guasti", in una prima approssimazione. Guasti materiali, rotture, malfunzionamento "fisico" del sistema. Per evitare che tutto si blocchi quando si verifica qualcosa che non va. Ma anche "errori" in senso più generale. Errori di progettazione ma anche "errori" riguardanti l'immateriale dei sistemi, delle macchine. Qualcosa che è sempre più pre-

sente (e ancor di più lo sarà) quando abbiamo a che fare con tecnologia avanzata di tipo informatico.

Non mi sto riferendo all'IA. Di quello che essa è oggi così come di quello che è stato (della sua storia di quasi settanta anni, dei suoi rapporti con altri "nomi", dei suoi alti e bassi ignorati nel dibattito attuale, parleremo un'altra volta, perché i suoi "errori" sono molto specifici).

Ecco, gli errori della e nella tecnologia sono paragonabili all'errore di cui parlava Giovanni XXIII. Gli errori della scienza sono imparentati con gli "erranti". La scienza, anche se questo non viene messo molto in evidenza, non solo preserva molte caratteristiche del suo farsi molto umano - come la Poesia d'altronde (ricordiamo ciò che disse Saint-John Perse nel suo discorso di accettazione del Premio Nobel) - ma è proprio lei ad essere "molto" umana (e non "troppo" umana). Se solo la leggiamo e la trasmettiamo bene, correttamente. È umana nel suo farsi. Forse potremmo vedere questa sua "umanità" nel modo in cui ha reagito al fallimento dei due diversi tentativi di fondarla una volta per tutte. Nella logica (Frege) e nella matematica (Hilbert). I fallimenti in questi settori

avrebbero potuto lasciare solo macerie o, almeno la sensazione di aver perso tempo, tanto tempo. Non è andata così. Riesaminando quei fallimenti, il crollo di costruzioni grandiose, sono emersi aspetti del nostro modo di conoscere il mondo assolutamente impensati (e impensabili) prima. Nessuna costruzione letteraria o analisi economica aveva mai prodotto qualcosa di paragonabile. Volendo fare un paragone, è come se i Buddenbrook, o i Florio, invece di assistere alla scomparsa di quello che avevano costruito fossero riusciti a riposizionare le loro aziende in nuovi settori emergenti (cosa pensabile questa), utilizzando proprio i motivi e le ragioni del loro dissesto precedente (cosa molto più difficile da immaginare).

Come conclusione provvisoria di questo percorso, vorrei indicare il libro di Tomaso Poggio, scritto con Marco Magrini (*Cervelli, Menti, Algoritmi*, Sperling&Kupfer, 2023), che conforta il lettore con il suo equilibrio e la sua saggezza nell'analisi delle intelligenze e delle loro manchevolezze nonché dei pericoli che qualsiasi intelligenza può creare. Pericoli che si possono sempre ricondurre, se ci pensiamo, ad *assenze*: di "ragionevolezza" in primo luogo.



> Marco Elio Tabacchi,
Federico Caffè.

Federico Caffè, economista (1914-1987?)

Mistero o non mistero, il padre nobile dei Keynesiani italiani, come docente dell'Istituto di Politica Economica dell'Università *La Sapienza* ha seguito, si dice, oltre 1200 allievi, tra i quali noti economisti prestatosi alla gestione dell'economia pubblica (Mario Draghi, Ignazio Visco), alla divulgazione su giornali e libri (Mario Tiberi, che fu anche allievo di de Finetti, Galapagos), e tanti altri rimasti nelle file dell'Accademia.

Il letto era disfatto. Dovette, quindi, sonnecchiare per qualche ora. O forse soltanto lesse qualche pagina. O soltanto diede un momento di quiete a quel suo piccolo corpo estenuato da un lungo stato di ipersensibilità. Nel silenzio della notte o dell'alba, si levò.

Mistero o non mistero, a trentotto anni dalla sua scomparsa sono sempre più attuali le sue posizioni sul libero mercato: la politica economica come analisi teorica utilizzata da guida per l'azione pratica, l'intervento pubblico nell'economia come componente necessaria, lo stato ed il pubblico come occupatori di ultima istanza per garantire una soluzione al problema keynesiano della piena occupazione.

Lasciò sul comodino accanto al letto - in bell'ordine - le chiavi di casa, il passaporto, il libretto degli assegni, l'orologio, gli occhiali. Si chiuse la porta alle spalle. Pianissimo. Nel vuoto della città ancora muta, si allontanò dal 42 di via Cadlolo, dalla collina di Montemario, e nessuno - nessuno: né conducente di bus né tassista né passante né insonne vicino - vide la riconoscibilissima figuretta, alta un metro e cinquanta, incamminarsi lentamente verso un solitario esodo o verso una volontaria morte.

Mistero o non mistero, Caffè si congeda dal mondo (dei vivi o dei viventi, poco importa) lasciandoci l'idea che da un riformismo intelligente si possa trarre un beneficio per la società nel suo complesso ed ogni individuo, senza farsi incantare dalle sirene neoliberaliste del successo per tutti, che sempre più spesso si è tradotto in ricchezza per pochi, e dall'intransigenza del radicalismo rivoluzionario, che si è rivelato illusorio e privo di efficacia.

Tra l'una e le sei del 15 aprile 1987, Federico Caffè, 73 anni, economista "disubbidiente" e seduttore intellettuale, ha voluto lasciare il mondo e il peso di un enigma a chi è rimasto.

Gli incisi in corsivo sono tratti da *"Ma che fine ha fatto Caffè"* di Giuseppe D'Avanzo, pubblicato su *"La Repubblica"* del 5 Aprile 1988.



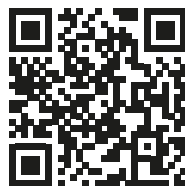
**Marco Elio
Tabacchi**

Professore associato di Logica computazionale presso il Dipartimento di Matematica e informatica dell'Università degli Studi di Palermo.

Grafico d'arte e direttore scientifico dell'Istituto Nazionale di Ricerche Demopolis. Si occupa di ricerca transdisciplinare tra logica, arte, analisi dei dati e scienze cognitive.

marcoelio.tabacchi@unipa.it

Sfoglia il catalogo Unipapress



Finito di stampare
nel mese di Ottobre 2025

”

Desideriamo esaminare il rapporto tra scienza e società nella convinzione che tra esse vi sia ormai una connessione così stretta da poter definire quella in cui oggi viviamo “società della scienza”. Volendo andare alle radici del problema, quindi, non possiamo limitarci a esaminare in generale le relazioni esistenti tra scienza e società, ma dobbiamo cercare di decifrare i segnali nuovi (per quanto esili e a volte apparentemente indecifrabili) che provengono dal mondo reale e che dal pensiero scientifico è modellato in modo preponderante.

“