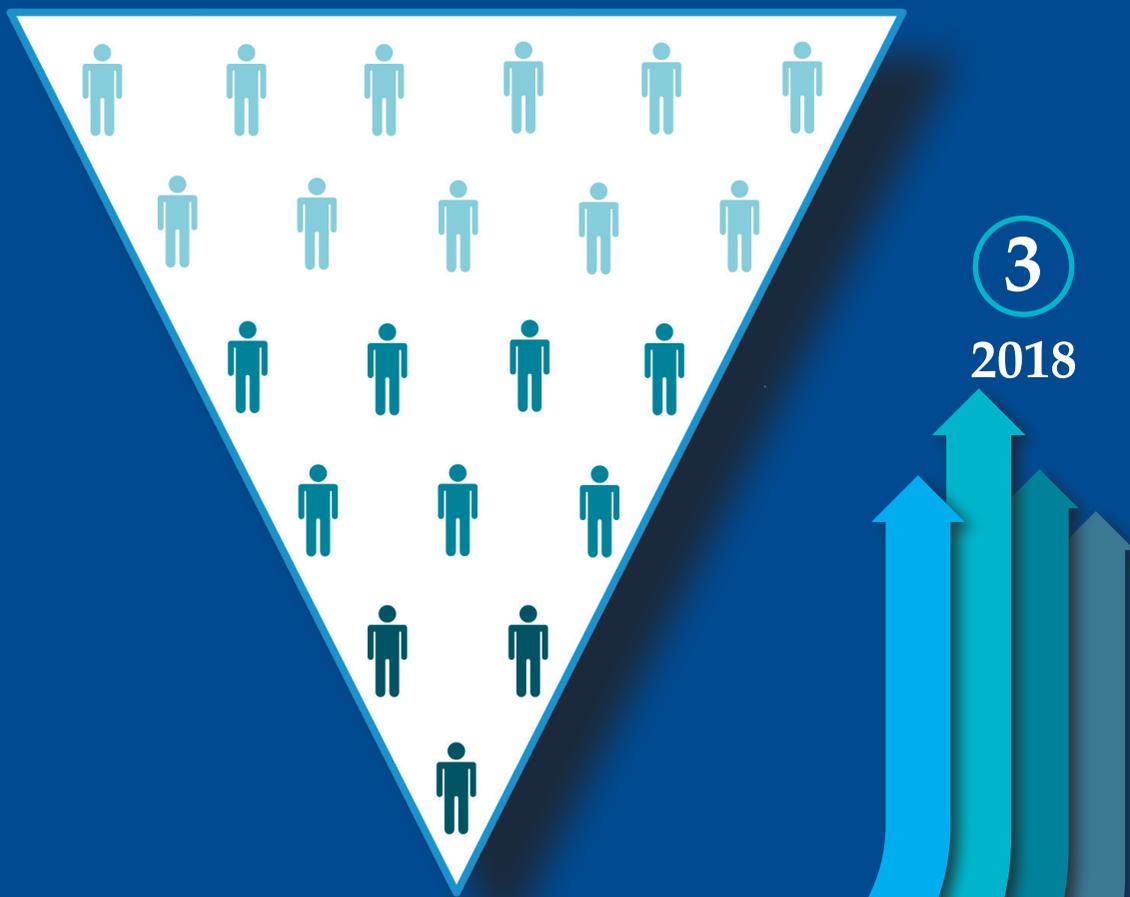


# ANALYSIS

Rivista di cultura e politica scientifica

Analysis - Riv. Quadrimestrale - Anno XX n. 3 settembre/dicembre 2018 - Poste Italiane S.p.A. - Sped. in Abb. Postale DL 353/2003 (conv. in Legge 27/02/2004 n. 46 Art. 1, Comma 1) - CN/BO - Patron Editore - Via Padini 12 - Quarto Inferiore - 40057 Granarolo dell'Emilia (Bo)



UN NUOVO MODELLO ORGANIZZATIVO NEGLI ENTI DI RICERCA È NECESSARIO:  
IL CASO DEL CNR

LA PARTECIPAZIONE DEI RICERCATORI AI CONSIGLI DI AMMINISTRAZIONE  
DEGLI ENTI: ESPERIENZE ALLA PROVA

LA MAGIA DEL GRAFENE

CLASSIFICARE GLI INDICATORI DI SCIENZA E TECNOLOGIA

ISSN 1591-0695

Pàtron Editore

# ANALYSIS

Rivista di cultura e politica scientifica

Anno XX - N. 3/2018

## SOMMARIO

Antonio Baroncelli, Giovanni Dal Monte, Giovanni Gullà, Roberto Palaia, Emanuela Reale, Laura Teodori	<i>Presentazione</i>	p. 3
Giovanni Gullà, Roberto Palaia	<i>Un nuovo modello organizzativo negli Enti di ricerca è necessario: il caso del CNR</i>	» 4
Giovanni Dal Monte, Giovanni Gullà	<i>Interviste ai ricercatori e tecnologi eletti nei consigli di amministrazione degli Enti pubblici di ricerca</i>	» 10
Monica De Seta, Luciana Di Gaspare	<i>La magia del grafene</i>	» 22
Mario De Marchi	<i>Classificare gli indicatori della Scienza e della Tecnologia</i>	» 29

ANALYSIS - 3/2018

**Direttore**

Antonio Baroncelli

**Comitato di Redazione**

Giovanni Dal Monte, Giovanni Gullà, Roberto Palaia,  
Emanuela Reale, Laura Teodori

**Segreteria**

Marta Cascarano, Livia Steve  
e-mail: [marta.cascarano@gmail.com](mailto:marta.cascarano@gmail.com)  
[marta.cascarano@analysis-online.net](mailto:marta.cascarano@analysis-online.net)

Internet: [www.analysis-online.net](http://www.analysis-online.net) International Standard Serial Number: ISSN 1591-0695

Direzione e Redazione: presso ANPRI

Gli autori degli articoli sono responsabili delle loro opinioni.  
È obbligatorio citare la rivista in caso di riferimento al materiale pubblicato.

Periodico trimestrale di proprietà dell'ANPRI, Associazione Nazionale Professionale per la Ricerca, aderente alla CIDA, Confederazione Italiana Dirigenti e Alte professionalità, Funzione Pubblica Via Tortona, 16 00183 Roma Tel. 06.7012656-Fax 06.7012666 e-mail: [anpri@anpri.it](mailto:anpri@anpri.it) Internet: [www.anpri.it](http://www.anpri.it)

Autorizzazione del Tribunale di Roma N. 253/99 del 07.06.1999

Precedente Autorizzazione del Tribunale di Roma N. 465/94 del 17.10.1994

Precedente Autorizzazione del Tribunale di Torino N. 4132 del 24.01.1990

Stampa: LI.PE., Litografia Persicetana, S. Giovanni in Persiceto, Bologna, per conto della Pàtron Editore

In copertina: La Piramide ribaltata della Governance del CNR

# PRESENTAZIONE

Antonio Baroncelli, Giovanni Dal Monte, Giovanni Gullà,  
Roberto Palaia, Emanuela Reale, Laura Teodori

Sono passati circa quindici anni da quando il CNR venne riorganizzato con l'introduzione dei Dipartimenti. Era stata questa la risposta alla rinnovata organizzazione scientifica che a partire dalla fine degli anni Novanta aveva superato la struttura per Comitati Nazionali che raggruppavano oltre 300 fra Istituti e Centri di Ricerca. Il risultato della riduzione delle strutture di ricerca portò alla costituzione di un centinaio di Istituti coordinati attraverso dodici Dipartimenti di nuova istituzione.

Giovanni Gullà e Roberto Palaia, nel saggio *“Un nuovo modello organizzativo negli Enti di ricerca è necessario: il caso del CNR”*, offrono alla discussione un primo bilancio di questa esperienza, mettendone in luce i limiti emersi nel corso di questi anni e proponendo alcuni percorsi di riforma.

Giovanni Dal Monte e Giovanni Gullà, nel contributo *“Interviste ai ricercatori e tecnologi eletti nei consigli di amministrazione degli Enti pubblici di ricerca”*, riferiscono delle interviste concesse da otto ricercatori e tecnologi eletti nei Consigli di amministrazione (CdA) degli Enti Pubblici di Ricerca (EPR) e approfondiscono il tema dell'attuazione del Decreto Legislativo n. 218/2016 che prevede appunto una presenza di Ricercatori e Tecnologi nei CdA degli EPR. In particolare, sono stati posti agli otto colleghi intervistati alcune domande per chiarire il loro contributo offerto nei Consigli di amministrazione: le loro risposte offrono uno spaccato molto interessante e significativo dello stato di gestione de-

gli EPR, del coinvolgimento effettivo delle comunità scientifiche interne alla gestione dei singoli Enti ed ancora dei limiti intrinseci che tale struttura dei CdA presenta per il governo di organizzazioni scientifiche complesse.

Monica De Seta e Luciana Di Gaspare ne *“La magia del grafene”*, ripercorrono la vicenda dell'invenzione del grafene, da quando nel 2004 Geim e Novoselev hanno isolato i primi fiocchi di grafene, un materiale bidimensionale composto da atomi di carbonio arrangiati nel piano con simmetria esagonale. Il grafene è un laboratorio unico per gli studi di fisica fondamentale, in cui la meccanica quantistica e la relatività si intrecciano per riprodurre una fisica altrimenti accessibile solo negli acceleratori di particelle. La coesistenza e la molteplicità delle sue eccezionali proprietà elettroniche e meccaniche e la sua multifunzionalità rendono inoltre il grafene adatto per un ampio spettro di applicazioni che vanno dall'elettronica, all'ottica, ai sensori e ai biodispositivi.

Una proposta di una nuova classificazione degli indicatori di scienza e tecnologia sono al centro della riflessione *“Classificare gli indicatori della scienza e della tecnologia”* di Mario De Marchi. L'autore offre una proposta finalizzata alla ricerca di una scelta efficace fra il vasto numero delle teorie del cambiamento. Per superare tali difficoltà viene proposta la costruzione di tassonomie coerenti degli indicatori di scienza e tecnologia in grado di mettere alla prova le teorie attuali.

# UN NUOVO MODELLO ORGANIZZATIVO NEGLI ENTI DI RICERCA È NECESSARIO: IL CASO DEL CNR

Giovanni Gullà, Roberto Palaia

## Riassunto

*Gli Enti Pubblici di Ricerca (EPR) rappresentano una componente di rilievo del Sistema Ricerca del Paese. Il contributo degli EPR all'avanzamento conoscitivo e, conseguentemente, all'innovazione del Paese si è da sempre dispiegato con chiarezza, qualità e consistenza. Tuttavia, negli ultimi decenni, proprio in ragione degli sviluppi tecnologici e della continua innovazione, si sono verificati radicali cambiamenti nelle modalità e nelle possibilità di fare ricerca che non sono stati ancora adeguatamente recepiti nei modelli organizzativi degli EPR. Il caso del Consiglio Nazionale delle Ricerche è emblematico in quanto la sua missione generalista e la sua diffusione territoriale lo rendono particolare per complessità organizzativa. Nella nota, partendo dal CNR di ieri e di oggi, si sviluppa una breve riflessione per poi fornire un contributo propositivo per pervenire alla progettazione e realizzazione di un modello organizzativo in grado di rendere quanto più possibile efficace l'azione del CNR nel Sistema Ricerca del Paese e in grado di adattarsi, senza rincorrerli, ai cambiamenti di scenario in cui la ricerca andrà svolta.*

**Parole chiave:** Sistema Ricerca, Enti Pubblici di Ricerca, Organizzazione, CNR, Ricerca e Tecnologia.

## 1. Introduzione

Le crisi di bilancio del CNR che si ripropongono ormai con regolarità ogni anno sono il segno della presenza di vari ordini di problemi da affrontare con celerità e decisione. Alcune problematiche sono legate alla cronica penuria di finanziamenti e al sotto-finanziamento strutturale, indice di una scarsa considerazione del ruolo della ricerca da parte di tutto il mondo politico e della non percezione del suo ruolo sociale (Reale, 2018; Gullà, 2014); altri importanti problemi sono determinati dalle forme organizzative di cui l'Ente si è dotato che, come dimostrato dalla diffusa insoddisfazione di ricercatori e tecnologi, portano inevitabilmente a modelli poco efficaci per conseguire risultati significativi, che peraltro vengono regolarmente previsti e attesi negli obiettivi generali dell'Ente. Risultati prestigiosi che, va detto, sino ad ora è stato possibile raggiungere solo grazie alla forte motivazione di ricercatori e tecnologi, i quali peraltro debbono quotidianamente affrontare complicati ed irragionevoli percorsi burocratici per lo svolgimento delle loro attività (Gullà e Palaia, 2014; Gullà e Reale, 2012).

Al primo problema l'Ente ha risposto rivendicando una forte capacità di autofinanziamento attraverso la vasta partecipazione a bandi competitivi per progetti finanziati da soggetti esterni nazionali e internazionali, anche svolgendo attività di ricerca e supporto tecnico-scientifico per istituzioni locali, regionali e

nazionali (Gullà e Palaia, 2016). Questa scelta ovviamente ha prodotto conseguenze molto rilevanti nella distribuzione delle risorse e nelle loro possibilità di utilizzo per percorrere nuovi filoni di ricerca. In tal modo, infatti, i finanziamenti esterni sono spesso diventati condizionanti le finalità di molte attività, con conseguenze assai gravi in tutte le discipline, ma soprattutto nel campo di quelle non applicate e di quelle che prevedono la programmazione delle attività nel lungo e lunghissimo periodo.

In mancanza di programmazione nella redistribuzione delle risorse risulterà sempre più difficile mantenere una universalità disciplinare ed un avanzamento bilanciato della conoscenza; la difficoltà di ottenere e mantenere fonti di finanziamento stabili e significative rischia di determinare un condizionamento crescente e delle finalità e della qualità delle ricerche. Tale processo, qualora procedesse senza efficaci correttivi, renderà più difficile mantenere per il CNR una vocazione generalista, con strutture di ricerca diffuse in tutto il Paese, impegnato prevalentemente nell'avanzamento bilanciato della conoscenza e, quindi, con un'opportuna attenzione per lo sviluppo delle discipline di base. Il rischio sarà quello di veder affermato, magari pur negandolo verbalmente, un altro tipo di Ente, con un modello organizzativo coerente con le caratteristiche e le finalità espresse dal mercato della ricerca esterno, definito nelle metodologie e nelle finalità da autorità nazionali e sovranazionali esterne alla comunità scientifica.

Purtroppo le recenti scelte sembrano andare in questa direzione, attraverso continui aggiustamenti “amministrativi”, che a colpi di delibere e circolari stanno attuando una ristrutturazione strisciante dell’Ente. Il CNR si va organizzando progressivamente su classificazioni definite di volta in volta a seconda dei bandi competitivi e non rispetto a una differenziazione disciplinare organizzata secondo criteri scientifici definiti nelle comunità di riferimento. Sarebbe miope non considerare i rischi che deriverebbero da una rinuncia definitiva a una determinazione autonoma, definita a partire dalle proprie peculiarità culturali specifiche, seguendo condivise classificazioni disciplinari, stabili ma non immutabili, alle quali ricondurre le proprie attività di ricerca libera e/o finalizzata.

Se si vuole mettere la rete scientifica del CNR nelle condizioni di partecipare con la massima efficacia ai bandi competitivi, siano essi europei o internazionali, è necessario evitare che si concretizzi definitivamente tale scenario negativo e correggere decisamente il percorso di “riorganizzazione” in essere. Bisogna far sì che continui lo sviluppo di ricerche di frontiera, che altrimenti rischierebbero di sparire sull’altare di uno spasmodico adeguamento della rete scientifica alle classificazioni definite per erogare i finanziamenti europei previsti dai programmi quadro, che si susseguono seguendo una logica, pur legittima, determinata da opzioni di ordine politico.

Considerando il CNR come caso emblematico, analizzandone i suoi punti di forza, le sue debolezze ed i suoi problemi per cercare spunti in grado di delineare delle efficaci soluzioni, è importante riassumere le tappe principali che hanno portato alla condizione attuale, al fine di stimolare una discussione utile per individuare strategie in grado di ridare slancio al governo scientifico del CNR e degli EPR.

## **2. Problemi e opportunità nel CNR organizzato per dipartimenti**

La riforma del CNR e la nuova organizzazione dell’Ente nacquero senza alcuna consultazione della comunità scientifica ed i risultati dimostrano che spesso le novità non condivise non portano miglioramenti significativi (Gullà, 2017; Betrò e Gullà, 2009; Gullà, 1999). Alla fine degli anni ’90 si era manifestata la consapevolezza che fosse giunto il momento di chiudere l’organizzazione in Istituti, Centri e Comitati di consulenza. Corollario della nuova organizzazione è stata la progressiva “ministerializzazione” dell’Ente seguita alla sua riorganizzazione in Dipartimenti, Istituti, Sedi secondarie, Sedi di lavoro, Unità di ricerca presso terzi, iniziata a partire nella prima parte del

decennio 2000-2010. Il tutto ha determinato, come effetto collaterale più o meno voluto, il progressivo allontanamento dei ricercatori da tutti i processi decisionali dell’Ente (Gullà, 2017; Gullà e Rizzo, 2012).

L’esigenza di superare l’organizzazione precedente, sicuramente lontana dall’ottimo, ma accettabilmente partecipata (Istituti, Centri e Comitati di consulenza), ha portato ad una nuova struttura fortemente centralizzata e gerarchica, che concentra il potere di indirizzo scientifico e operativo nella figura del Presidente coadiuvato da un Direttore generale, nominato su sua proposta, con profilo manageriale ma con importanti possibilità di condizionamento anche su questioni dal forte impatto scientifico.

Da ormai circa tre lustri il CNR vive in questa poco felice dimensione organizzativa, strutturata in Dipartimenti, dei quali la legge di riforma del 2009 non definiva un numero esatto, rimandando all’autonoma definizione prevista nello Statuto. Fu dunque così che si passò dalla vecchia struttura per Comitati nazionali (10 disciplinari e 5 interdisciplinari) alla struttura dipartimentale, inizialmente articolata in 12 Dipartimenti e successivamente negli attuali 7<sup>1</sup>, in linea con la ormai dominante tendenza all’accorpamento.

Questa struttura di governo dell’Ente, della politica del personale, dell’arruolamento e della gestione delle carriere, ha generato un modello che si è dimostrato gravemente insufficiente, come è stato anche recentemente dimostrato dalla difficoltà con la quale si è gestita la questione delle stabilizzazioni che si stanno realizzando per sanare una condizione di precariato diventata nel corso del tempo insostenibile, per i singoli colleghi interessati e per l’Ente nel suo complesso. Di tutto ciò sono chiaramente insoddisfatti i ricercatori e tecnologi.

Malgrado questo modello organizzativo non favorisca la partecipazione, i ricercatori e i tecnologi CNR hanno mantenuto un elevato livello scientifico, testimoniato dalla competitività nelle statistiche relative alla produzione scientifica rispetto ad altre realtà scientifiche nazionali e internazionali. (Reale 2018; Reale e Gullà, 2013; Veltri e Gullà, 2006). Ma ora si cominciano a manifestare segnali di disaffezione che rendono opportuna una riflessione e la proposizione di soluzioni che contribuiscano a costruire un sistema di governo scientifico dell’Ente in grado di renderlo più efficace nella realizzazione della sua missione.

Sono numerose le criticità che si riscontrano nell’attività dell’Ente, che rischiano di indebolire i punti di forza e che fanno del CNR uno dei massimi produttori di ricerca nazionali. Le criticità maggiori sono riconducibili al prolungato sotto-finanziamento che, solo grazie all’impegno ed alla dedizione di ricercatori e tecnologi, ha prodotto sino ad ora un rallentamento

soltanto marginale dell'attività scientifica; ma che, al contrario, ha completamente bloccato le carriere di ricercatori e tecnologi e l'immissione ordinaria di nuove leve in grado di garantire un'efficace trasmissione di conoscenze. La strada del contenimento dei costi, non sempre con ritorni entusiasmanti per le attività di ricerca, e degli accorpamenti, forse non tutti oculati e condivisi, rischiano di non contribuire a rendere l'Ente più efficace nella sua missione. Ogni ulteriore taglio, a questo punto, indubbiamente rischia di compromettere definitivamente la possibilità di perseguire con efficacia gli obiettivi della ricerca. Qualsiasi rilancio presuppone una chiara considerazione, innanzi tutto da parte della politica, della ricerca come uno dei campi strategici per il Paese e per le sue possibilità di rilancio e di sviluppo nell'attuale contesto europeo e internazionale, a patto ovviamente di investimenti e risorse adeguate.

Altra criticità di rilievo, che imbriglia e rallenta le possibilità di ricerca, è data dall'attuale organizzazione dell'Ente. Il modello organizzativo scelto in questi anni mostra evidenti segni di inadeguatezza; è giunto probabilmente il tempo di ripositionare il ruolo dei Dipartimenti che, previsti come strutture di coordinamento delle attività di ricerca svolte negli Istituti, hanno via via nel corso degli anni spesso invaso competenze non proprie, travisando la loro attività di supporto e finendo in alcuni casi per sostituirsi alle attività degli Istituti. Certo è invece che qualsiasi forma di organizzazione e di programmazione futura non potrà prescindere da una partecipazione dei ricercatori per la definizione delle strategie della ricerca e per il governo dell'Ente.

Un Ente di ricerca universale, dedicato potenzialmente a svolgere la propria attività su tutte le discipline (quale oggi è il CNR), dovrà prevedere un finanziamento di base, non minimale, "obbligatorio" per tutti gli Istituti, al fine di permettere anche a quelli con modeste capacità di autofinanziamento di poter perseguire in modo continuativo i propri obiettivi di ricerca con il pieno coinvolgimento di ricercatori e tecnologi.

In questo quadro sarebbe opportuno riconsiderare i criteri e le procedure con le quali finanziare l'attività di ricerca a tema libero che rappresenta una componente essenziale per lo sviluppo delle competenze, nonché una sorgente importante di vera innovazione. Partendo dalla concreta possibilità per i ricercatori e i tecnologi di verificare le loro idee si potrà ridisegnare un Ente nel quale le scelte di aggregazione e di rimodulazione della rete di ricerca siano sempre ed esclusivamente frutto di precise opportunità scientifiche da perseguire e non di conti da quadrare. Soltanto avviandosi lungo questo percorso, non semplice ma

non eludibile, sarà possibile arrestare il progressivo avanzamento di una burocrazia fine a sé stessa ed una standardizzazione ministeriale che non si confà ad un Ente di ricerca.

### 3. La piramide ribaltata

Le evidenze "sperimentali" degli ultimi anni dimostrano dunque che la questione della governance del CNR, così come quella degli altri enti, deve essere completamente ripensata. Il bilancio di questi anni nei quali tutta la responsabilità è stata affidata a un Presidente e a un Consiglio di amministrazione che dovrebbero decidere le scelte di una comunità complessa e vasta di ricercatori e di personale tecnico-amministrativo non si è rivelata efficace. Era forse abbastanza prevedibile che un modello così marcatamente verticistico, tanto lontano da una gestione partecipata e condivisa, non fosse sensato per la gestione di attività di ricerca. La ricerca ha bisogno, per essere svolta in modo efficace come è ampiamente dimostrato in tutte le realtà del mondo, di ricercatori motivati e coinvolti nelle scelte, di un ambiente di libertà e possibilità, l'unico nel quale le idee possano essere verificate e trovare una fertile possibilità di sviluppo.

La soluzione è "ribaltare la piramide" (Fig. 1): la "catena di comando" deve diventare una "catena di coordinamento"; la nomina deve diventare condivisione; il meccanismo di "selezione" dei componenti gli organi, di governo e di consulenza scientifica, deve

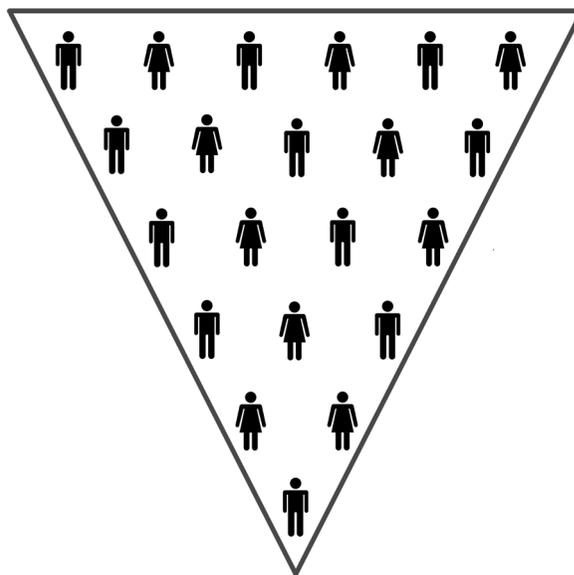


Fig. 1. La piramide ribaltata della Governance del CNR.

essere l'elezione tra pari e deve partire da una manifestazione di disponibilità degli interessati.

Non sono fatti nuovi in ambito scientifico. A tal fine sarà necessario introdurre meccanismi elettivi nei diversi ambiti intermedi di direzione, così come per le nomine dei vertici sarebbe opportuno che i ricercatori e i tecnologi possano essere coinvolti.

Del resto quale Università accetterebbe di vedere nominare i propri direttori di dipartimento o il proprio rettore da terzi estranei alla comunità universitaria? Quale comunità scientifica potrebbe accettare la rinuncia, come oggi avviene nel CNR e negli altri enti di ricerca italiani, di un percorso democratico di scelta? Per quale motivo non possono essere adottate per il CNR e per gli enti di ricerca procedure democratiche, seppure opportunamente declinate rispetto alle loro specificità? Forse può essere utile stimolare una discussione proponendo delle sostanziali novità nella determinazione degli organi di governo, partendo dai riferimenti generali prima elencati.

Se si desidera che continui ad esistere un CNR con l'attuale connotazione generalista e la sua ampia diffusione sul territorio, è necessario "ribaltare la piramide": dobbiamo partire dai ricercatori e tecnologi, supportati dal personale tecnico e amministrativo, da dove la ricerca viene fatta, dalle strutture di ricerca nelle quali i ricercatori e i tecnologi svolgono le loro attività.

Non serve inventarsi nuove denominazioni. Chiamiamo queste strutture di ricerca "Istituti di ricerca" e pensiamole come il luogo ove i ricercatori e i tecnologi, in funzione delle loro competenze e della missione dell'Istituto, possano svolgere efficacemente ricerca e conseguire risultati significativi. In ragione della missione potrebbero esserci più Istituti, che operano autonomamente, in luoghi diversi capaci di coordinarsi a livello dipartimentale. Il governo degli Istituti dovrà essere responsabilità di una Giunta di Istituto, presieduta dal Direttore dell'Istituto, costituita come oggi da ricercatori e tecnologi e da rappresentanti di tecnici e amministrativi, tutti democraticamente eletti. Il Direttore dell'Istituto sarà nominato fra una terna indicata dai ricercatori e tecnologi dell'Istituto. La Giunta di Istituto informa ed acquisisce pareri vincolanti dal Consiglio di Istituto, formato da tutti i ricercatori e tecnologi dell'Istituto, in riunioni plenarie che si potrebbero svolgere di norma due volte l'anno o su richiesta motivata della maggioranza dei componenti il Consiglio di Istituto.

Assunta la validità della diffusione territoriale del CNR, in un luogo, sede del CNR, devono auspicabilmente essere presenti più Istituti che, salvo particolari esigenze di ricerca, devono insistere, per

ragioni organizzative ma anche scientifiche, in un'area, possibilmente prossima ad altri insediamenti scientifico-universitari, che, anche in questo caso senza inventare nulla di nuovo, possiamo identificare come "aree di ricerca". Le aree di ricerca si possono occupare degli aspetti organizzativi ed amministrativi comuni agli Istituti che vi afferiscono, ma si rendono disponibili a rappresentare le potenzialità degli Istituti nel territorio in cui ricadono. Il governo delle aree di ricerca in capo ad un Comitato di area, costituito da un ricercatore/tecnologo eletto da ogni Istituto, sarà coordinato da un presidente, eletto dai direttori degli Istituti fra i componenti del Comitato di area.

Le attività pianificate e programmate dagli Istituti, presenti in vari luoghi del Paese e nelle diverse aree di ricerca, sono coordinati dai Dipartimenti cui afferiscono, in base alle competenze rappresentate per il conseguimento delle loro missioni. I Dipartimenti operano presso la sede centrale, per le loro attività fanno quanto più possibile uso di mezzi di comunicazione informatici. Ogni Dipartimento, supportato da una segreteria tecnico-amministrativa, svolge i suoi compiti di coordinamento con il Consiglio di Dipartimento, formato dai direttori degli Istituti e da numero di componenti esterni pari alla metà dei componenti interni. Il Consiglio di Dipartimento elegge il suo coordinatore tra i componenti interni.

La valutazione interna delle attività degli Istituti e del coordinamento dei Dipartimenti è condotta da Gruppi di valutazione, composti da esperti interni ed esterni, su base dipartimentale.

Il coordinamento scientifico dell'Ente e le sue linee di sviluppo generali sono deliberate dal Consiglio di Ente che è composto da un rappresentante per ogni Dipartimento, eletto dai rispettivi consigli di Dipartimento fra i ricercatori e tecnologi afferenti agli stessi Dipartimenti e che non ricoprono altri incarichi, e da un numero di esperti esterni pari ad un terzo dei componenti interni, eletti dalle comunità scientifiche di riferimento aggregate nelle macro-aree disciplinari rappresentative delle competenze disciplinari presenti nei Dipartimenti. Il Consiglio di Ente elegge al suo interno, nel rapporto due componenti interni ed uno esterno, i componenti della Giunta di Ente che opera come Consiglio di amministrazione. Le attività del Consiglio di Ente sono coordinate dal Presidente dell'Ente che presiede la Giunta ed è il suo rappresentante legale. Le attività svolte dalla Giunta di Ente sono supportate, esclusivamente per gli aspetti gestionali-amministrativi e contabili, da un Direttore generale nominato dalla Giunta di Ente, su proposta del Presidente che lo individua in una terna scelta con una procedura selettiva aperta ad esperti in possesso

di adeguata esperienza gestionale-amministrativa-contabile in ambito scientifico.

In questo nuovo quadro anche l'arruolamento, le carriere dei ricercatori e dei tecnologi andranno ripensate e completamente riorganizzate. Innanzi tutto, in una fase nella quale l'Università ha completamente riorganizzato le proprie carriere su due livelli appare completamente immotivato proseguire un modello basato su tre livelli ai quali si accede normalmente dopo lunghi anni di precariato. Stabilita una procedura di tenure-track (del resto l'Università stessa è ormai andata in questa direzione con i concorsi per ricercatori di tipo B che prevedono il passaggio a professori di 2° fascia dopo il conseguimento dell'abilitazione scientifica nazionale e lo svolgimento di 3 anni di attività positiva) con concorsi da tenersi secondo calendari previsti e inderogabili (funziona così per esempio in Francia, ma anche in Italia per le ammissioni nelle accademie militari), con un capitolo di spesa a tal fine previsto sempre nel bilancio dell'Ente. Il prosieguo della carriera potrebbe avvenire per idoneità scientifiche, su settori scientifici concorsuali connessi con quelli previsti per l'abilitazione scientifica nazionale, e seguendo le disponibilità finanziarie obbligatoriamente presenti anch'esse nel bilancio dell'Ente. In tal modo si potrebbe prevedere ogni anno nel bilancio dell'Ente un numero predefinito di avanzamenti di carriera e rendere prevedibile e non casuale il percorso di ogni ricercatore dell'Ente.

Tutto questo, per quanto possa apparire realizzabile solo superando grandi difficoltà, impone uno sforzo tanto utile quanto necessario: aprire un confronto con il mondo politico e culturale italiano sul futuro della ricerca, sul rinnovamento delle strutture che rendono possibile tale attività nel nostro Paese. Questo lavoro deve essere parte dell'attività di ricerca di ogni ricercatore e tecnologo, rappresenta lo sforzo concreto che ognuno deve fare per contribuire a rinnovare e incrementare un patrimonio comune di capacità e di competenze che altrimenti andrà a consunzione.

#### 4. Conclusioni

I ricercatori e tecnologi del CNR e degli Enti di ricerca rappresentano un patrimonio del Paese. Il CNR e gli Enti di ricerca, nella quasi totalità dei casi, sono governati con modelli organizzativi che comprimono molte potenzialità che i ricercatori e i tecnologi potrebbero sviluppare se messi nelle condizioni di poter governare i loro Enti. La condizione evidenziata è particolarmente rilevante nel CNR per la sua conno-

tazione generalista e per la sua ampia diffusione territoriale. Partendo da questi presupposti sarà necessario ridefinire un modello di Ente che anche nelle procedure selettive tenga nel dovuto conto ruoli e competenze del proprio personale di ricerca. Come nei Dipartimenti universitari i direttori tanto degli Istituti quanto dei Dipartimenti dovranno essere eletti dai ricercatori e dai tecnologi e il Presidente potrebbe essere scelto dal decisore politico (Ministro o Consiglio dei Ministri) in una terna di candidati scelti dai ricercatori e tecnologi dell'Ente.

A seguire le giunte esecutive e i consigli scientifici dovrebbero essere formati seguendo criteri analoghi. La conquista di una procedura stabile per la definizione di carriere preventivabili e percorribili per i ricercatori e i tecnologi è diventato un tema non più rinviabile. Anche qui i criteri dovranno essere chiari e non eludibili: tempi certi (selezioni biennali), procedure omogenee a quelle universitarie (due livelli di ricercatori e tecnologi, arruolamento attraverso percorsi predefiniti di tenure track), ricorrenti tornate nazionali idoneative e chiamate da parte dei singoli Istituti. Sono riforme queste non utopiche, che potrebbero discendere tutte da principi omogenei e chiari, accompagnati da una forte volontà di attuazione.

Sicuramente è necessaria una vera consapevolezza, in particolare da parte della politica, dell'importanza della ricerca e della necessità di dare agli Enti le risorse per renderli efficaci e competitivi in ambito europeo ed internazionale dove oggi, non si sa per quanto tempo ancora, riescono a farsi valere con mezzi assolutamente inadeguati. Lo sforzo finanziario richiesto al Paese per riportare il sistema a regime è importante, dovrà essere graduale, programmato e continuo.

Da subito è però possibile migliorare l'utilizzo delle risorse disponibili attuando interventi sostanziali ed innovativi per la governace del CNR e degli Enti di ricerca, rendendo i ricercatori e i tecnologi partecipi e responsabili dei loro governi. Questa azione, realizzabile attraverso risorse contenute, è possibile fin d'ora e potrebbe dare immediatamente risultati concreti in termini di maggiore efficacia degli Enti per il conseguimento delle loro missioni.

Le azioni di riorganizzazione proposte in questa nota, tratteggiate negli aspetti essenziali, non hanno la pretesa di essere risolutive o definitive, ma possono rappresentare uno schema di discussione e confronto per elaborare una proposta condivisa da portare con la forza ed il sostegno necessari all'attenzione dei decisori politici, possibilmente prima che il sistema arrivi ad un punto di non ritorno.

## Riferimenti bibliografici

- Betrò B., Gullà G. (2009). *Un nuovo riordino per gli Enti di ricerca in nome dell'autonomia, ma il riconoscimento del ruolo dei ricercatori ancora non si vede*. Analysis - Rivista di cultura e politica scientifica, N. 3-4/2009.
- Gullà G. (1999). *Il riordino del Consiglio Nazionale delle Ricerche: un punto di partenza per la seconda rete di ricerca*. Analysis - Rivista di cultura e politica scientifica, N. 1/1999, 4-10.
- Gullà G. (2014). *Ruolo, responsabilità, comunicazione, trasferimento e autorevolezza-Editoriale*. Analysis - Rivista di cultura e politica scientifica, N. 1/2014.
- Gullà G. (2017). *Gli Statuti degli Enti Pubblici di Ricerca dopo il D.lgs. n. 218/2016: tracce ed opportunità in itinere*. Analysis - Rivista di cultura e politica scientifica, N. 3/2017.
- Gullà G., Palaia R. (2014). *I ricercatori, il sistema ricerca italiano e la crisi del Paese*. Analysis - Rivista di cultura e politica scientifica, N. 1/2014.
- Gullà G., Palaia R. (2016). *Che finanziamenti per la ricerca e quale ricerca per il Paese? Editoriale N. 2/2016*. Analysis - Rivista di cultura e politica scientifica, Anno XVIII - N. 2/2016, 3-4, Patron Editore, ISSN 1591-0695.
- Gullà G., Reale E. (2012). *La governance e la gestione delle risorse*. Analysis - Rivista di cultura e politica scientifica, N. 1/2012.
- Gullà G., Rizzo A. (2012). *Partecipazione e trasparenza nel governo scientifico del Consiglio Nazionale delle Ricerche: le opportunità offerte dalla stesura dei regolamenti*. Analysis - Rivista di cultura e politica scientifica, N. 1/2012, 21-27.
- Reale E. (2018). *Ma la ricerca scientifica interessa all'Italia? Nota di riflessione sui dati del rapporto ANVUR e della relazione sulla ricerca e l'innovazione del CNR*. Analysis - Rivista di cultura e politica scientifica, N. 2/2018.
- Reale E., Gullà G. (2013). *La valutazione degli Enti di ricerca nella VQR: una riflessione da avviare*. Analysis - Rivista di cultura e politica scientifica, N. 1-2/2013.
- Veltri M., Gullà G. (2006). *Il sistema formazione - ricerca - innovazione: nel Meridione ed in Calabria*. Analysis - Rivista di cultura e politica scientifica, N. 3-4/2006, 31-35.

## Note

<sup>1</sup> Più precisamente attualmente i Dipartimenti sono i seguenti: 1) Scienze del sistema terra e tecnologie per l'ambiente, 2) Scienze bio-agroalimentari, 3) Scienze chimiche e tecnologie dei materiali, 4) Scienze fisiche e tecnologie della materia, 5) Scienze biomediche, 6) Ingegneria ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti, 7) Scienze umane e sociali, patrimonio culturale.

### GIOVANNI GULLÀ

*Dirigente di ricerca del CNR. I suoi interessi scientifici riguardano l'ingegneria geotecnica con particolare riferimento alla tipizzazione dei movimenti in massa e degli eventi di frana ad elevato impatto sociale ed economico. Autore di oltre 300 contributi in riviste e atti di convegni internazionali e nazionali, report di ricerca e tecnici. Presidente ANPRI e componente del Consiglio Direttivo di FGU-Dipartimento Ricerca.*

#### Contatti:

[giovanni.gulla@gmail.com](mailto:giovanni.gulla@gmail.com)

### ROBERTO PALAIA

*Storico della filosofia è primo ricercatore presso l'ILIESI-CNR, ha focalizzato i suoi studi sulla formazione e evoluzione dei linguaggi tecnici della filosofia nell'età moderna, approfondendo soprattutto il tema della formazione della lingua dell'Aufklärung. Ha partecipato e diretto numerosi progetti nazionali e internazionali dedicati a temi di Cultural Heritage e Digital Humanities. È stato docente presso l'Università de L'Aquila, membro di varie società filosofiche nazionali e internazionali e attualmente Presidente della SodalitasLeibnitiana.*

#### Contatti:

[roberto.palaia@gmail.com](mailto:roberto.palaia@gmail.com)

# INTERVISTE AI RICERCATORI E TECNOLOGI ELETTI NEI CONSIGLI DI AMMINISTRAZIONE DEGLI ENTI PUBBLICI DI RICERCA

Giovanni Dal Monte, Giovanni Gullà

## Riassunto

*Già prima del Decreto legislativo n. 218/2016 (D.lgs. n. 218/2016) nei Consigli di Amministrazione (CdA) di alcuni Enti Pubblici di Ricerca (EPR) erano presenti componenti eletti dal personale. L'articolo 2 del D.lgs. n. 218/2016 prevede che "Gli Enti nei propri statuti e regolamenti (...) assicurano tra l'altro, (...) la rappresentanza elettiva di ricercatori e tecnologi negli organi scientifici e di governo degli Enti." A due anni circa dall'entrata in vigore del richiamato decreto legislativo, la previsione legislativa, come avviene spesso nel nostro Paese, non ha ancora trovato la sua piena attuazione; ciò anche in ragione di una poco decisa definizione delle concrete modalità operative, lasciate in larga parte alla decisione degli Enti interessati, o meglio a quella dei loro vertici. Pur in presenza di un disegno ancora incompleto per una serie di ragioni che non sono trattate in questa nota, sono comunque presenti in un numero significativo di Consigli di Amministrazione di vari EPR ricercatori e tecnologi eletti dal personale o dai soli ricercatori e tecnologi. L'indubbia positività della presenza della componente elettiva nei CdA ci ha spinti a chiedere a dodici colleghi, attualmente componenti eletti nei CdA, di rispondere ad alcune domande che vorrebbero far emergere, nel contesto attuale, il contributo che possono effettivamente dare al governo degli EPR. Hanno risposto alle domande che abbiamo proposto otto colleghi di sei Enti, fornendo, a nostro avviso, uno spaccato molto interessante e significativo. Nella nota sono proposte, per ognuna delle domande, le risposte nella forma completa con cui sono state fornite dai colleghi, sia per dar conto dettagliatamente delle diverse realtà degli EPR, sia al fine di dare ai lettori la possibilità di proporre proprie considerazioni, alimentando il dibattito sull'argomento. Al contempo, per ogni domanda è proposta una sorta di sintesi, corredata, ove se ne presenta l'opportunità, di alcune considerazioni e commenti generali. Il qualificato "stato dell'arte", desumibile dalle risposte fornite dai colleghi, consente di presentare nelle conclusioni alcune riflessioni e alcuni spunti di discussione che possono contribuire a far emergere le azioni da intraprendere, in particolare da parte delle comunità scientifiche interessate, per potenziare e completare il peso degli eletti nei Consigli di Amministrazione per Governo dei rispettivi Enti, sia direttamente sia con il supporto di ulteriori organi di autogoverno.*

**Parole chiave:** *Enti pubblici di ricerca, Decreto legislativo n. 218/2016, Ricercatori o Tecnologi eletti nei Consigli di Amministrazione.*

**Keywords:** *Public Research Institutions, Decree n. 218/2016, Researchers members of the executive board.*

## 1. Introduzione

Il Decreto legislativo n. 218/2016 (D.lgs. n. 218/2016) "Semplificazione delle attività degli Enti pubblici di ricerca ai sensi dell'articolo 13 della legge 7 agosto 2015 n. 124", oltre ad introdurre importanti possibilità di semplificazione nelle attività che tutti gli Enti pubblici di ricerca (elencati all'art. 1) sono chiamati a svolgere, prevede in diversi punti un sostanziale potenziamento del ruolo che ricercatori e tecnologi devono svolgere nel governo degli stessi EPR, con un esplicito richiamo alla Carta Europea dei ricercatori e al Codice di Condotta per l'Assunzione dei ricercatori, ma riferendosi nei fatti a buone pratiche già adottate da tempo nell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (Ente caratterizzato, peraltro, da una struttura di

governo che, coerentemente alla missione di un EPR, non prevede un vero e proprio Consiglio di Amministrazione ma un Consiglio Direttivo).

In particolare, l'innovazione trattata nella presente nota, sicuramente una fra le principali del D.lgs. n. 218/2016, è contenuta nell'art. 2 che obbliga gli EPR ad assicurare la "(...) rappresentanza elettiva di ricercatori e tecnologi negli organi scientifici e di governo", affidandone però il mandato attuativo ai CdA degli stessi Enti e rimandando l'effettiva operatività della previsione normativa alla scadenza degli attuali CdA.

Questi ultimi due aspetti rendono necessaria una attenta vigilanza per controllare che quanto previsto dalla legislazione per aumentare il peso di ricercatori e tecnologi (R&T) negli Enti non rimanga sulla carta ma abbia effettiva attuazione, perché in Italia non è raro

che quanto previsto dal legislatore venga svuotato di efficacia nell'applicazione concreta; questo è ciò che è successo, in particolare, con alcuni Enti (ENEA e Stazione zoologica "A. Dohrn"), che si sono di fatto rifiutati di adeguare i loro statuti e di introdurre la rappresentanza elettiva di ricercatori e tecnologi. Il TAR però, in seguito ai ricorsi promossi con il sostegno dell'ANPRI, ha ordinato ai due Enti modificare gli statuti e riconoscere a ricercatori e tecnologi i diritti prima negati<sup>1</sup>.

Proprio per dare un riscontro alla positività, seppure parziale, di quanto previsto dal D.lgs. n. 218/2016, non si vuole in questa nota discutere del quando e come gli Enti hanno dato corso all'obbligo prima richiamato, si vuole invece far emergere, dalle esperienze che stanno vivendo attualmente i colleghi eletti, lo stato dell'arte riguardo il contributo che ricercatori e tecnologi forniscono o potrebbero fornire al lavoro dei CdA degli EPR.

A tal fine sono state proposte a dodici colleghi eletti nei CdA di nove EPR (CNR, CREA, INAF, INDAM, INFN, INGV, INRIM, OGS, SZN) undici domande relative alla loro esperienza nei CdA.

Hanno risposto otto colleghi di sei Enti (CREA-Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria, INAF-Istituto Nazionale di Astrofisica, INFN-Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, INGV-Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INRIM-Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, OGS-Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale), quindi un campione decisamente significativo, sebbene purtroppo manchi, fra quelli contattati, il contributo dell'eletto nel CdA del Consiglio Nazionale delle Ricerche, "la più grande struttura pubblica di ricerca in Italia".

Nel seguito, per ognuna delle domande e riferendosi alle risposte nella forma integrale fornita dai colleghi, vengono presentate alcune considerazioni di sintesi delle opinioni, generalmente differenziate, che pare di rilevare. L'insieme delle considerazioni consente di proporre alcune riflessioni e spunti di discussione, con l'obiettivo di delineare quali possono essere le azioni da intraprendere da parte delle comunità scientifiche interessate per aumentare il peso degli eletti nei CdA degli EPR, sia direttamente sia con il supporto di altri "organi di autogoverno". La lettura integrale delle risposte dei colleghi consente comunque ai lettori di confrontarsi con le riflessioni e gli spunti proposti e, quindi, di inserirsi nel confronto più ampio che questa nota vuole stimolare.

## 2. Le domande e le risposte

Riportiamo di seguito le interviste ai ricercatori e tecnologi eletti, accompagnate da una sintesi delle risposte e da alcune nostre brevi considerazioni.

Le motivazioni addotte dagli eletti sono diversificate e potrebbero essere tutte condivisibili, sebbene alcune siano per alcuni aspetti contrastanti. Dalla volontà di offrire il proprio tempo e l'esperienza maturata a servizio dei colleghi, manifestata in particolare da eletti nel CdA che dichiarano altre esperienze di servizio, passiamo alla decisione di porsi altri traguardi e sfide, magari un poco diverse rispetto a quelle affrontate nelle attività di ricerca svolte.

In alcune risposte sono fornite motivazioni articolate che sembrano delineare una sorta di "programma politico" da portare a compimento, pur intravedendosi da questa prima risposta la consapevolezza dei limiti delle azioni possibili. Limiti che, sebbene non in forma esplicita e diretta, sono anche determinati dalla distribuzione delle strutture di ricerca dei vari Enti sul territorio. Limite che è brillantemente superato in un Ente, l'INFN, che, pur in presenza di oggettivi vincoli normativi, è tradizionalmente organizzato per consentire la partecipazione dei ricercatori e tecnologi al governo scientifico dell'Ente.

Anche su questa seconda domanda si registrano risposte abbastanza differenziate. Si passa da una sicura convinzione della adeguatezza della propria preparazione per il ruolo da ricoprire, a volte maturata con precedenti esperienze in altri ambiti, ad una tranquilla affermazione di "incompetenza" sostenuta dalla convinzione, riteniamo sostanziata dai fatti, di possedere gli strumenti per imparare facendo. Troviamo anche risposte "mediane" che riferiscono di una preparazione base iniziale, ritenuta adeguata per proporsi a ricoprire il ruolo, migliorata con l'esperienza di lavoro nel CdA e con la partecipazione a corsi di formazione gestionale organizzati dall'Ente.

In genere l'interazione con le rispettive strutture dirigenziali viene giudicata buona o molto buona. Un collega mette in evidenza la consapevolezza che, pur in presenza di buoni rapporti, manca una precisa formalizzazione degli stessi, probabilmente a significare una non chiara "declaratoria" delle prerogative che gli eletti, forse in generale i componenti, nel CdA hanno nell'interazione con le strutture dirigenziali, in particolare quelle amministrative, che potrebbero essere utili al loro ruolo.

Tutti ritengono che la propria azione di ricercatori e tecnologi eletti nei CdA sia stata percepita come positiva e costruttiva; tranne un caso, in cui il collega addirittura si è sentito un intruso, un avversario, rispetto agli altri componenti del CdA.

In generale, la valutazione positiva, volendo pensare male, può riflettere la convinzione della poca incisività che gli eletti nei CdA possono effettivamente dispiegare rispetto alle decisioni, in ragione della sproporzione numerica rispetto alla componente esterna, enorme se si considera che il Presidente è di provenienza esterna all'Ente e nelle decisioni il suo

Tab. 1. Domanda n. 1.

<b>QUALI SONO LE TRE PRINCIPALI MOTIVAZIONI CHE TI HANNO SPINTO A CANDIDARTI NEL CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE DEL TUO ENTE?</b>
<p><b>Domenico PERRONE (CREA)</b></p> <p>a) Portare all'interno dell'organo di governo e d'indirizzo strategico dell'Ente l'esperienza maturata nel corso della ultradecennale attività svolta in ambito sindacale, incidendo in modo diretto sul riequilibrio dell'organico e sul piano di fabbisogno del personale. Ciò a tutela della valorizzazione e della crescita professionale del Personale, in particolare quello scientifico, al riguardo poco considerato nell'ultimo decennio;</p> <p>b) Pesare sull'attuazione e sull'aggiustamento del piano di riordino dell'Ente, nonché sulla formulazione dei suoi regolamenti interni (organizzazione e funzionamento, economia e contabilità, strumenti formativi, ecc.) al principale fine di favorirne la crescita scientifica e tecnologica attraverso: le risposte alla domanda di ricerca ed innovazione proveniente sia dal mondo produttivo che dai consumatori, il mantenimento dell'intenso e peculiare rapporto con il territorio, la riacquisizione della preziosa autonomia dell'Ente (in particolare dal mondo universitario) nella gestione di un'attività di ricerca mirata e di un personale competente e motivato;</p> <p>c) Preservare e valorizzare al meglio, coerentemente all'attività istituzionale da svolgere, il rilevante patrimonio immobiliare dell'Ente dall'inestimabile valore storico e culturale oltre che economico.</p> <p>d) Credo che fosse un naturale sviluppo della mia carriera visti i precedenti ruoli che avevo ricoperto (vedi risposta 2)</p> <p>e) Sono sempre stato interessato a fare nuove esperienze lavorative</p>
<p><b>Enrico CAPPELLARO (INAF)</b> Presunzione di riuscire a fare meglio di altri. Sfida per un impegno difficile. Senso del dovere.</p>
<p><b>Stefano GIOVANNINI (INAF)</b> La voglia di partecipare attivamente, la necessità di mettermi alla prova e di trovare nuovi stimoli professionali, la convinzione di poter dare un contributo importante per il mio Ente.</p>
<p><b>Roberto GOMEZEL (INFN)</b> Ho sempre creduto nella forza della rappresentanza, il desiderio di poter contribuire alla <i>governance</i> dell'Ente e la possibilità di poter modificare regolamenti e Statuti.</p>
<p><b>Antonio PASSERI (INFN)</b> Ritenevo fosse giusto mettere al servizio dell'Ente e dei colleghi il bagaglio di conoscenza dei suoi meccanismi di funzionamento e di relazioni con le persone che vi operano nelle varie sedi che avevo accumulato negli anni, sia attraverso l'attività di ricerca che attraverso il ruolo di rappresentante ANPRI. Mi sono reso conto che avevo avuto l'opportunità abbastanza rara di avere una visione d'insieme dell'Ente e del sistema ricerca, certamente non del tutto completa, ma poco comune fra i miei colleghi. Con molti di loro peraltro condividevo lo stesso modo di intendere la ricerca, il suo ruolo nella società italiana ed il valore della professionalità e della competenza di chi la porta avanti, il vero inestimabile capitale da difendere e promuovere. E sentivo l'esigenza di migliorare e massimizzare il coinvolgimento dei ricercatori nelle scelte di politica scientifica ed organizzative dell'Ente, che sempre impattano in modo significativo sulla qualità del loro lavoro. Quindi, dovendo focalizzare tre motivazioni principali direi: 1. Lo spirito di servizio verso l'Ente ed i colleghi; 2. La difesa e la promozione del capitale umano della ricerca; 3. Il potenziamento della comunicazione e della collaborazione fra <i>management</i> e ricercatori.</p>
<p><b>Giulio SELVAGGI (INGV)</b></p> <p>a) L'importanza di essere nei Consigli di Amministrazione, considerato il ruolo fondamentale che hanno assunto nella programmazione della ricerca.</p> <p>b) Credo che fosse un naturale sviluppo della mia carriera visti i precedenti ruoli che avevo ricoperto (vedi risposta 2)</p> <p>c) Sono sempre stato interessato a fare nuove esperienze lavorative.</p>
<p><b>Vito FERNICOLA (INRIM)</b> Le tre ragioni principali sono:</p> <p>a) incidere sulla policy generale dell'Ente;</p> <p>b) contribuire a riaffermare la missione e il ruolo dell'Ente;</p> <p>c) incidere sulla programmazione strategica e sulle politiche del personale.</p>
<p><b>Silvestro GRECO (OGS)</b> Non è il mio Ente, ma molti colleghi dell'OGS mi hanno chiesto di candidarmi, ho partecipato alle elezioni con altri due colleghi e sono stato eletto.</p>

voto ha un peso doppio nelle situazioni di parità.

Nelle risposte alla domanda n. 5 emerge qualche difficoltà, almeno iniziale, nel rapportarsi con i Direttori generali, anche per una loro non sempre chiara percezione del ruolo del rappresentante dei R&T. Quasi

tutti, comunque, danno valutazioni positive, magari in seguito a un "rodaggio" necessario per far conoscere meglio al Direttore Generale il significato e le prerogative del ruolo rivestito. Le risposte evidenziano, comunque, due importanti questioni:

Tab. 2. Domanda n. 2.

<b><i>RITIENI CHE LA PREPARAZIONE E LE COMPETENZE CHE POSSEDEVI ALL'ATTO DELLA TUA ELEZIONE NEL CDA FOSSERO GIÀ ADEGUATE PER IL LAVORO CHE HAI SVOLTO SINO AD ORA?</i></b>
<p><b>Domenico PERRONE (CREA)</b>                      In parte sì: essendo interno, la conoscenza diretta dell'Ente agevola in diverse scelte. Ma, ovviamente, certe dinamiche gestionali che presuppongono specifiche conoscenze normative si acquisiscono col tempo.</p>
<p><b>Enrico CAPPELLARO (INAF)</b>                      Tutto sommato sì. Non sono competenze estese quelle che servono.</p>
<p><b>Stefano GIOVANNINI (INAF)</b>                      Sicuramente no, poiché l'esperienza la ritengo fondamentale in questo genere di incarichi; la formazione sul campo però è stata più rapida ed efficace di quanto prevedessi.</p>
<p><b>Roberto GOMEZEL (INFN)</b>                      Avevo svolto in precedenza il ruolo di rappresentante del Personale della mia Struttura di appartenenza nell'Assemblea nazionale e quindi ho avuto modo di apprendere meglio il funzionamento dell'Ente e anche di apprendere come meglio rappresentare i colleghi. In quanto responsabile di progetti e di servizi ho avuto modo di gestire risorse umane e questo mi ha aiutato molto anche nello svolgere il nuovo compito. A questo si sono aggiunti corsi di formazione sulla gestione di risorse umane e gruppi che ho avuto modo di frequentare all'interno dei programmi di formazione previsti dall'Istituto.</p>
<p><b>Antonio PASSERI (INFN)</b>                      Come si evince dalla risposta alla domanda precedente: sì, in larga misura avevo già la preparazione adeguata al ruolo, anche se ovviamente ho poi imparato molto altro. Ma la consapevolezza di avere le giuste competenze è stata proprio la ragione che mi ha spinto a candidarmi.</p>
<p><b>Giulio SELVAGGI (INGV)</b>                      Sì, anche se non complete. Comunque ho ricoperto ruoli con aspetti amministrativi per lungo tempo. Dal 2004 al 2007 sono stato responsabile di Unità Funzionale che è una struttura operativa del mio Istituto alla quale afferivano più di 20 dipendenti, un budget superiore al milione di euro ed era finalizzata alla realizzazione di reti di monitoraggio, inclusi i compiti e gli aspetti amministrativi. Dal 2007 al 2012, ho ricoperto il ruolo di direttore di sezione, cioè la struttura organizzativa superiore alle Unità Funzionali con 180 dipendenti ricoprendo anche il ruolo di funzionario delegato, cioè la gestione diretta e la responsabilità del bilancio della sezione di diversi milioni di euro.</p>
<p><b>Vito FERNICOLA (INRIM)</b>                      Solo in parte. Ho dovuto, e devo, approfondire gli aspetti tecnico-gestionali, in particolare, i documenti di bilancio dell'Ente. Spesso dietro a questioni tecniche, si celano scelte politiche importanti.</p>
<p><b>Silvestro GRECO (OGS)</b>                      Sì, perché oltre all'attività legata al mio ruolo di dirigente di ricerca, per due anni ho ricoperto il ruolo di assessore regionale all'ambiente e ho coordinato gli assessori italiani nella conferenza Stato-Regioni</p>

- da una parte i Direttori generali degli Enti dovrebbe avere una maggiore consapevolezza, anche solo in termini generali, della particolare missione di un Ente di ricerca e della conseguente modalità di interazione e di considerazione del ricercatore/tecnologo eletto come componente del CdA;
- dall'altra, la non chiara percezione del ruolo del componente eletto deriva, probabilmente, dal fatto che per alcuni aspetti questo ruolo effettivamente non è molto ben definito e può essere equivocado.

Comunque le risposte a questa e ad altre domande mettono in luce che l'ingresso in CdA di componenti eletti ha messo in discussione equilibri consolidati all'interno degli Enti, per cui un periodo di rodaggio è fisiologico ma deve essere opportunamente utilizzato, con l'aiuto dei ricercatori e tecnologi, per dare peso e

chiarezza al proprio ruolo e alla propria azione.

Riferendosi alla scala suggerita, la valutazione numerica dell'incisività della propria attività in seno al CdA oscilla tra 2 e 4, con una prevalenza dei 3 (nella metà delle risposte).

Evidentemente questo tipo di valutazione dipende da molte variabili, ad esempio le dimensioni dell'Ente, ma l'eterogeneità evidenziata da una delle risposte probabilmente è un elemento da considerare in un consesso caratterizzato da una componente elettiva nettamente minoritaria, che si trova ad operare, in diversi Enti, in formale distacco dagli elettori rappresentati, con i quali non ha una possibilità di interazione formale attraverso altri organi elettivi o altri strumenti partecipativi.

Tranne che per due Enti, non sono contemplati canali istituzionali di interazione tra eletti ed elettori. In particolare, dove esistono questi canali si evidenzia la loro

Tab. 3. Domanda n. 3.

<b>COME VALUTI LE MODALITÀ E LA QUALITÀ DI INTERAZIONE CON LE STRUTTURE DIRIGENZIALI DELL'ENTE NELL'AMBITO DELLE ATTIVITÀ DI TUA COMPETENZA?</b>
<b>Domenico PERRONE (CREA)</b> Buone. Credo sarebbero state ottime se tutto il personale dirigenziale fosse animato da onestà intellettuale.
<b>Enrico CAPPELLARO (INAF)</b> Buone dal lato umano. Ragionevoli dal lato professionale.
<b>Stefano GIOVANNINI (INAF)</b> Nel mio caso, così come credo sia analogo in tutti i casi di Enti dalle dimensioni non eccessive, le modalità sono molto dirette e informali così da massimizzare la qualità e l'efficienza.
<b>Roberto GOMEZEL (INFN)</b> Ho sempre avuto in generale un'ottima interazione; certo va costruita e va sempre condotta nel rispetto dei rispettivi ruoli, ma direi che sono sempre state fruttuose e si è lavorato con spirito di collaborazione.
<b>Antonio PASSERI (INFN)</b> L'INFN ha la fortuna di essere sempre stato gestito da ricercatori (dipendenti e associati universitari) e quindi il rapporto col management è facilitato dal fatto che in molti casi si tratta di persone con cui si condivide un po' di attività di ricerca. Non ho incontrato particolari difficoltà nel rapportarmi con il Consiglio Direttivo, e nemmeno con la Giunta Esecutiva, anche se quest'ultima mantiene uno stretto riserbo sui propri processi decisionali, i cui esiti vengono tuttavia sempre verificati in CD. L'accesso alle informazioni rilevanti, pur nel rispetto dei ruoli, mi è sempre stato assicurato, come pure la possibilità di presentare proposte e esigenze dei colleghi nei vari ambiti. Il rapporto con la gestione amministrativa è più complesso, ma devo dire che ho sempre trovato disponibilità a collaborare ed un pieno riconoscimento del mio ruolo istituzionale. Sono sempre riuscito ad avere le informazioni necessarie, magari dopo qualche iterazione. Più difficile è entrare nel merito delle procedure amministrative, e provare a incidere nella direzione di semplificare e ridurre il carico burocratico, tuttavia è stato sempre possibile fare critiche costruttive.
<b>Giulio SELVAGGI (INGV)</b> Le modalità sono informali e dipendono troppo dai rapporti personali. Su questo aspetto la mia risposta è negativa, la qualità di interazione è molto scarsa. Ritengo, invece che un rapporto stretto e formalizzato con la dirigenza scientifica dell'Ente sia necessaria
<b>Vito FERNICOLA (INRIM)</b> L'Ente ha un direttore scientifico, un direttore generale ed un solo dirigente amministrativo. Come CdA valuto soddisfacente la collaborazione con il DG, buona con il DS, mentre come CdA non vi sono significative interazioni con il DA.
<b>Silvestro GRECO (OGS)</b> Molto bene, non ho avuto alcun tipo di problemi

Tab. 4. Domanda n. 4.

<b>COME VALUTI CHE SIA STATA PERCEPITA LA TUA ATTIVITÀ IN SENO AL CDA DA PARTE DEGLI ALTRI SUOI COMPONENTI?</b>
<b>Domenico PERRONE (CREA)</b> Come l'attività di colui che rompe le uova nel paniere, purtroppo.
<b>Enrico CAPPELLARO (INAF)</b> Credo positivamente, nei limiti di quello che può/deve fare il CDA.
<b>Stefano GIOVANNINI (INAF)</b> Credo in maniera costruttiva, a tratti forse troppo "pignola" ma tutto sommato positiva, o almeno così mi auguro.
<b>Roberto GOMEZEL (INFN)</b> Credo sia sempre stata vista come una collaborazione importante che portava all'attenzione le problematiche del Personale; a prova di ciò devo riconoscere che come rappresentante sono stato inserito in molti gruppi di lavoro per la redazione di regolamenti, disciplinari e modifiche alla carta statutaria.
<b>Antonio PASSERI (INFN)</b> Ritengo che sia stato apprezzato il mio sforzo di facilitare la comunicazione fra ricercatori e management e l'impegno a trovare soluzioni che conciliassero per quanto possibile le esigenze di gestione con le istanze dei ricercatori. Alcune cose sono entrate nella normativa e nella prassi dell'Ente, altre sono state respinte, tuttavia il continuo confronto è già di per sé un risultato importante.

(Segue Tab. 4)

<b>Giulio SELVAGGI (INGV)</b> Spero bene, credo di essere stato attento nelle questioni delicate e di aver dato il mio contributo a ogni riunione.
<b>Vito FERNICOLA (INRIM)</b> In un CdA di tre membri, il componente “interno” spesso ha maggiori informazioni degli altri, ma può essere affetto da <i>bias</i> sistematico! La credibilità del membro eletto si valuta volta per volta sugli atti concreti. Al momento il CdA ha trovato un equilibrio in cui il rapporto tra i tre componenti è di franchezza e leale collaborazione.
<b>Silvestro GRECO (OGS)</b> Mi sembra positivamente, c'è piena sintonia con il collega nominato dal Ministro e il collegio dei revisori.

corretta funzione di connessione tra eletti ed elettori sui temi/argomenti di competenza del CdA. Il dover ricorrere a soluzioni personali rischia di trasformare la corretta e dovuta connessione eletto-elettore in un rapporto personale suscettibile di deviazioni e condizionamenti inopportuni o, addirittura, di diventare il canale di propaganda di un gruppo di opinione. Evidentemente la soluzione agli inconvenienti rilevati esiste ed è praticabile.

Se ci riferiamo alla scala suggerita, troviamo valutazioni da 2 a 5 (un 2, quattro 3, un 4 ed un 5). Leggendo le motivazioni del “voto” si rilevano interessanti ed inquietanti dettagli: un generalizzato maggiore/esclusivo interesse per gli aspetti che riguardano personalmente i singoli ricercatori e tecnologi, con particolare

riguardo al tema dei finanziamenti; poca convinzione dell'effettivo impatto dell'azione dei componenti eletti sulle decisioni del CdA; grande sacca di completo disinteresse. Questi dettagli sono probabilmente indicativi di debole coinvolgimento dei R&T in meccanismi e decisioni che vedono lontani e che richiedono, come avviene in alcuni Enti, dei raccordi attraverso altri organi e procedure che prevedano un ruolo pro-attivo di R&T, rendendoli convinti del fatto che il loro contributo, piccolo e magari non rintracciabile nelle decisioni finali, è comunque stato preso in considerazione. Più i ricercatori e tecnologi saranno in contatto con i componenti eletti più il loro ruolo potrà aumentare di peso nelle decisioni del CdA.

Tab. 5. Domanda n. 5.

<b>COME VALUTI CHE SIA STATA PERCEPITA LA TUA ATTIVITÀ IN SENO AL CDA DA PARTE DEL DIRETTORE GENERALE DELL'ENTE?</b>
<b>Domenico PERRONE (CREA)</b> Come supporto nelle decisioni difficili a tutela dell'Ente. Come intralcio nelle “decisioni accomodanti” che un DG è spesso chiamato a prendere, specie se facente funzioni.
<b>Enrico CAPPELLARO (INAF)</b> Mi pare positivamente
<b>Stefano GIOVANNINI (INAF)</b> Collaborativa, costruttiva, a volte insistente ma sempre per il bene dell'Ente e sempre con pieno rispetto professionale dei ruoli.
<b>Roberto GOMEZEL (INFN)</b> A differenza degli altri componenti del CdA che sono tutti direttori di Strutture INFN che quindi conoscono per la nostra storia il ruolo dei rappresentanti del Personale che ci sono sempre stati, il DG provenendo dall'esterno non sempre comprende dall'inizio questo ruolo, confondendolo con la rappresentanza sindacale che è un'altra cosa. Comunque si tratta di lavorare insieme, farsi conoscere e far comprendere il ruolo della rappresentanza nella gestione quotidiana e a quel punto anche con il DG si inizia ad avere lo stesso tipo di relazione che si ha con gli altri componenti.
<b>Antonio PASSERI (INFN)</b> Penso che non lo ritenga importante, ma comunque non dannoso. Le nostre interazioni dirette sono rare, ma ovviamente ritrova le mie richieste e proposte sia negli uffici che nelle posizioni del CD.
<b>Giulio SELVAGGI (INGV)</b> Idem come sopra. Penso sia meglio chiedere alla DG .
<b>Vito FERNICOLA (INRIM)</b> Positiva. Rapporto collaborativo
<b>Silvestro GRECO (OGS)</b> L'OGS ha cambiato 3 direttori da quando sono stato nominato, valuto positivamente l'interazione

Tab. 6. Domanda n. 6.

<b>UTILIZZANDO UNA SCALA DA 0 (ZERO) A 5 (CINQUE) QUANTO VALUTI CHE INCIDA LA TUA ATTIVITÀ SULLE DECISIONI ASSUNTE DAL CDA DELL'ENTE (MOTIVARE/ILLUSTRARE LA VALUTAZIONE FORNITA)?</b>
<b>Domenico PERRONE (CREA)</b> 3. Preciso, la mia attività sulle decisioni assunte dal CdA incide per un valore pari a 5 (cinque) per i provvedimenti di dubbia legalità, mentre incide per un valore pari 0 (zero) per le scelte conformi alla legge.
<b>Enrico CAPPELLARO (INAF)</b> 3. Il peso maggiore è del Presidente (che ha la titolarità dell'iniziativa nella maggioranza dei casi). Per il resto, vincoli interni ed esterni all'Ente limitano, forse giustamente, la capacità di indirizzo.
<b>Stefano GIOVANNINI (INAF)</b> Voto 2 – L'obiettivo è dare il proprio contributo sempre, nel modo più utile e incisivo possibile. Essendo la percentuale di successo inferiore al 50% mi sembra che 2 su 5 sia un valore adatto.
<b>Roberto GOMEZEL (INFN)</b> Non è facile riassumerlo in numero, però potremmo dire, dato lo spazio che viene dato a noi rappresentanti nell'elaborazione di regolamenti e anche nella discussione in CD, che si attesta tra 3 e 4.
<b>Antonio PASSERI (INFN)</b> Onestamente direi 0,5 se non meno. Essendo il CD dell'INFN composto da una trentina di persone è abbastanza difficile incidere pesantemente. Peraltro le questioni di mia diretta competenza sono quelle che riguardano il personale ricercatore, che sono solo una parte delle decisioni del CD. Ovviamente anche sugli altri argomenti partecipo ed esprimo il mio parere quando mi sembra che si adottino scelte in contrasto con le esigenze dei miei colleghi, ma è chiaro che sulle scelte scientifiche e di management non posso pensare di contare più di 1/30.
<b>Giulio SELVAGGI (INGV)</b> Ritengo di incidere in modo positivo e concreto sulle decisioni. Direi che 4 rappresenta bene il mio contributo anche se è sempre difficile una autovalutazione oggettiva.
<b>Vito FERNICOLA (INRIM)</b> Se 3 è giudizio neutro, allora tre e mezzo (3.5).
<b>Silvestro GRECO (OGS)</b> 4, ho avuto modo di verificare che l'ottimo rapporto con il collega del CdA nominato dal Ministero consente ovviamente di incidere molto.

A parte la valutazione positiva e convergente di due eletti dello stesso Ente, l'INFN, le opinioni sono variabili e variamente motivate. In particolare, la convinzione che emerge esplicitamente o implicitamente, a conferma di uno dei punti di debolezza del D.lgs. n. 218/2016, è che modifiche sostanziali degli statuti, nella direzione di un'effettiva maggiore partecipazione di R&T al governo degli Enti, non hanno molte possibilità di diventare realtà con gli attuali CdA, composti in netta prevalenza da esterni di nomina politica. In alcune risposte si coglie la volontà di ragionare e studiare per sfruttare al meglio le possibilità già disponibili nella normativa vigente.

Si ripresenta in termini sintetici, per certi aspetti prevedibilmente, un quadro di risposte simile alla domanda 9.

Abbiamo ancora due risposte che, pur aperte a possibili miglioramenti, valutano già buono lo statuto attuale, parliamo al solito dell'INFN. Abbiamo due risposte negative, una legata all'attuale composizione dei CdA e una che propone di attuare al meglio quanto è già previsto negli statuti, che non è una cattiva soluzione se le norme statutarie si traducono in regolamenti chiari, che favoriscano in maniera trasparente la partecipazione di R&T al governo dell'Ente, non sperando solo sul buon cuore del CdA di turno.

Abbiamo, infine, delle risposte (quattro) positive che suggeriscono anche alcune possibili linee di azione: una, simile a quella illustrata precedentemente, indica come azione un maggiore sfruttamento delle norme statutarie attraverso i regolamenti; una che propone, in una forma non ben definita, una sorta di senato consultivo dell'Ente per un maggior raccordo con i dirigenti amministrativi; una, infine, che suggerisce meccanismi elettivi in tutti gli organi collegiali. In definitiva, sembra emergere, magari in maniera non entusiasmante, la possibilità di ottenere con la normativa vigente migliori condizioni di partecipazione di R&T al governo dell'Ente.

La netta prevalenza di risposte positive può essere letta in due modi: in fondo non è spiacevole fare il componente eletto nel CdA di un Ente di ricerca; lo spirito di servizio degli eletti nei CdA degli Enti è così robusto da superare le difficoltà emerse dalle altre risposte. Forse il motivo vero delle prevalenti risposte positive è un misto delle due motivazioni estreme esposte, sommato alla giusta convinzione di poter fare meglio dopo l'esperienza di un primo mandato; questo nell'ipotesi che gli elettori valutino positivamente il primo mandato. Sicuramente è opportuno che per gli Enti pubblici di ricerca sia previsto un limite sul

Tab. 7. Domanda n. 7.

<b><i>DISPONDI IDONEI CANALI ISTITUZIONALI PER INTERAGIRE CON I RICERCATORI E TECNOLOGI DELL'ENTE SULLE QUESTIONI DI TUA COMPETENZA IN SENO AL CDA (IN ASSENZA DI CANALI ISTITUZIONALI DIRE SE SI DISPONE DI ALTRI CANALI)?</i></b>
<b>Domenico PERRONE (CREA)</b> No. Chiaramente la tecnologia mette a disposizione diversi altri canali (WhatsApp, mail, telefono, ecc.).
<b>Enrico CAPPELLARO (INAF)</b> No. Non sono attivati canali di comunicazione collettiva. Il collegamento con la comunità è informale e su base generalmente individuale.
<b>Stefano GIOVANNINI (INAF)</b> Esistono canali istituzionali, utilizzati però principalmente per gli atti di tutto il Consiglio (resoconti brevi, relazioni e verbali). A livello "personale" invece utilizzo molto il dialogo e la corrispondenza e-mail direttamente con i soggetti coinvolti o interessati rispetto a canali di comunicazione di massa.
<b>Roberto GOMEZEL (INFN)</b> Assolutamente sì. Abbiamo la possibilità di convocare assemblee nazionali cui partecipano i colleghi rappresentanti eletti nelle singole Strutture 3-4 volte l'anno. Inoltre disponiamo di un sito web dedicato per la diffusione di informazioni e resoconti dei CdA. Mailing list per la comunicazione e anche sistemi di videoconferenza per poter lavorare sulle diverse tematiche quando necessario.
<b>Antonio PASSERI (INFN)</b> Sì, assolutamente. L'Ente ha rappresentanti eletti in ogni sede, che formano una rete con cui mi confronto abitualmente via email. Circa tre volte l'anno organizzo assemblee dei rappresentanti locali, che devono essere formalmente convocate dal presidente dell'Ente, il quale ha sempre dato piena disponibilità.
<b>Giulio SELVAGGI (INGV)</b> Non ci sono canali istituzionali. Come già detto questo è il limite maggiore del mio ruolo. L'assenza di canali formali lascia spazio a interazioni personali che sono un fatto negativo e molto "italiano" nel senso negativo del termine.
<b>Vito FERNICOLA (INRIM)</b> Non vi sono canali istituzionali precostituiti. L'Ente è piccolo ed è mono sede per cui è relativamente facile incontrare in modo informale singoli ricercatori o gruppi di ricerca con cui discutere e confrontarsi.
<b>Silvestro GRECO (OGS)</b> Sì, sia istituzionali, ad esempio il consiglio scientifico, sia diretti.

Tab. 8. Domanda n. 8.

<b><i>UTILIZZANDO UNA SCALA DA 0 (ZERO) A 5 (CINQUE) QUANTO VALUTI L'INTERESSE DEI RICERCATORI E TECNOLOGI PER L'ATTIVITÀ CHE SVOLGI IN SENO AL CDA?</i></b>
<b>Domenico PERRONE (CREA)</b> 4. 5 per le scelte che li riguardano. 3 per le decisioni che non li riguardano.
<b>Enrico CAPPELLARO (INAF)</b> 3. Credo riconoscano l'impegno e la buona volontà ma siano anche realisti rispetto alle reali possibilità di impatto sulle tematiche di loro interesse
<b>Stefano GIOVANNINI (INAF)</b> L'interesse è molto variabile, quando si parla di attività "ordinaria" del consiglio l'interesse è quasi sempre pari a 1 per non dire 0 la comunità scientifica chiede sempre più trasparenza e comunicazione ma poi spesso si scopre che i resoconti e i verbali pubblicati non vengono nemmeno letti. Quando invece si parla di finanziamenti e soprattutto di posizioni l'interesse balza a 5, spesso anche da parte di soggetti non direttamente coinvolti. Facendo una media pesata quindi direi che il voto complessivo più adatto sia 2.
<b>Roberto GOMEZEL (INFN)</b> Su questo posso dire che l'interesse è 5.
<b>Antonio PASSERI (INFN)</b> Dipende molto dalle persone. Alcuni mi scrivono direttamente quando hanno una domanda o un problema, altri leggono i resoconti e magari ne parlano con i rappresentanti locali. Ma c'è sempre una grande sacca di completo disinteresse. Diciamo 2.5, non mi sembra di arrivare alla sufficienza.
<b>Giulio SELVAGGI (INGV)</b> Il voto non può essere alto, 3 mi sembra corretto. L'interesse non è mai su questioni generali dell'Ente ma spesso solo per questioni di stretta rilevanza personale o al massimo sulla dominante questione del precariato che sempre di più interessa al solo precariati e sta scomparendo come tema generale.
<b>Vito FERNICOLA (INRIM)</b> Se 3 è giudizio neutro, allora quattro (4).
<b>Silvestro GRECO (OGS)</b> 5

Tab. 9. Domanda n. 9.

<p><b>RITIENI CHE SI POSSANO APPORTARE ALLO STATUTO DEL TUO ENTE MODIFICHE, COMPATIBILI CON IL QUADRO NORMATIVO VIGENTE, PER RENDERLO PIÙ EFFICACE NELL'ATTUARE LA PARTECIPAZIONE DEI RICERCATORI E TECNOLOGI AL GOVERNO DELL'ENTE?</b></p>
<p><b>Domenico PERRONE (CREA)</b> No, data l'attuale composizione del CdA.</p>
<p><b>Enrico CAPPELLARO (INAF)</b> Avendo partecipato alle fasi di revisione dello statuto, sono poco incline a suggerire ulteriori modifiche. Piuttosto cercherei di implementare i principi elencati negli statuti che a volte sono disattesi.</p>
<p><b>Stefano GIOVANNINI (INAF)</b> Il mio Ente uno sforzo in questo senso ha già provato a farlo, anche se non siamo ancora in grado di valutarne l'efficacia. A livello statutario è comunque quasi sempre possibile intervenire per aumentare la partecipazione, si tratta però di aumenti "sulla carta" che se vengono implementati in modo non corretto rischiano di ottenere addirittura l'effetto contrario, penso sia quindi più importante impegnarsi per un reale sfruttamento degli strumenti già a disposizione per la partecipazione rispetto a cercare di crearne sempre di nuovi.</p>
<p><b>Roberto GOMEZEL (INFN)</b> Credo che il nostro Ente su questo sia all'avanguardia, proprio perché consente da prima della legge 218/2016 la partecipazione dei rappresentanti del Personale Amministrativo, Ricercatore, Tecnico e Tecnologo in CdA. A questo si devono considerare le rappresentanze elettive locali nelle Strutture che sono componenti effettivi e consultivi del Consiglio di Struttura locale. Se aggiungiamo la possibilità che ho citato prima di convocare assemblee nazionali all'interno delle quali possiamo discutere con i rappresentanti delle Strutture che fanno emergere le problematiche dalle Strutture, possiamo dire che disponiamo di uno strumento potente ed efficace per attuare la partecipazione al governo dell'Ente.</p>
<p><b>Antonio PASSERI (INFN)</b> Ne abbiamo discusso a fondo durante la riscrittura dello Statuto. In generale siamo convinti che l'attuale livello di partecipazione sia buono, soprattutto perché le Commissioni Scientifiche Nazionali sono completamente elettive ed hanno in mano tutta la gestione scientifica ordinaria dell'Ente. Anche i membri del Consiglio Direttivo sono tutti ricercatori o tecnologi e sono eletti dallo stesso CD: i direttori delle strutture passano comunque attraverso una consultazione del personale di cui si tiene conto (insieme ad altre considerazioni) per la nomina, ma non i membri di Giunta. In questo quadro una modifica dirompente sarebbe l'introduzione di un membro di Giunta Esecutiva eletto direttamente da ricercatori e tecnologi, ma dopo attenta riflessione con i colleghi abbiamo concluso che si rischia di creare una figura antagonista al presidente, che di fatto lo depotenzierebbe e anche lo svincolerebbe dal dovere di rappresentare la comunità scientifica, contrariamente alla prassi consolidata dell'Ente. Una modifica molto meno dirompente, e anche piuttosto condivisa da molti, sarebbe invece di cambiare il ruolo del Comitato Tecnico Scientifico e renderlo parzialmente elettivo. Anche su questo si è discusso a lungo, ed alla fine il timore di danneggiare un meccanismo funzionante come quello delle Commissioni Scientifiche ha prevalso. Tuttavia in futuro l'idea potrebbe essere riconsiderata.</p>
<p><b>Giulio SELVAGGI (INGV)</b> Assolutamente sì, in particolare ritengo che uno stretto rapporto con i dirigenti dove vengono discussi temi di interesse generale prima che vadano in CdA, discussi insieme ai membri eletti del CdA potrebbe essere formalizzato. Una specie di Senato consultivo per indirizzare politiche di Ente.</p>
<p><b>Vito FERNICOLA (INRIM)</b> Sì, è possibile. Ad esempio con l'elezione dei responsabili delle divisioni scientifiche, ora nominati dal CdA.</p>
<p><b>Silvestro GRECO (OGS)</b> Sicuramente è migliorabile</p>

numero massimo di mandati per i componenti eletti e non eletti nei CdA.

### 3. Discussione

Il primo punto che si vuole ribadire, provando a discutere delle risposte che i colleghi eletti nei CdA di alcuni importanti Enti di ricerca hanno avuto la sensibilità di fornirci, è il convinto suggerimento ai lettori di dedicare un poco di tempo alla lettura integrale delle risposte riportate nelle Tabelle 1-11.

Passando a quanto evidenziato come sintesi, sicu-

ramente non esaustiva, delle risposte ricevute, è stato senza dubbio positivo rilevare che le motivazioni che animano i colleghi eletti nei CdA (diversificate, tutte condivisibili e per alcuni aspetti contrastanti) sono sempre sostenute da grande entusiasmo e spirito di servizio, pur dovendo, in particolare in alcuni Enti, affrontare difficoltà significative e diverse rispetto a quelle abitualmente superate nello svolgimento delle attività di ricerca.

Una ragione che, in generale, tende spesso a limitare la voglia di partecipazione di ricercatori e tecnologi ad attività di "governo" dei loro Enti è la convinzione di non essere abbastanza preparati e competenti sulle

Tab. 10. Domanda n. 10.

<b><i>RITIENI CHE SI POSSANO APPORTARE AI REGOLAMENTI DELL'ENTE MODIFICHE, COMPATIBILI CON IL QUADRO NORMATIVO VIGENTE, PER RENDERLI PIÙ EFFICACI NELL'ATTUARE LA PARTECIPAZIONE DEI RICERCATORI E TECNOLOGI AL GOVERNO DELL'ENTE E PER PROMUOVERNE AL MEGLIO LA VALORIZZAZIONE PROFESSIONALE?</i></b>
<b>Domenico PERRONE (CREA)</b> No, per le stesse ragioni di cui al punto precedente.
<b>Enrico CAPPELLARO (INAF)</b> Credo poco nella forza dei regolamenti, molto nella implementazione di prassi virtuose. Alla fine, quello che conta è la volontà politica degli organi di governo dell'Ente e degli organi superiori.
<b>Stefano GIOVANNINI (INAF)</b> Sicuramente sì, e per ricollegarmi alla risposta 9 è proprio tramite i regolamenti che si possono sfruttare appieno gli strumenti statutari di partecipazione quindi la maggiore attenzione va posta a mio avviso su questo aspetto.
<b>Roberto GOMEZEL (INFN)</b> Ci sono sempre margini di miglioramento, ma ritengo che ci siano già all'interno dell'INFN ottimi regolamenti per garantire questa partecipazione; ovviamente occorre sempre metterla in atto e contribuire attivamente.
<b>Antonio PASSERI (INFN)</b> Dopo la riscrittura dei regolamenti ritengo che abbiamo incluso molte norme utili a migliorare la condizione di ricercatori e tecnologi. Le norme più controverse e delicate restano quelle che riguardano i concorsi, contenute in un disciplinare. Senza entrare in dettagli, resto convinto che sarebbe utile introdurre metodi più trasparenti nella scelta dei commissari di concorso, che includano per esempio l'estrazione a sorte da liste predefinite. Ma questa proposta non è passata e valuteremo l'effetto del nuovo disciplinare a valle dei prossimi concorsi.
<b>Giulio SELVAGGI (INGV)</b> Assolutamente sì: in particolare ritengo che uno stretto rapporto dei membri eletti del CdA con i dirigenti per discutere temi di interesse generale prima che vadano in CdA, potrebbe essere formalizzato. Una specie di Senato consultivo per indirizzare politiche di Ente.
<b>Vito FERNICOLA (INRIM)</b> Sì, è possibile. Ad esempio con meccanismi elettivi in tutti gli organi collegiali.
<b>Silvestro GRECO (OGS)</b> Anche qui, ritengo sia migliorabile

questioni da affrontare. I colleghi eletti nei CdA affrontano con pragmatismo e positività la questione, in alcuni casi sostenuti da precedenti esperienze simili, a volte dalla convinzione di poter apprendere con la pratica, pur consapevoli di dover investire non poco tempo per essere in grado di dare un contributo significativo alle attività del CdA. Un simile atteggiamento dovrebbe contaminare, ovviamente con differente intensità, tutti i ricercatori e tecnologi, inducendoli a contribuire attivamente ai vari livelli di governo del loro Ente per sfruttare al meglio l'opportunità offerta dal D.lgs. n. 218/2016 di far sentire con più forza il loro punto di vista sulla gestione degli EPR.

Pur riferendo di buoni rapporti con le strutture dirigenziali dell'Ente, le risposte ottenute sembrano richiedere una più chiara "declaratoria" delle prerogative dei R&T eletti nei CdA allo scopo di migliorare l'interazione con le strutture dirigenziali, necessaria per l'espletamento del mandato. Ancora, generalmente buoni sono i rapporti con i direttori generali che, tuttavia, risulterebbero più stabili ed efficaci con la

presenza di direttori generali in possesso di una maggiore esperienza e consapevolezza della missione scientifica degli Enti. Riguardo questo aspetto, sicuramente può avere un effetto migliorativo una più chiara definizione del ruolo dei componenti eletti nel CdA, ruolo che non può e non deve intersecarsi con quelli che attengono alle rappresentanze sindacali dei lavoratori. La confusione che ne deriverebbe (e che sembra delinearsi in alcuni casi) produrrebbe da una parte un indebolimento delle tutele sindacali cui i R&T hanno diritto, rischiando dall'altra di non far decollare la possibilità di contribuire al governo degli Enti.

Un positivo superamento delle difficoltà evidenziate incrementerebbe decisamente la possibilità di far percepire agli altri componenti del CdA la ragion d'essere della propria presenza, traducendola in positivo condizionamento delle decisioni adottate dallo stesso CdA, allo stato limitata anche dal preponderante peso numerico della componente esterna.

Conseguirebbe, da quanto prima rilevato, una maggiore efficacia dell'attività svolta nel CdA dagli eletti,

Tab. 11. Domanda n. 11.

<b>TI RICANDIDERESTI NEL CDA?</b>
<b>Domenico PERRONE (CREA)</b> Sì, ma solo se avessi la certezza di trovare compagni di viaggio diversi. Comunque dall'esperienza maturata, a mio avviso, il membro interno in seno al CdA dovrebbe essere maggiormente tutelato dalla normativa di riferimento (aspettativa?) poiché in "certe situazioni", per quanto possa essere supportato dai colleghi, rimane pur sempre solo.
<b>Enrico CAPPELLARO (INAF)</b> No. Specie per i membri eletti credo che il rinnovo frequente sia opportuno
<b>Stefano GIOVANNINI (INAF)</b> Non lo escludo a priori, quindi, per come è posta la domanda, la risposta corretta è sì, anche se ci sono numerosi aspetti da considerare sia personali che professionali che fanno sì che la valutazione finale verrà fatta solo qualche mese prima della scadenza.
<b>Roberto GOMEZEL (INFN)</b> Sono già al secondo mandato e quindi potrei dire che la risposta è stata positiva; ora non posso più candidarmi per Statuto, ma anche perché credo sia sano un ricambio. Sto per concludere il mio ottavo anno e credo sia stata una esperienza bellissima e arricchente. Proprio per questo, ritengo sia importante che qualche altro collega abbia la possibilità di cogliere questa opportunità.
<b>Antonio PASSERI (INFN)</b> Lo sto facendo, anche se ci ho dovuto pensare a lungo, perché è un'attività che assorbe tempo ed energie e non permette di dedicarsi abbastanza alla ricerca vera e propria.
<b>Giulio SELVAGGI (INGV)</b> Sì, se le condizioni generali rimangono inalterate. Ho vissuto con il precedente Presidente e DG una fase conflittuale tra i due dove spesso il CdA assumeva, a sua insaputa, posizioni pericolose che espongono i consiglieri in modo assolutamente critico. I consiglieri non devono essere esposti più di quanto già non siano per il ruolo che ricoprono.
<b>Vito FERNICOLA (INRIM)</b> Sì. Dopo i primi 6 mesi in CdA la valutazione dell'esperienza è positiva. Non tocca a me valutarne i risultati, ma è chiara la consapevolezza di poter incidere sulle politiche dell'Ente e, in un quadriennio, si possono fare molte cose.
<b>Silvestro GRECO (OGS)</b> Sì

attualmente valutata come abbastanza incerta, anche in ragione di una componente elettiva nettamente minoritaria e con scarse connessioni formali con i propri elettori anche attraverso altri organi elettivi. Condizione che rischia, con l'utilizzo dei soli canali informali, di far prevalere i rapporti personali o di favorire la generazione di gruppi di opinione, entrambe modalità poco efficaci per la soluzione delle questioni di interesse generale che il CdA deve affrontare.

Come già evidenziato, un punto negativo che emerge dalle risposte ricevute è dato dallo scarso interesse che i colleghi eletti percepiscono da parte dei R&T per le attività che svolgono in seno ai CdA. La percezione registrata, che ha un sicuro fondamento, dipende in misura rilevante dal debole coinvolgimento dei R&T in meccanismi e decisioni che sentono lontani. Tutto ciò senza voler trascurare la grande sacca di completo disinteresse che, probabilmente, dipende anche dalla scarsa propensione di R&T a dedicare una parte del loro tempo alla politica della ricerca.

Il problema evidenziato, nelle sue sfaccettature, deve essere superato adottando strumenti formali di raccordo, tra eletti ed elettori, attraverso altri organi e procedure che prevedano un ruolo proattivo di R&T,

consentendogli di far pervenire in maniera trasparente il proprio contributo nelle sedi di decisione.

Un aspetto di particolare rilievo che emerge, in maniera diretta ed indiretta, dalle risposte ricevute – a conferma di una criticità del D.lgs. n. 218/2016 – è la scarsa possibilità di sostanziali modifiche degli statuti, sino a quando le decisioni saranno in capo a vertici in larga parte esterni e nominati dalla politica.

In una logica di miglioramento del D.lgs. n. 218/2016 è dunque da perseguire il superamento condiviso della criticità rilevata. Questa convinzione pare leggersi in alcune risposte, dove si percepisce, in generale, la volontà di ragionare e studiare per sfruttare al meglio le possibilità già disponibili nella normativa vigente, lavorando, in particolare, per una traduzione dei principi statutari in regolamenti coerenti ed in grado rendere partecipi ricercatori e tecnologi alle decisioni strategiche del proprio Ente. Le possibilità, alcune rintracciabili nelle risposte, potrebbero riguardare: la previsione di una sorta di senato di Ente, che raccolga e sintetizzi per il CdA i suggerimenti che sicuramente R&T possono dare; l'adozione di opportuni meccanismi elettivi per tutti gli organi collegiali.

Non sfuggono la complessità e le sicure resistenze a

queste possibili azioni, ma non può essere tralasciata l'opportunità di ottenere migliori condizioni di partecipazione di R&T al governo degli EPR con la normativa vigente.

L'obiettivo è ambizioso, ma la determinazione degli eletti nei CdA è forte, visto che in larga parte si candiderebbero per un altro mandato.

Come ultima osservazione, vogliamo sottolineare che gli intervistati sono tutti di sesso maschile, come d'altra parte la quasi totalità degli eletti. Riteniamo comunque che questo sia un aspetto su cui riflettere: è necessario mettere in atto delle azioni per avere in futuro un maggior equilibrio di genere, favorendo la partecipazione di una quota maggiore di R&T appartenenti al sesso femminile.

#### 4. Conclusioni

Le risposte date da un numero significativo di colleghi ricercatori e tecnologi eletti nei Consigli di Amministrazione di Enti di ricerca (CREA, INAF, INFN, INGV, INRIM, OGS) rilevano una matura consapevolezza delle condizioni, a volte notevolmente differenti, che caratterizzano le loro possibilità di azione in seno agli stessi CdA. Diversità di condizioni tra Ente ed Ente che traspaiono sia in relazione alle diverse strutture organizzative sia in relazione al grado di collaborazione esistente tra apparato amministrativo e attività di ricerca.

Con diverse sfumature e convinzioni tutti gli eletti pensano, e noi concordiamo pienamente con loro, che il ruolo dei ricercatori e tecnologi nei CdA sia in ogni caso positivo e da "tutelare". In tale logica si colloca l'iniziativa di sostegno che l'ANPRI (attualmente come FGU-Dipartimento Ricerca-Sezione ANPRI) ha dato ai colleghi dell'ENEA e della Stazione zoologica "A. Dohrn" per rivendicare, con positivo riscontro da parte della Giustizia amministrativa, il loro diritto ad essere eletti nei rispettivi CdA.

Sicuramente è possibile migliorare e rendere più efficace l'azione degli eletti nei CdA degli Enti e gli stessi intervistati segnalano, in tale direzione, l'utilità di disporre di alcuni semplici strumenti di comunicazione istituzionale nei confronti sia della comunità scientifica sia della dirigenza amministrativa.

Ma il nodo che, come ci pare di leggere e condire in molte delle risposte, deve essere sciolto è il coinvolgimento decisamente più diffuso di ricercatori e tecnologi nel governo degli Enti. Un coinvolgimento che, opportunamente modulato in base alla

missione e struttura degli Enti, richiede la creazione di una "cinghia di trasmissione" tra tutti i ricercatori e tecnologi e gli eletti nei CdA, obiettivo da subito perseguibile, utilizzando le opportunità già presenti nel D.lgs. n. 218/2016, con l'adozione di mirate ed effettive modifiche dei regolamenti e, se necessario, degli statuti.

Solo in tal modo gli eletti nei CdA potranno efficacemente svolgere il loro ruolo di rappresentanza degli interessi generali di ricercatori e tecnologi, riconosciuta dalla Carta europea dei ricercatori e nel D.lgs. n. 218/2016, in un organo che altrimenti, in particolare in Enti di grandi dimensioni, diventa avulso dalla realtà che dovrebbe governare, nonostante la presenza nel suo interno di componenti eletti.

La possibilità che si concretizzi quanto abbiamo voluto evidenziare sicuramente dipende da quanto e come gli eletti nei CdA lavoreranno per affermare il loro ruolo di rappresentanza, ma molto di più dipende da quanto e come tutti i ricercatori e tecnologi, singolarmente e collettivamente, sapranno valorizzare i contenuti, potenziabili ma certamente innovativi, del D.lgs. n. 218/2016, rivendicando ulteriori e significativi spazi di autogoverno dei loro Enti.

#### Note

<sup>1</sup> Pronunciamento TAR Campania del 20/12/2018 per la Stazione Zoologica e Sentenza 6134/2018 del TAR Lazio per l'ENEA.

#### GIOVANNI GULLÀ

*Dirigente di ricerca del CNR. I suoi interessi scientifici riguardano l'ingegneria geotecnica con particolare riferimento alla tipizzazione dei movimenti in massa e degli eventi di frana ad elevato impatto sociale ed economico. Autore di oltre 300 contributi in riviste e atti di convegni internazionali e nazionali, report di ricerca e tecnici. Presidente ANPRI e componente del Consiglio Direttivo di FGU-Dipartimento Ricerca.*

#### Contatti:

*giovanni.gulla@gmail.com*

#### GIOVANNI DAL MONTE

*Tecnologo presso il CREA-AA (Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente, sede di Roma). Laureato in Scienze Agrarie, svolge attività di ricerca nel settore dell'agrometeorologia, con particolare riguardo alla fenologia vegetale. È socio fondatore dell'AIAM (Associazione italiana di agrometeorologia) e componente della "Commission for Agricultural Meteorology" del WMO (World Meteorological Organizations).*

#### Contatti:

*giovanni.dalmonete@crea.gov.it*

# LA MAGIA DEL GRAFENE

Monica De Seta, Luciana Di Gaspare

## Riassunto

*Nel 2004 Geim e Novoselev isolano i primi fiocchi di grafene, un materiale bidimensionale composto da un singolo piano di atomi di carbonio arrangiati nel piano con simmetria esagonale. Il grafene con la sua combinazione di superlative e inusuali proprietà ha avuto un effetto dirompente nella ricerca scientifica e industriale. Grazie alla natura di fermioni di Dirac senza massa dei suoi portatori il grafene è un laboratorio unico per gli studi di fisica fondamentale, in cui la meccanica quantistica e la relatività si intrecciano per riprodurre una fisica altrimenti accessibile solo negli acceleratori di particelle. La coesistenza e la molteplicità delle sue eccezionali proprietà elettroniche e meccaniche e la sua multifunzionalità rendono inoltre il grafene adatto per un ampio spettro di applicazioni che vanno dall'elettronica, all'ottica, ai sensori e ai biodispositivi. I primi prodotti in grafene stanno arrivando nel mercato, e ci sono le premesse affinché il grafene sia attore di una rivoluzione nella scienza e tecnologia dei materiali.*

**Parole chiave:** *Materiali bidimensionali; carbonio, ibridizzazione  $sp^2$ , fermioni di Dirac, simmetria di coniugazione di carica.*

## Abstract

*In 2004, Geim and Novoselev isolated the first graphene flakes, a two-dimensional material composed of a single layer of carbon atoms arranged with hexagonal symmetry. Graphene and its combination of superlative and unique properties had a huge impact on scientific and industrial research. Due to the nature of Dirac fermions without mass of its carriers, graphene is a unique laboratory for fundamental physics studies, in which quantum mechanics and relativity intertwine to produce a physics otherwise only accessible in particle accelerators. The coexistence of exceptional electronic and mechanical properties and its multifunctionality also make graphene suitable for a wide range of applications ranging from electronics, optics, sensors and bio-devices. The first graphene products are coming into the market, and graphene can be the actor of a revolution in materials science and technology.*

**Keywords:** *2D materials, Carbon,  $sp^2$  hybridization, Dirac fermions, Symmetry operation of charge conjugation.*

## 1. Introduzione

Nel 2010 il premio Nobel per la fisica viene assegnato a Andre Geim e Konstantin Novoselov dell'università di Manchester (UK) con la motivazione “*for groundbreaking experiments regarding the two-dimensional material graphene*”. Il premio segue di soli 6 anni la scoperta del grafene. La versatilità, le sue proprietà uniche, le scoperte con il progredire degli studi, hanno generato un sempre più crescente interesse e hanno spinto sia il mondo della ricerca che quello industriale ad investire significativamente denaro e risorse umane nello studio e nello sviluppo di prodotti nuovi a base di grafene [1]. Già nel breve periodo intercorso fra la scoperta e il Nobel sono stati pubblicati sulle più prestigiose riviste scientifiche esperimenti che hanno messo ben in evidenza le stupefacenti proprietà del grafene, tanto da fargli meritare l'appellativo di *materie delle meraviglie*.

Cosa è il grafene? Può essere molto suggestivo rispondere a questa domanda riportando direttamente le parole usate dal prof. Geim in una intervista:

*“Imagine a piece of paper but a million times thinner. This is how thick graphene is.*

*Imagine a material stronger than diamond. This is how strong graphene is.*

*Imagine a material more conducting than copper. This is how conductive graphene is.*

*Imagine a machine that can test the same physics that scientists test in, say, CERN, but small enough to stand on top of your table. Graphene allows this to happen.*

*Having such a material, one can easily think of many useful things that can eventually come out. As concerns new physics, no one doubts about it already...”.*

In sintesi il grafene è uno dei nanomateriali più promettenti grazie alla combinazione unica di queste proprietà superbe, alle quali va aggiunto che è otticamente trasparente, ed impermeabile ai gas, tanto che nemmeno l'elio può attraversarlo. La coesistenza di queste molteplici proprietà, la sua curiosa natura bidimensionale e la sua multifunzionalità rendono il grafene adatto per un ampio spettro di applicazioni che vanno dall'elettronica, all'ottica, ai sensori e ai biodispositivi [2-3]. Ad oggi i primi prodotti in grafene stanno arrivando sul mercato ed è ormai opinione

comune che questo materiale (insieme ai suoi cugini, cioè una nuova classe di materiali bidimensionali di cui fino a qualche anno fa si ignorava l'esistenza) può dare inizio ad una rivoluzione nella scienza e tecnologia dei materiali.

## 2. Struttura cristallina e proprietà del grafene

Per spiegare tutto questo cominciamo a descrivere il grafene. Il grafene è un materiale bidimensionale costituito da un unico piano di atomi di carbonio disposti nello spazio con una simmetria esagonale, come mostrato nella Fig. 1a in cui è riportata l'immagine del grafene ottenuto con un microscopio a trasmissione di elettroni (TEM). La distanza fra 2 atomi di carbonio è di 0.142 nm. I fogli di grafene in natura si trovano "impilati" l'uno con l'altro nella grafite, il materiale delle comuni mine delle matite. Da questa semplice osservazione nasce l'idea di Geim e Novoselov di isolare un fiocco di grafene sfogliando meccanicamente con del nastro adesivo dei residui di grafite (Fig. 1c). Nei primi esperimenti i fiocchi ottenuti dall'esfoliazione meccanica sono stati trasferiti su substrati di silicio ricoperto da uno strato di ossido di silicio ( $\text{SiO}_2$ ). Scegliendo opportunamente lo

spessore di quest'ultimo, grazie ad un effetto di interferenza ottica fra la luce riflessa dall'interfaccia grafene/ossido e ossido/silicio è possibile distinguere al microscopio ottico i fiocchi di grafene formati da un solo piano di atomi di carbonio (grafene monostrato) da quelli formati da 2 strati (grafene bistrato) o tre strati o spessore maggiore (Fig. 1d) [3].

È così possibile individuare e localizzare in modo relativamente veloce i fogli di grafene sul substrato e quindi utilizzarli per fabbricare i dispositivi idonei per gli esperimenti e per il test delle sue proprietà.

Da un punto di vista chimico-fisico tutte le eccezionali proprietà del grafene derivano dal legame fra gli atomi di carbonio ibridizzati  $\text{sp}^2$  e arrangiati nello spazio secondo la struttura esagonale tipica del nido d'ape (Fig. 1a e b). Come noto nell'ibridizzazione  $\text{sp}^2$  del carbonio gli orbitali  $s$ ,  $p_x$  e  $p_y$  dell'ultima *shell* atomica parzialmente occupata (*shell* di valenza con numero quantico principale  $n=2$ ) si "mescolano" (ibridizzano) generando i 3 nuovi orbitali  $\text{sp}^2$  che si dispongono nel piano  $xy$  a  $120^\circ$  l'uno dall'altro. L'orbitale  $p_z$ , uno per ciascun atomo di carbonio, conserva le sue caratteristiche "originarie": quindi nel grafene è disposto perpendicolarmente al piano  $xy$  contenente la struttura cristallina esagonale. Gli orbitali  $\text{sp}^2$  generano 3 legami

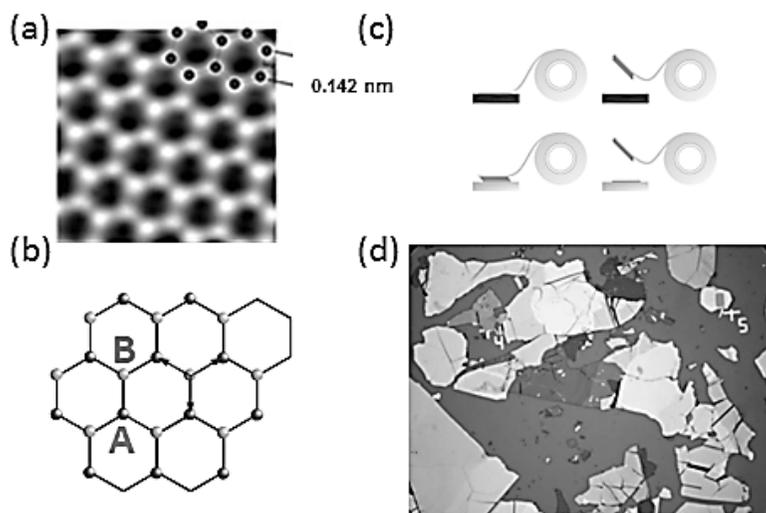


Fig. 1. (a) Immagine TEM di un grafene monostrato [4]. (b) La disposizione nello spazio con simmetria esagonale degli atomi di carbonio nel grafene corrisponde ad un reticolo di Bravais triangolare con base biatomica. I due atomi di carbonio della base sono rappresentati in grigio scuro e chiaro. Si noti come il reticolo del grafene possa anche essere descritto da due sottoreticoli A e B triangolari corrispondenti ai due insiemi di atomi di carbonio riportati in grigio scuro e chiaro, rispettivamente. Ciascun atomo di carbonio ha come primi vicini a distanza  $R$  (vettore nel disegno) 3 atomi di carbonio dell'altro sottoreticolo. (c) Schema del processo di esfoliazione meccanica con cui Geim and Novoselov hanno isolato per la prima volta un fiocco di grafene. Utilizzando del nastro adesivo si rimuovono alcuni strati di grafite da un bulk del materiale. Il nastro adesivo è quindi premuto su un substrato di  $\text{SiO}_2$  (o un altro substrato scelto per trasferire i fogli di grafene). Dopo la rimozione del nastro, alcuni fiocchi di grafene rimangono sul substrato. (d) Immagine al microscopio ottico di fiocchi di grafene su un substrato di  $\text{SiO}_2$  (in porpora) con spessore dell'ossido pari a 300 nm. Grazie all'interferenza della luce, i fiocchi di grafene appaiono di colore diverso a seconda del loro spessore (nella fotografia, i colori chiari corrispondono a fiocchi di grafite con spessore di 100 nm, i colori più scuri a fiocchi fino a pochi nm). La distanza fra i 2 markers litografici a forma di croce è di 200 nm. Le immagini sono prese dalla Ref. 3.

di tipo  $\sigma$  fra gli atomi nel piano  $xy$ , con un angolo di legame di  $120^\circ$ . Gli stati  $p_z$  dei diversi atomi di carbonio generano un legame  $\pi$ , caratterizzato dalla presenza di carica delocalizzata sopra e sotto il piano  $xy$ . Ricordiamo come nella grafite la capacità di “scrivere” deriva dalla debole interazione tra i diversi piani atomici legati tra loro da forze di Van der Waals.

In termini di simmetria cristallina la struttura esagonale è descritta da un reticolo di Bravais triangolare con base biatomica (Fig. 1b). Osservando la disposizione nello spazio degli atomi di carbonio possiamo notare come il reticolo cristallino del grafene possa essere descritto dalla somma di 2 sottoreticoli triangolari A e B: ogni atomo di carbonio appartenente ad uno dei sottoreticoli è circondato da atomi di carbonio appartenenti all'altro sottoreticolo. Da questa peculiare simmetria cristallina deriva una importante proprietà di chiralità all'origine di molti comportamenti particolari del grafene.

Noti gli stati elettronici dell'atomo di carbonio e la struttura cristallina in cui gli atomi si arrangiano, possiamo prevedere le caratteristiche salienti degli stati elettronici e delle relative bande di energia del grafene. Osserviamo prima di tutto che gli stati  $sp^2$  nel piano  $xy$  e i  $p_z$  estesi nella direzione perpendicolare al piano hanno diversa simmetria per riflessione e non si mescolano. Quindi dagli orbitali atomici  $sp^2$  originano degli stati estesi le cui bande vengono indicate con bande  $\sigma$  e  $\sigma^*$  (di legame e di antilegame) mentre dagli stati  $p_z$  originano le bande  $\pi$  e  $\pi^*$ . Queste ultime hanno energie intermedie fra quelle degli stati  $\sigma$  e  $\sigma^*$ . Tenendo conto che sono presenti 8 elettroni di valenza per cella reticolare (4 per ogni atomo di base) e della degenerazione di spin degli stati elettronici, nello stato fondamentale del grafene le bande  $\sigma$  e  $\pi$  sono completamente occupate, mentre le bande  $\sigma^*$  e  $\pi^*$  sono vuote. Le bande di energia del grafene sono riportate nella Fig. 2. Dall'occupazione degli stati elettronici è evidente che gli stati  $\pi$  rappresentano la banda di valenza del grafene e gli stati  $\pi^*$  la banda di conduzione: alle proprietà di questi stati e bande di energia sono collegate alcune delle fondamentali caratteristiche del grafene. La dispersione nello spazio dei momenti delle bande  $\pi$  e  $\pi^*$  si può valutare in modo semplice utilizzando il metodo LCAO (combinazione lineare degli orbitali atomici) con un orbitale atomico  $p_z$  centrato su ciascuno dei 2 atomi di carbonio della base e in approssimazione a primi vicini. Il conto predice alcune proprietà salienti del grafene. Come mostrato in Fig. 2a e b, la prima caratteristica fondamentale è che gli stati  $\pi$  e  $\pi^*$  (banda di valenza e di conduzione rispettivamente) presentano un massimo e un minimo degeneri, rispettivamente, in corrispondenza dei 6 vertici della prima zona di Brillouin (che ha forma esagonale come ben si può immaginare considerando la simmetria del cristallo). Ne

consegue che il grafene ha energia di gap nulla; inoltre nel grafene neutro il livello di Fermi si trova proprio all'energia corrispondente alla sommità della banda di valenza (completamente occupata) degenera con il fondo di quella di conduzione (completamente vuota). In realtà solamente due di questi sei vertici corrispondono a stati fisicamente distinti: essi vengono indicati come punti K e K' o anche punti di Dirac. Il motivo di questo ultimo nome è legato alla “inusuale” (per un cristallo) forma funzionale delle bande di energia  $\pi$  e  $\pi^*$  nell'intorno di K e K': dal loro sviluppo troviamo infatti che sia la banda di valenza che di conduzione mostrano una dispersione lineare dell'energia in funzione del momento cristallino  $k$ , invece che l'usuale dispersione quadratica osservata in corrispondenza degli estremi delle bande per esempio nei semiconduttori (vedi Fig. 2). La dispersione lineare già rende il grafene speciale, ma ci sono altre proprietà particolari. Le funzioni d'onda degli stati in banda di valenza e di conduzione sono descritti dallo stesso spinore, pertanto elettroni e lacune godono della simmetria di coniugazione di carica. In altre parole le quasi-particelle elettroni e lacune nel grafene presentano una proprietà di chiralità analoga a quanto accade alle particelle e antiparticelle nell'elettrodinamica quantistica (QED) [3].

In corrispondenza dei punti K e K' l'Hamiltoniana del sistema si può scrivere come:  $\hat{H} = \hbar v_f \hat{\sigma} \cdot \vec{k}$ , dove  $v_f$  è la velocità di Fermi,  $\hat{\sigma}$  sono le matrici di Pauli e  $\vec{k}$  il momento cristallino. L'analogia degli elettroni del grafene con i fermioni di Dirac giustifica il nome di coni di Dirac con cui tipicamente viene indicata la dispersione delle bande del grafene intorno a K e K' [5]. Come schematizzato in Fig. 2c, gli elettroni nel grafene sono fermioni di Dirac senza massa ma con velocità, pari alla velocità di Fermi, molto più bassa di quella della luce (nel grafene la velocità di Fermi è circa 300 volte minore di quella della luce). L'analogia fra le particelle relativistiche e le quasi-particelle nel grafene (elettroni e lacune) è una proprietà molto intrigante, spesso utilizzata per spiegare alcune proprietà mostrate dal grafene [6]. Inoltre, queste proprietà rendono il grafene un laboratorio unico per gli studi di fisica fondamentale, in cui la meccanica quantistica e la relatività si intrecciano per riprodurre una fisica altrimenti accessibile solo nei grandi progetti del CERN o comunque con gli acceleratori di particelle. Grazie alla relativa semplicità della tecnica di esfoliazione meccanica con il nastro adesivo si è quindi assistito ad un rapido ed esplosivo sviluppo della fisica del grafene che ha messo in evidenza le strabilianti caratteristiche di questo materiale. In particolare, l'elevata mobilità elettronica ( $\mu = 2.5 \times 10^5 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$  misurata a temperatura ambiente [7]) e la dimostrata possibilità di modulare la densità di carica mediante un

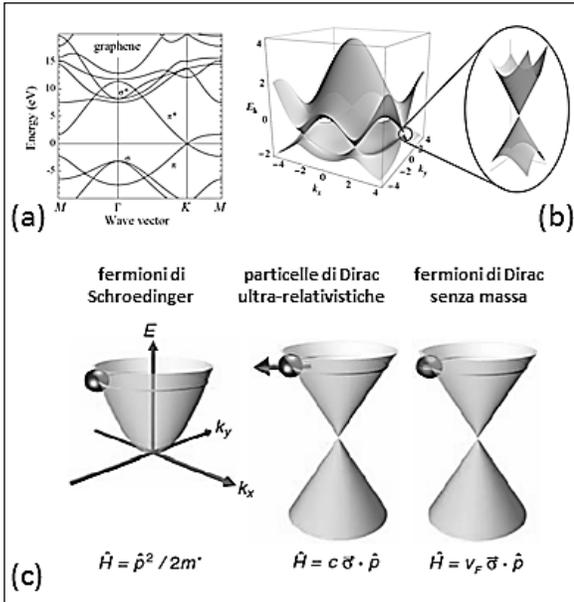


Fig. 2. (a) Dispersion nello spazio  $k$  delle bande di energia del grafene. (b) Rappresentazione bidimensionale della banda di valenza (banda  $\pi$ ) e di conduzione (banda  $\pi^*$ ) del grafene. Le due bande sono degeneri in corrispondenza dei 6 punti  $K$  e  $K'$  (punti di Dirac). L'ingrandimento evidenzia il cono di Dirac. (c) Tipiche dispersioni dell'energia  $E(k)$  e relative Hamiltoniane per fermioni non relativistici, per le particelle ultra-relativistiche di Dirac e per i fermioni di Dirac senza massa del grafene.

campo elettrico subito hanno fatto immaginare il suo utilizzo nell'elettronica e nell'optoelettronica veloce.

L'interesse per il grafene non si limita alla natura relativistica dei suoi portatori. Il grafene risalta infatti, non solo per le peculiari e intriganti proprietà elettroniche, ma anche per le notevoli proprietà meccaniche che lo rendono estremamente interessante da utilizzare nei materiali compositi, formati cioè combinando due o più materiali con proprietà diverse, per migliorarne le qualità, soprattutto in termini di leggerezza, resistenza e flessibilità. Anche le elevate prestazioni meccaniche hanno origine nel peculiare intreccio fra struttura cristallina e stati elettronici del grafene, in particolare dalla forza e stabilità dei legami  $\sigma$  fra gli orbitali  $sp^2$  che caratterizzano il legame degli atomi di carbonio nel piano contenente il reticolo esagonale. Si ritiene che il grafene sia il materiale più forte mai scoperto, circa 200 volte più resistente dell'acciaio. Sorprendentemente, è sia rigido che elastico (come la gomma), quindi può essere allungato del 20-25% della sua lunghezza originale senza rompersi. Questa resistenza è accompagnata da una estrema "leggerezza" legata sia alla presenza degli atomi di C che hanno un basso peso atomico che allo spessore quasi nullo, corrispondente a un solo piano atomico. Ad esempio per coprire un campo di calcio con un foglio di grafene ne sarebbe sufficiente

1 grammo. Anche la sua conducibilità termica è stupefacente: il grafene è in grado di trasmettere il calore meglio di conduttori quali è l'argento e il rame e meglio anche della grafite o diamante. Infine è anche un ottimo conduttore di elettricità ed è otticamente trasparente. Questa combinazione unica di proprietà superbe lo rendono uno dei nanomateriali più promettenti, adatto ad un ampio spettro di applicazioni che vanno, come detto, dai materiali compositi, all'elettronica ed optoelettronica, fino ai sensori e ai biodispositivi.

### 3. Produzione del grafene

Le caratteristiche finora elencate sono proprie di un grafene "ideale" che ben è rappresentato da un fiocco di grafene isolato tramite esfoliazione meccanica e trasferito su un opportuno substrato. Dalla sua scoperta sono state proposte svariate tecniche per la produzione di grafene, sia in approccio *bottom-up* (in cui la crescita di grafene si ottiene mediante assemblaggio dei singoli atomi, come nella deposizione chimica da fase vapore) che *top-down* mediante diversi processi di esfoliazione della grafite. Ciascuna tecnica presenta le proprie caratteristiche di complessità e produce materiale con qualità differente. Il grafene ottenuto per esfoliazione meccanica della grafite è tutt'ora quello di maggior qualità ed è molto utile ad esempio per dimostrare il funzionamento di un dispositivo (*proof of concept*) o la validità di una idea. Ovviamente per un uso di qualsiasi sistema basato su grafene a livello industriale è necessario lo sviluppo di tecniche di produzione adeguate per una produzione su grande scala, in cui venga raggiunto un equilibrio fra costi sostenuti e qualità del materiale. La definizione di qualità adeguata del grafene prodotto dipende specificatamente dall'applicazione; per ciascuna applicazione è possibile quindi individuare una tecnica di produzione del grafene adatta o opportuna. È bene sottolineare che nel mercato produttivo spesso con il termine grafene si indicano materiali *graphene-based* con caratteristiche (e costi di produzione) diverse, indirizzati verso differenti campi di applicazione. Possiamo individuare quattro categorie principali di materiali *graphene-based*. Il primo segmento riguarda il grafene monostrato e bi-strato, cioè formato da un singolo strato di grafene, o al più due. Si tenga conto che molte delle proprietà del grafene, soprattutto quelle basate sulle proprietà elettroniche e sulla natura relativistica dei portatori, dipendono fortemente dal numero di piani atomici che compongono il campione e dal loro "allineamento" relativo nell'impilamento degli strati. Un secondo è il cosiddetto *few-layer-graphene* (FLG) cioè grafene con pochi strati

In Tabella sono riportate le principali metodologie per la produzione di grafene, la dimensione dei fiocchi di grafene ottenibili e le possibili applicazioni del materiale prodotto.

Metodo di crescita	Dimensione dei campioni di grafene (mm)	Possibili applicazioni
Esfoliamento meccanica della grafite	1	Ricerca di base e <i>proof of concept</i>
LPE (grafite e GO)	0.1-1	Coatings, vernici, energy storage, sensori, elettronica flessibile, bio-sensori e applicazioni mediche
Grafene depositato per CVD su semiconduttore (SiC, Ge)	100	Transistors
Grafene depositato per CVD su metalli di transizione	500	Fotonica, nanoelettronica, elettronica flessibile

atomici, tale da non potersi considerare ancora grafite ma nemmeno grafene monostrato. Possiamo poi individuare il terzo segmento costituito da grafene ridotto e ossido di grafene. Infine la categoria finale è costituita da *nanoplatelets* di grafene, che sono di particolare interesse per applicazioni composite.

Come riportato schematicamente nella tabella, le tecniche di produzione del grafene (o meglio dei materiali *graphene-based*) possono essere suddivise in

macrocategorie, ciascuna con le sue potenziali applicazioni in termini di costi/benefici.

Ai due estremi in termini di qualità del materiale ci sono l'esfoliazione meccanica della grafite e le tecniche di esfoliazione da fase liquida (LPE). La prima rappresenta la modalità per ottenere il grafene di miglior qualità per lo studio di fisica di base e per la dimostrazione nei laboratori di ricerca dei principi di funzionamento di possibili dispositivi optoelettronici. Con le tecniche di esfoliazione da fase liquida la grafite è suddivisa in *platelets* con diverso numero di strati di grafene. Il materiale così prodotto ha molteplici applicazioni, dai *coatings*, alle batterie, ai sensori, applicazioni che non necessitano di materiale con elevata qualità in termini di dimensione dei cristalli e di mobilità elettronica. Queste due prerogative sono proprie invece delle applicazioni in elettronica e optoelettronica, e richiedono quindi tecniche di crescita più "s sofisticate" e costose. Il progresso effettuato in questo campo permette attualmente di ottenere il grafene mediante la tecnica di deposizione chimica da fase vapore (CVD), partendo quindi da gas precursori contenenti carbonio: i film di grafene monostrato così ottenuti hanno qualità quasi confrontabile con quella del grafene esfoliato meccanicamente.

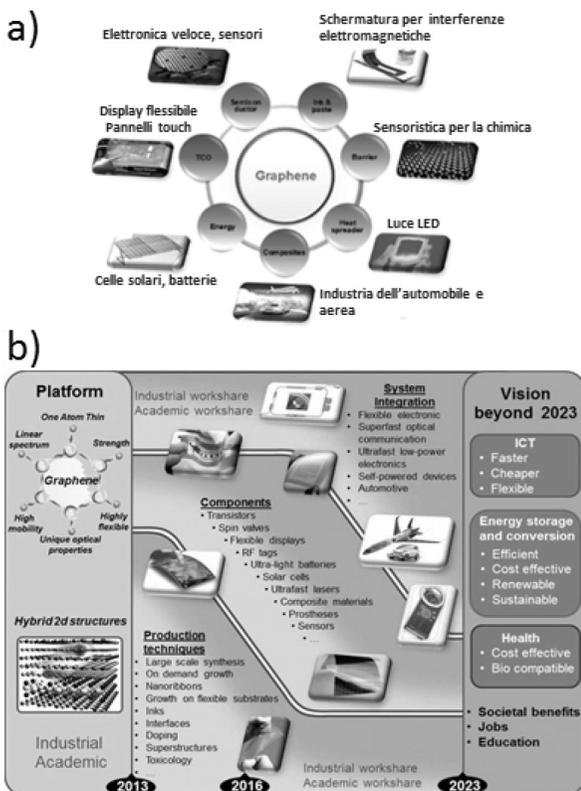


Fig. 3. (a) Visione d'insieme dei diversi campi di applicazione del grafene. (b) Roadmaps per l'implementazione del grafene dal mondo accademico a quello industriale (da Ref. 2).

#### 4. Applicazioni del grafene

In Fig. 3a è riportato uno schema grafico dei molteplici campi di applicazione che beneficiano o potrebbero beneficiare delle proprietà del grafene per un miglioramento delle prestazioni o per l'introduzione di nuove funzionalità. Nel pannello (b) è invece mostrata una *roadmaps* per la transizione nel prossimo futuro del grafene dal mondo accademico e della ricerca alle applicazioni di mercato e quindi al suo utilizzo nella vita di ognuno di noi [2]. Vediamo le principali applicazioni, senza la pretesa di essere esaustivi.

Come già detto, il grafene ha un grande potenziale

nell'industria dell'elettronica, che come ben noto è caratterizzata da un elevato ritmo di innovazione.

Negli ultimi trent'anni, i progressi rivoluzionari in questo ambito sono stati prodotti grazie alle innovazioni nella tecnologia CMOS (complementary-metal-oxide-semiconductor) basata sul silicio attraverso una continua miniaturizzazione dei circuiti integrati al silicio secondo la cosiddetta legge di Moore. Questa tendenza positiva, tuttavia, si avvicina ai limiti intrinseci dello scaling dei chip su scala nanometrica, e richiede quindi di integrare su chip nuove funzionalità e materiali alternativi per promuovere l'era del "More than Moore". Il grafene, per le sue eccellenti proprietà elettriche e l'assorbimento ottico a banda larga, ha grande potenzialità per giocare un ruolo importante in questo ambito, in particolare nello sviluppo di dispositivi optoelettronici ad alte prestazioni integrate su tecnologia CMOS. Lo sviluppo di queste applicazioni è tuttora limitato dalle tecniche di produzione su larga scala di grafene di elevata qualità. Al momento la qualità migliore si ottiene mediante CVD su metalli [1-2], ma la presenza di contaminanti metallici non rende il grafene prodotto compatibile con la tecnologia CMOS. Per questo motivo si sta cercando di utilizzare substrati semiconduttori, compatibili con tale tecnologia [8-10].

La ricerca sul grafene nel campo della scienza e tecnologia dei materiali ha già portato un importante miglioramento delle proprietà dei materiali compositi e dei *coatings*. Questo campo comprende diversi ambiti, che sfruttano essenzialmente le proprietà di resistenza, conducibilità, flessibilità, leggerezza. Rientrano in questa categoria anche la produzione di nuovi rivestimenti antistatici e anticorrosione, i compositi ultrasensibili e ultra leggeri già utilizzati nella produzione di sci e materiale sportivo di alte prestazioni e con possibile uso nell'industria aerospaziale. Sempre in questo campo è stato proposto l'uso del grafene come efficace schermatura ultrasottile e ultraleggera, trasparente e flessibile per le interferenze elettromagnetiche (EMI).

Il grafene ha un ruolo anche nel settore dell'energia, un ambito caratterizzato prepotentemente dall'aumento costante della domanda di produzione e stoccaggio con l'espandersi della popolazione globale. Lo sviluppo e produzione di celle solari economiche, leggere e flessibili, il miglioramento della capacità di stoccaggio di energia e della velocità di carica delle batterie, la realizzazione di super condensatori, lo stoccaggio dell'idrogeno e lo sviluppo di celle a combustibile ecologiche sono tutte aree in cui il grafene può fare la differenza.

Grazie alla sua ampia superficie, l'alta conduttività elettrica e termica, le proprietà ottiche uniche e il potenziale di funzionalizzazione il grafene ha un ruolo importante da svolgere anche nell'ambito della senso-

ristica. Sensori basati su grafene ultrasensibili possono anche essere più piccoli, più leggeri e meno costosi rispetto ai sensori tradizionali, con applicazioni che vanno dalla contaminazione chimica ai gas, pH e ambiente, fino ai sensori di pressione e deformazione.

Infine ricordiamo il potenziale uso del grafene nel campo del *drug delivery*, dei biosensori e delle tecnologie biomediche. Il grafene potrebbe essere utilizzato per sensori biologici in grado di rilevare molecole come ad esempio il DNA, glucosio, glutammato, colesterolo, emoglobina. I sensori di grafene potrebbero migliorare la nostra vita, permettendo di fabbricare confezioni di alimenti intelligenti in grado di monitorare l'idoneità del cibo per il consumo umano, o sensori indossabili che possono monitorare la salute in tempo reale.

## 5. Impatto e mercato del grafene

Nel 2014 oltre il 75% del grafene è stato utilizzato per la ricerca, lo sviluppo e la preparazione di prototipi da parte di istituti di ricerca, università e unità di ricerca industriali. Queste includevano unità di aziende importanti, quali Nokia, Samsung, Intel, IBM e altri.

Il pieno sviluppo del mercato del grafene nelle variegate applicazioni precedentemente esposte è ad oggi rallentato dall'elevato costo e dalle limitazioni associate alla sua produzione. Nonostante questo aspetto sia da migliorare ulteriormente per permettere alla tecnologia *graphene-based* di entrare a far parte in maniera preponderante della nostra vita quotidiana, è opinione generale che il mercato del grafene abbia un grande potenziale di crescita. Generalmente gli osservatori economici concordano su un tasso di crescita CAGR maggiore del 40%. Secondo Lux Research (report 2012), il mercato dei grafene è destinato a raggiungere 126 milioni di dollari entro il 2020. Analogamente uno studio di BBC Research del 2016 prevede che il mercato sarà valutato a \$ 2,1 miliardi entro il 2025, con un tasso di crescita annuale del 46,4%.

Dal punto di vista geografico possiamo suddividere le aree di ricerca e sviluppo della tecnologia a base di grafene in quattro segmenti principali: Nord America, Europa, Asia-Pacifico e LAMEA (America Latina, Medio Oriente e Africa).

Secondo le previsioni di MarketsandMarkets il più alto tasso di crescita del mercato del grafene si registrerà nell'area Asia-Pacifico. Ciò si può ricondurre non solo alla presenza dell'industria elettronica che caratterizza questa regione ma anche al ruolo della Cina, che ha intrapreso diverse attività di ricerca e sviluppo per la commercializzazione e la valorizzazione del grafene in università e istituti di ricerca, strettamente interconnessi con l'industria.

In Europa, nel 2013, l'Unione Europea ha creato la Graphene Flagship, una piattaforma di ricerca europea coordinata sul grafene con un budget di oltre € 1 miliardo. Il consorzio è costituito da più di 150 gruppi di ricerca in ambito accademico e industriale in 23 paesi diversi. Il suo compito è di coordinare la ricerca accademica con quella industriale per guidare il grafene dai laboratori alla società europea nell'arco di 10 anni, generando così crescita economica, nuovi posti di lavoro e nuove opportunità.

In conclusione, la concomitanza di eccezionali proprietà del grafene ha acceso la ricerca accademica e industriale sin dalla sua "invenzione". Grazie ai progressi ottenuti nella produzione dei materiali *graphene-based* alcune applicazioni sono già presenti sul mercato: se la ricerca riuscirà a risolvere le problematiche di produzione e a gestire i relativi costi il grafene sarà l'artefice di una profonda innovazione tecnologica nei prossimi anni.

### Riferimenti bibliografici

- [1] K. S. Novoselov, V. I. Falko, L. Colombo, P. R. Gellert, M. G. Schwab and K. Kim, *A roadmap for graphene*, Nature 490, 192 (2012).
- [2] Andrea C. Ferrari et al., *Science and technology roadmap for graphene, related two-dimensional crystals, and hybrid systems*, "Nanoscale 7", 4598 (2015) and references therein.
- [3] K. S. Novoselov, *Nobel Lecture: Graphene: Materials in the Flatland*, Reviews of Modern Physics 83 (2011).
- [4] Dato et al., *Clean and highly ordered graphene synthesized in the gas phase*, Chem. Commun. 0, 6095, (2009).
- [5] A. H. Castro Neto, F. Guinea, N. M. R. Peres, K. S. Novoselov and A. K. Geim, *The electronic properties of graphene*, Review of Modern Physics 81, 109 (2009).
- [6] A. C. Neto, F. Guinea, and N. M. R. Peres, *Drawing conclusions from graphene*, Phys. World 19, 33 (2006).
- [7] A. S. Mayorov, R. V. Gorbachev, S. V. Morozov, L. Britnell, R. Jalil, L. A. Ponomarenko, P. Blake, K. S. Novoselov, K. Watanabe, T. Taniguchi and A. K. Geim, *Micrometer-scale ballistic transport in encapsulated graphene at room temperature*, Nano Lett 11, 2396-2399 (2011).
- [8] C. Riedl, C. Coletti, T. Iwasaki, A.A. Zakharov, U. Starke *Quasi-free-standing epitaxial graphene on Si C obtained by hydrogen intercalation*, Phys. Rev. Lett. 103, 246804 (2009).
- [9] J. H. Lee, E. K. Lee, W. J. Joo, Y. Jang, B. S. Kim, Lim. J. Y., S. H. Choi, S. J. Ahn, J. R. Ahn, Park M. H., C. W. Yang, B. L. Choi, S. W. Hwang, D. Whang, *Wafer-Scale Growth of Single-Crystal Monolayer Graphene on Reusable Hydrogen-Terminated Germanium*, Science 344, 286-289 (2014).

- [10] A. M. Scaparro, V. Miseikis, C. Coletti, A. Notargiacomo, M. Pea, M. De Seta, L. Di Gaspare, *Investigating the CVD Synthesis of Graphene on Ge (100): Toward Layer-by-Layer Growth*, ACS Appl. Mater. Interfaces, 8, 33083-33090 (2016).

### LUCIANA DI GASPARE

Luciana Di Gaspare è professore associato in fisica sperimentale della materia presso il Dipartimento di Scienze dell'Università Roma Tre. Ha conseguito la laurea nel 1989 e il dottorato di ricerca in fisica nel 1993 all'università La Sapienza. La sua attività di ricerca è incentrata nell'ambito della fisica dello stato solido, e negli anni ha prodotto contributi originali nella fisica delle superfici e delle proprietà elettroniche, nello studio dell'eteroepitassia di semiconduttori e sistemi a ridotta dimensionalità, trasporto quantico in nanostrutture e proprietà ottiche. Dal 2015 ha iniziato lo studio dei meccanismi di crescita del grafene su germanio. È autrice di più di 60 articoli su riviste scientifiche internazionali.

#### Contatti:

luciana.digaspare@uniroma3.it

### MONICA DE SETA

Monica De Seta si è laureata in Fisica nel 1988 e conseguito il Dottorato di ricerca in Fisica nel 1994 presso l'Università di Roma La Sapienza. Ha svolto attività di ricerca presso l'Università La Sapienza, il laboratorio LURE di luce di sincrotrone di Orsay (Parigi), il laboratorio di basse temperature dell'Istituto Balzeiro-Centro Atomico Bariloche (ARG) e l'Università Roma Tre. Dal 2006 è Professore associato di Struttura della Materia presso l'Università di Roma Tre. Ha dato contributi innovativi in diverse aree di ricerca quali semiconduttori amorfi, proprietà elettroniche e strutturali di composti di fullerene drogati con metalli alcalini, interfacce e eterogiunzioni di semiconduttori del gruppo IV, trasformazioni di simmetria di vortici superconduttori. Da diversi anni la sua attività di ricerca è incentrata sulla dinamica di crescita mediante CVD e la caratterizzazione morfologica e strutturale di nanostrutture bidimensionali e tridimensionali di germanio e di leghe di silicio germanio e lo sviluppo di materiali innovativi nanostrutturati con potenziali applicazioni nei dispositivi mesoscopici e nanofotonici di prossima generazione basati su silicio. Recentemente ha iniziato ad occuparsi dello studio dei meccanismi di crescita di grafene su Ge. È autrice di più di 70 articoli su riviste internazionali in queste aree di ricerca. Dal 2017 è coordinatrice del progetto europeo Horizon 2020 FET-Open "FLASH" per lo sviluppo di un laser a cascata quantica nel THz basato su eterostrutture di Ge/SiGe su silicio.

<http://bbcresearch.com>,

<https://www.luxresearchinc.com>

<https://www.marketsandmarkets.com>

<https://graphene-flagship.eu>

# CLASSIFICARE GLI INDICATORI DELLA SCIENZA E DELLA TECNOLOGIA

Mario De Marchi

*in memoria del professor Paolo Bisogno (1932 - 1999), fondatore e direttore dell'ISRDS-CNR*

## Riassunto

*Il gran numero di teorie del cambiamento tecnologico testimonia una difficoltà nell'escogitare e svolgere gli esperimenti cruciali che permetterebbero una scelta razionale fra spiegazioni alternative. Un passo preliminare nel percorso metodologico che deve essere completato per superare tale difficoltà è la costruzione di tassonomie coerenti degli indicatori di S&T disponibili per mettere alla prova le teorie correnti.*

**Parole chiave:** *Indicatori di Scienza e Tecnologia, Metodologia, OCSE.*

## Abstract

*The large number of theories about technological change testifies to a difficulty in devising and performing crucial experiments that would allow a rational choice between alternative explanations. A preliminary step in the methodological path that must be completed to overcome this difficulty is the construction of coherent taxonomies of the S&T indicators available to test current theories.*

**Keyword:** *Science and Technology Indicators, Methodology, OECD.*

## 1. Introduzione

Accelerando la selezione di migliori metodi e idee impiegati dagli studiosi per concepire e sperimentare gli indicatori S&T, una tassonomia nuova e originale di tali grandezze (misurate applicando norme unificate a livello internazionale sotto l'egida dell'OCSE) potrebbe decisamente favorire il progresso nella misurazione delle attività di ricerca scientifica e innovazione tecnologica. Infatti, proprio il gran numero di teorie del cambiamento tecnologico attesta gli ostacoli che si sono frapposti finora a una scelta razionale fra queste spiegazioni alternative, ossia a una scelta fondata su esperimenti che risultino cruciali, in quanto diano esiti dirimenti. Ciò non dipende affatto da una carenza di indicatori quantitativi suggeriti e adottati nella raccolta di informazioni sulla ricerca e l'innovazione: al contrario, la letteratura e le statistiche pullulano di grandezze e di dati in materia (Gaudin, 2004). Ma proprio questa abbondanza di unità di misura rischia di produrre inattese inconsistenze fra numerose misurazioni, spesso ideate ed eseguite indipendentemente l'una dall'altra, e potrebbe finire per mettere in pericolo la coerenza delle costruzioni teoriche che su tali grandezze si fondano; occorre pertanto che la numerosa popolazione di indicatori scaturita dai tanti studi e rilevazioni effettuati sulle attività S&T sia disciplinata da un rigoroso insieme di regole.

## 2. In cerca di un ordine

Nella “scienza normale” (Kuhn, 1970) ancor prima che le spiegazioni teoriche possano essere escogitate, occorre stabilire i criteri per selezionare e definire le grandezze osservate e predette all'interno di una disciplina. Tale processo metodologico preliminare implica la elaborazione di tassonomie coerenti e complete. È questo il caso del campo degli studi concernenti la misurazione quantitativa delle attività coinvolte nella ricerca scientifica e nell'innovazione tecnologica, rilevate dagli uffici statistici di tutto il mondo seguendo le direttive suggerite dall'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economici.

## 3. Un primo tentativo

In un passo iniziale in direzione di tassonomie degli indicatori S&T, venne in primo luogo tracciata una distinzione sui giudizi dalla cui raccolta nelle indagini statistiche scaturiscono i dati su ricerca e innovazione. Questa prima distinzione opponeva indicatori rilevati grazie ad asserzioni “soggettive” sulle attività scientifiche e tecnologiche ad indicatori risultanti da asserzioni di validità “intersoggettiva”, sulla quale cioè le persone titolate a giudicare (scienziati, tecnici, imprenditori, ecc.) raggiungano un accordo di qualche tipo. Fra gli indicatori di natura soggettiva sembrava potersi annoverare, per esempio, quello misurato

grazie al giudizio che attribuisce a un cambiamento nella tecnologia il grado di innovazione “drastica” o, viceversa, “incrementale”. Fra gli indicatori di natura intersoggettiva veniva incluso l’impegno in ricerca, dato che sul carattere scientifico dell’attività di ricerca svolta da ciascuno studioso si esercita in genere il controllo dei suoi pari tramite una discussione razionale. In secondo luogo, questo iniziale tentativo di tassonomia si basava su un criterio diffusamente impiegato nella raccolta di dati sulla ReS, dove si sottolinea spesso una asserita contrapposizione fra attività “teoriche” e attività “pratiche”. Integrandole queste due distinzioni si è ottenuta una tassonomia degli indicatori di S&T articolata in quattro classi, tante quante sono le combinazioni fra le due coppie di possibili caratteristiche attribuite agli indicatori. Tale tassonomia (De Marchi 2016) comprendeva dunque indicatori di natura:

- a) intersoggettiva/teorica;
- b) soggettiva/teorica;
- c) soggettiva/pratica;
- d) intersoggettiva /pratica.

Riflessioni più approfondite hanno condotto l’Autore ad abbandonare questa classificazione iniziale, che si è rivelata provvisoria come sono la maggior parte dei risultati conseguiti nel progresso scientifico. Prima di tutto, la distinzione fra soggettivo e intersoggettivo, per quanto attraente in generale, perde di interesse nel caso dei giudizi su cui si fonda la raccolta dei dati su S&T: questo diviene evidente non appena si consideri che affinché un giudizio possa entrare nella conoscenza scientifica accettata su di esso deve essere ottenuta un’approvazione di carattere interpersonale, per cui l’indicatore che ne risulta avrà sempre in qualche misura carattere “intersoggettivo”. Inoltre, nonostante alcuni esempi discutibili rintracciabili nella letteratura fin qui prodotta nell’ambito della *Innovation Economics*, esempi connessi a impostazioni metodologiche che gli studi di filosofia della scienza hanno da tempo accantonato, quando si passi ad adottare punti di vista più evoluti risulta chiaro che il termine “teorico”, riguardante concetti di portata universale, va contrapposto a quello di (spiegazione) “*ad hoc*”, e non a “pratico” (Popper, 2002). Concetti di natura universale dotati di un contenuto pratico possono ben esistere, e in effetti teorie di utilità pratica sono presenti, per esempio, nel campo della ricerca applicata. Di conseguenza, la classificazione a quattro categorie è stata superata, e si propone di sostituirla con una tassonomia più sofisticata e complessa, fondata su criteri che auspicabilmente non ne limitino la portata

all’interno di impostazioni epistemologiche troppo semplicistiche e ristrette.

#### 4. Analizziamo un carattere essenziale della S&T

Allo scopo di ampliare la portata e accrescere la rilevanza della nostra nuova tassonomia degli indicatori della S&T, l’abbiamo fondata su due caratteristiche delle attività scientifiche e tecnologiche le quali ne riguardano inconfutabilmente l’essenza: sia la (astratta) scienza sia la (pratica) tecnologia sono attinenti a **RISULTATI • RIPRODUCIBILI**, e perciò le attività che le riguardano consistono in una ricerca di **SOLUZIONI • GENERALI** – ovvero, né spiegazioni *ad hoc* (nella scienza) né procedure irripetibili (per la tecnologia). Questo carattere basilare di scienza e tecnologia può essere analizzato in tre dimensioni elementari, la cui rilevanza appare ben fondata e invariante rispetto qualsiasi ragionevole approccio metodologico:

- a) il “grado di generalità” della nuova conoscenza originale;
- b) l’opposizione fra la ricerca (scientifica) di conoscenza astratta e ricerca (tecnologica) di conoscenza pratica;
- c) la natura delle attività scientifiche e tecnologiche quali vie razionali per cercare risposte a domande che l’umanità si pone e per provvedere ai suoi bisogni materiali.

Dalla relazione binaria **SOLUZIONI • GENERALI**, tenendo simultaneamente conto dello spartiacque *Scienza versus Tecnologia*, possono essere derivate tre coppie di caratteri gemelli in opposizione fra loro:

- A) problemi *versus* soluzioni;
- B) generali *versus* specifici;
- C) astratti *versus* pratici.

Ne vengono generate: “due” (quanti sono i poli in ciascuna opposizione di caratteri) “elevato alla terza potenza” (tre sono le dimensioni su cui si articola la tassonomia) cioè “otto” categorie di indicatori della S&T. Esaminiamo in dettaglio queste categorie, usando le qualificazioni attribuite a ciascuna per descrivere ed etichettare secondo criteri razionali i differenti tipi di indicatori individuati dalla nostra tassonomia.

#### 5. Le otto categorie

##### (I) *Scienza contemplativa*

Per prima consideriamo la categoria di indicatori su quelle attività di S&T che consistono nello studio

di problemi • generali • astratti.

L'OCSE pone basi chiare e ferme per la misurazione degli *input* umani e finanziari investiti in quest'attività, che il suo "*Frascati Manual*" qualifica come "Ricerca pura" (o "di base").

#### (II) *Ricerca finalizzata su problemi generali*

La seconda categoria è composta da indicatori che misurano l'attività S&T identificata dalla tripletta: problemi • generali • pratici.

Anche questi indicatori vengono nitidamente identificati dal *Frascati Manual*, che fornisce agli studiosi e agli statistici una base sicura per la misurazione della attività denominata "Ricerca applicata".

#### (III) *Letteratura scientifica*

La terza categoria della nostra tassonomia è composta da indicatori che misurano attività S&T che hanno prodotto soluzioni • generali • astratte.

Gli scienziati normalmente propongono nuove soluzioni ai problemi sollevati dai programmi di ricerca delle loro discipline di appartenenza, e le sottopongono al vaglio dei pari, pubblicandole. I conteggi delle pubblicazioni sono spesso ritenuti procedure sensate attraverso le quali pesare la produzione scientifica, a condizione che la valutazione della ricerca fondata su tali conteggi si estenda a campioni statistici abbastanza ampi da compensare le rilevanti differenze tra la qualità di singole pubblicazioni e tra la qualità di singole citazioni.

#### (IV) *Innovazioni tecnologiche*

La nostra quarta categoria comprende indicatori usati per rilevare attività di S&T che abbiano prodotto: soluzioni • generali • pratiche.

Essi sono gli indicatori che misurano l'introduzione di nuovi modi di soddisfare bisogni pratici di natura generale: in altri termini, innovazioni tecnologiche. Circa le indagini statistiche per la raccolta dei dati che originano questi indicatori, l'OCSE stabilisce diretti-ve cogenti e limpide con il suo "*Oslo Manual*".

#### (V) *Scienza sperimentale*

La quinta categoria include gli indicatori riguardanti le attività S&T intese a risolvere soluzioni • specifiche • astratte tramite la ricerca di nuove osservazioni empiriche.

Il progresso che in definitiva una osservazione empirica di nuovo genere apporterebbe alla conoscenza in una disciplina scientifica può essere a volte impossibile da predire perfino per gli specialisti. Gli indicatori plausibilmente attribuiti alla Categoria (V) riguarderanno misure di *input*, come l'investimento nella strumentazione necessaria per svolgere espe-

rimenti scientifici, e le retribuzioni pagate al personale coinvolto in progetti di ricerca sperimentale. In realtà, queste stime indirette potrebbero ragionevolmente approssimare l'importanza che, *ex ante*, sia la comunità scientifica sia l'operatore pubblico che ne segue l'avviso attribuiscono a una questione astratta specifica.

#### (VI) *Engineering*

La sesta categoria della nostra tassonomia copre gli indicatori da cui sono misurate le attività che hanno prodotto soluzioni • specifiche • pratiche.

Tali indicatori dovrebbero stimare correttamente il valore delle predizioni specifiche ottenibili dalla conoscenza teorica correntemente accettata, predizioni dalle quali gli ingegneri possono derivare nuove applicazioni pratiche. È assai difficile stimare con precisione il valore di questa conoscenza per il sistema economico e per la società nel suo complesso. Gli statistici tipicamente dovranno ripiegare su approssimazioni indirette, come l'investimento in attività di *engineering*.

#### (VII) *Sintesi statistiche*

La settima categoria è intesa ad includere quegli indicatori che misurino le attività S&T svolte da ricercatori che si occupino di problemi • specifici • astratti. Essa consiste principalmente di unità di misura che stimano il valore attribuito dagli scienziati e dall'operatore pubblico alla raccolta di dati mirata a derivare conclusioni generali attraverso la loro elaborazione: per esempio, risorse umane e finanziarie destinate a uffici statistici nazionali. Questa categoria è speculare a quella "Scienza sperimentale". In linea di principio, le attività classificate nella Categoria "Scienza sperimentale" prendono l'avvio con la concezione (fondata su osservazioni empiriche o su spunti di qualsiasi altra natura) di teorie, le quali governano la successiva ricerca di evidenza empirica, destinata a corroborare provvisoriamente o a confutare le ipotesi teoriche. Reciprocamente, le attività incluse nella Categoria "Sintesi statistiche" iniziano con la raccolta di una (ipoteticamente data) evidenza empirica, a cui fanno seguito tentativi di generalizzare, applicando metodi della Statistica induttiva, le proprietà che i dati paiono mostrare.

#### (VIII) *Ricerca finalizzata su problemi particolari*

L'ultima delle nostre categorie si riferisce a indicatori che rilevano l'attività S&T identificata dalla tripletta problemi • specifici • pratici: ovvero, dati sugli *input* investiti in "Sviluppo sperimentale", seguendo la definizione che il *Frascati Manual* stabilisce per questa attività di ricerca.

## 6. Conclusioni: applicazioni possibili della nostra tassonomia in studi futuri

I criteri che il nostro schema adotta per distinguere gli indicatori S&T sono utili per descrivere e spiegare i livelli quantitativi delle attività di R&I nei sistemi nazionali di innovazione. Considerando che tali indicatori misurano le circostanze iniziali assunte come date in queste spiegazioni e le loro predizioni circa le attività S&T risultanti, lo scopo è quello di permettere agli studiosi di trarre inferenze del tutto nuove risalendo il percorso logico seguito per costruire la tassonomia, di modo che ciascuno degli indicatori utilizzati da una teoria possa essere più finemente analizzato in una terna di caratteri determinanti. A partire da qui si potranno formare le otto triplete da noi identificate, il che permetterà, si spera, una più profonda comprensione dei processi sottostanti all'innovazione tecnologica e al progresso scientifico.

### Riferimenti bibliografici

De Marchi M., (2016), A Taxonomy of S&T Indicators, *Scientometrics*, Vo. 106, pp. 1265-8.

Gaudin B., (2004), *Measurement and Statistics on Science and Technology: 1920 to the Present*, Routledge, London.

Kuhn T., (1970), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago Univ. Press, Chicago.

Oecd, (2015), *Frascati Manual*, (Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development), Paris.

Oecd, (2018), *Oslo Manual*, (The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities), Paris.

Popper K. R., (1992), *The Logic of Scientific Discovery*, Routledge, London.

### MARIO DE MARCHI

*Mario De Marchi è ricercatore presso la sede romana dell'Istituto di ricerca sulla crescita e l'economia sostenibile del Consiglio nazionale delle ricerche (IRCrES-CNR) dal 2011 e studia il progresso scientifico e il cambiamento tecnologico, tentando di conciliare le nozioni apprese grazie all'originaria formazione da economista con l'uso di strumenti e principi a cui si è avvicinato successivamente grazie a studi riguardanti la metodologia della scienza. Prima di approdare all'IRCrES-CNR egli era stato ricercatore presso l'ISRDS-CNR, vivendo una stagione di apprendimento felice sotto la guida illuminata e affettuosa del Professor Paolo Bisogno, un'avventura intellettuale entusiasmante di cui serba un ricordo indelebile.*

### Contatti:

[mario.demarchi@ircres.cnr.it](mailto:mario.demarchi@ircres.cnr.it)