Registrazione al Tribunale di Roma,
Sezione stampa, n 106/2025, decreto 16/10/2025

Analysis

N. 2 | MARZO 2026

RIVISTA DI CULTURA E POLITICA SCIENTIFICA - di proprietà dell'ANPRI • Dir. Resp. **Patricia Iozzo**



EDITORIALE

Legge di bilancio 2026: approvata lo scorso 30 dicembre prevede i seguenti interventi in materia di ricerca:

- Come già riportato nel precedente numero di *Analysis*, viene istituito presso il MUR il "Fondo per la Programmazione della Ricerca" FPR, accorpando i preesistenti FISR, FIS, FIRST, FISA e FREST. Il FPR per il 2026 ammonta a 259 milioni, a 257 per il 2027 ed a 285 per il 2028, a cui si aggiungono 150 milioni annui per il finanziamento dei PRIN, e sarà gestito secondo obiettivi e modalità definiti dal MUR entro il 31 gennaio del primo anno del triennio di riferimento, nel "Piano Triennale per la Ricerca" (PTR). La legge prefigura anche un incremento del FPR oltre i 600 milioni annui a partire dal 2029. Nel seguito daremo conto del primo PTR già approvato dal MUR e dell'annesso cronoprogramma degli investimenti. *(commi 529-533)*
- Vengono stanziate risorse per il cofinanziamento di posizioni di ricercatore universitario a tempo determinato e di ricercatore e tecnologo degli Enti di Ricerca vigilati dal MUR, riservate per il 50% a personale PNRR, per un totale di 50 milioni alle università pubbliche, 2 milioni alle università non statali riconosciute e 8.7 milioni agli EPR vigilati MUR. Torneremo a pagina 2 su questo punto. *(commi 305-315)*
- Vengono assegnati al CNR 1.5 milioni nel 2026 ed altrettanti nel 2027 per garantire la continuità dei contratti del personale in possesso dei requisiti della "legge Madia", non ancora stabilizzato.*(comma 896)*
- Sono stati stanziati 56.4 milioni a valere sul Fondo Sviluppo e Coesione per finanziare infrastrutture e progetti di ricerca riguardanti le tecnologie quantistiche, l'high performance computing (HPC) e l'intelligenza artificiale nelle regioni del Mezzogiorno. (*comma 894*)
- Viene disposto che la CONSIP realizzi all'interno dei propri sistemi di e-procurement specifiche sezioni ed una infrastruttura tecnica esclusivamente dedicata alla gestione degli acquisti finalizzati alle attività di ricerca scientifica, con modalità che saranno definite in un decreto ministeriale congiunto MEF e MUR da emanare entro novanta giorni. (*comma 948*)

...continua a pagina 2



POLITICA DELLA RICERCA

AGGIORNAMENTI
...di politica e normativa della ricerca
PAG. 2

ITALIA(NI) NEL MONDO E VICE-VERSA
Il megafono raggiunge le parti interessate? Parla loro in un linguaggio utile?
di **Patricia Iozzo** • PAG. 3

APPROFONDIMENTO
Ricerca pubblica e valorizzazione professionale: riflessioni e proposte dei ricercatori e tecnologi
di **Patricia Iozzo, Liana Verzicco, Domenica Masci, Cristina Mazzotta, Renata Palma.** • PAG. 4

VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE CULTURALE

ENTI DI RICERCA ITALIANI: DAL SEME AL FRUTTO
La rivoluzione tecnologica del CNR per un'agricoltura a basso impatto ambientale
di **Natale Rispoli e Guido Saccone** • PAG. 5

IL VALORE DELLA RICERCA

DONNE NELLA SCIENZA
Rosalind Franklin, la donna che fotografò il segreto della vita
di **Liana Verzicco** • PAG. 6

HO VISTO COSE... Rubrica di Scienza e Fantascienza
Il salto quantico
di **Valentina Tozzini** • PAG. 7

ATTUALITÀ ... SCIENZA E TECNICA
L'intelligenza in un granello di polvere: la rivoluzione dei robot invisibili
di **Guido Saccone e Natale Rispoli** • PAG. 8

AGGIORNAMENTI

...di politica e normativa della ricerca

PIANO DI ASSUNZIONE DI RICERCATORI: come già accennato nell'editoriale, la legge di bilancio prevede la possibilità per le università di assumere ricercatori universitari "tenure track", secondo le normali procedure selettive ed entro le proprie facoltà assunzionali (leggi punti organico), riservando non più del 50% dei posti a RtdA assunti su progetti PNRR il cui contratto sia scaduto nel 2025 (2026) per le selezioni espletate entro la fine del 2026 (2027). Similmente gli Enti di ricerca vigilati dal MUR possono assumere ricercatori e tecnologi a tempo indeterminato con concorsi da bandire entro il 2026, riservando non più del 50% dei posti a personale degli stessi profili reclutato nell'ambito di progetti PNRR che era in servizio alla data del 30-6-2025, aveva prestato servizio nello stesso profilo per almeno 24 mesi anche non continuativi ed era stato selezionato con procedure ad evidenza pubblica. Tali selezioni vengono cofinanziate al 50%: nelle università statali con 11.3 milioni nel 2026 a cui se ne aggiungono 38.7 nel 2027, nelle università non statali riconosciute con 0.3 milioni nel 2026 a cui se ne aggiungono 1.7 nel 2027, negli EPR vigilati MUR con 7.27 milioni nel 2026 a cui se ne aggiungono 1.45 nel 2027. Tali finanziamenti vengono erogati sui rispettivi fondi ordinari (FFO e FOE) e saranno ripartiti fra le diverse università ed Enti secondo modalità da stabilire in un decreto del MUR. Le risorse non utilizzate per le assunzioni confluiranno comunque stabilmente nei due fondi ordinari.
Un piano di assunzione di ricercatori è sempre un segnale apprezzabile, tuttavia non si possono non rimarcare i limiti dell'impianto proposto, soprattutto nel mantenimento dei vincoli assunzionali e nel cofinanziamento al 50%, che sostanzialmente escludono quelle istituzioni che non dispongono di risorse organiche ed economiche sufficienti ad utilizzare il contributo stanziato. Colpisce anche l'assenza di qualsiasi misura per gli EPR non vigilati dal MUR, come pure l'esclusione dei precari che lavorano su progetti di ricerca non finanziati dal PNRR. In termini numerici, se l'intero finanziamento fosse effettivamente tradotto in posizioni di ricerca, e raddoppiato dal cofinanziamento richiesto a università ed Enti, si assumerebbero circa 1600 ricercatori nelle università e circa 300 negli EPR, a fronte di circa 7815 RtdA e 25153 assegnisti universitari in servizio nel 2024 (fonte MUR *), di cui larga parte su progetti PNRR. L'Italia merita di capitalizzare la sua eccellenza formativa e l'enorme sforzo organizzativo e di ricerca messo in campo col PNRR, ampliando finalmente in modo deciso il proprio patrimonio di ricercatori e portandolo al livello degli altri paesi europei.
(*) **https://ustat.mur.gov.it/documenti/2025-notiziario-statistico-n-7/**

PIANO TRIENNALE DELLA RICERCA 2026-2028
pubblicato il 30 gennaio:
https://www.mur.gov.it/it/atti-e-normativa/decreto-ministeriale-n-150-del-30-01-2026
il Fondo per la Programmazione della Ricerca come definito nella legge di bilancio per i primi tre anni ammonterà a poco più di 400 milioni l'anno. Il PTR definisce 5 strumenti di finanziamento per metterlo a disposizione della comunità scientifica:

- I PRIN, strumento collaborativo diffuso, volto a rafforzare il tessuto della ricerca con proposte *bottom-up* e valutato bilanciando qualità scientifica, fattibilità e coerenza dei gruppi. Se ne prevede un bando ogni anno, con un budget di 270 milioni nel 2026 e di 180 milioni in ciascuno dei due anni successivi;
- I PRIN-Hybrid, orientati prioritariamente ad ambiti scientifici e tecnologici strategici (quantum, HPC, AI, cybersicurezza, innovazione in ambito sanitario) favorendo la multidisciplinarietà e l'integrazione fra competenze diverse. Anche per questo strumento è previsto un bando l'anno, con budget rispettivamente di 59, 57 e 35 milioni.
- I FIS, che restano come in passato progetti fortemente ispirati ai grant ERC, ovvero incentrati su un responsabile di progetto di livello scientifico eccellente con un progetto di ricerca fortemente innovativo, dotati di maggiori finanziamenti, autonomia e flessibilità gestionale. E' previsto un bando FIS-Starting nel 2027 con budget di 100 milioni ed uno consolidator-advanced nel 2028 con budget di 130 milioni.
- I progetti Synergy, dedicati a ricerca applicata e fortemente innovativa, col potenziale di migliorare il benessere e la competitività del Paese, che richiedono una forte integrazione di competenze multidisciplinari. Ne è previsto un bando per ciascuno dei tre anni del piano, con budget rispettivamente di 50, 40 e 50 milioni.
- Partnership europee, si tratta della continuazione di quanto si è fatto negli ultimi anni col fondo FIRST, ovvero il cofinanziamento della partecipazione italiana a progetti ed iniziative europee. Ogni anno entro il 30 aprile sarà pubblicato l'elenco delle call europee e internazionali finanziabili, con un budget di 30 milioni in ciascuno dei primi due anni del piano e di 40 milioni nel terzo.

La pubblicazione di tutti i bandi è prevista ogni anno entro il 30 aprile e la pubblicazione delle relative graduatorie entro il 30 settembre. Il crono programma dei bandi è scaricabile al link:
https://www.mur.gov.it/sites/default/files/2026-02/Decreto%20Ministeriale%20n.%20150%20del%2030-01-2026%20-%20Cronoprogramma%202026-2028.pdf

ATTO DI INDIRIZZO DEL MUR PER IL 2026
pubblicato il 28 gennaio:
https://www.mur.gov.it/it/atti-e-normativa/decreto-ministeriale-n-142-del-28-01-2026
delinea gli indirizzi strategici per il 2026 dell'azione del MUR, individuando 5 priorità: la realizzazione dei progetti PNRR di propria competenza; il potenziamento dell'offerta formativa; l'allargamento della comunità di ricerca; il PNR 2021-2027 ed i programmi strategici nazionali; l'internazionalizzazione. Alcuni aspetti meritano articolare attenzione:

- Per allargare la comunità di ricerca si punta a favorire una maggiore integrazione e dialogo fra ricerca fondamentale e applicata, costituendo ecosistemi radicati nel territorio dove possano collaborare in modo strutturato università, EPR ed imprese. Verranno anche potenziate e valorizzate ulteriormente le infrastrutture di ricerca. Ma in parallelo si ritiene necessaria una "revisione del sistema di reclutamento, volta a superare le rigidità dell'abilitazione scientifica nazionale e favorire una selezione basata sull'autonomia e la responsabilità delle singole Università", con l'obiettivo di "garantire percorsi di carriera più fluidi e trasparenti, capaci di attrarre e trattenere i migliori talenti".
- Il MUR punta ad essere la cabina di regia unica del sistema della ricerca, sia attraverso la gestione del Fondo per la Programmazione della Ricerca, sia attraverso l'istituzione di una Commissione per la Ricerca presso il CIPESS (Comitato interministeriale per la programmazione economica e lo sviluppo sostenibile), presieduta dal ministro UR con il supporto tecnico e amministrativo della Presidenza del Consiglio- Dipartimento per la programmazione e il coordinamento della politica economica (DIPE).
- Si ritiene necessario aggiornare le priorità del PNR 2021-2027 alla luce delle evoluzioni politiche e tecnologiche degli ultimi anni, attuando la strategia nazionale di cybersicurezza ed il modello nazionale per la sicurezza della ricerca, ma anche sostenendo in particolare i seguenti settori: "*tecnologie digitali e innovazione delle tecnologie deep tech, tecnologie pulite ed efficienti dal punto di vista delle risorse e biotecnologie, calcolo ad alte prestazioni, intelligenza artificiale, materiali avanzati, spazio e aerospazio, energia nucleare sostenibile, tecnologie quantistiche, nonché design dei circuiti integrati a semiconduttore*".

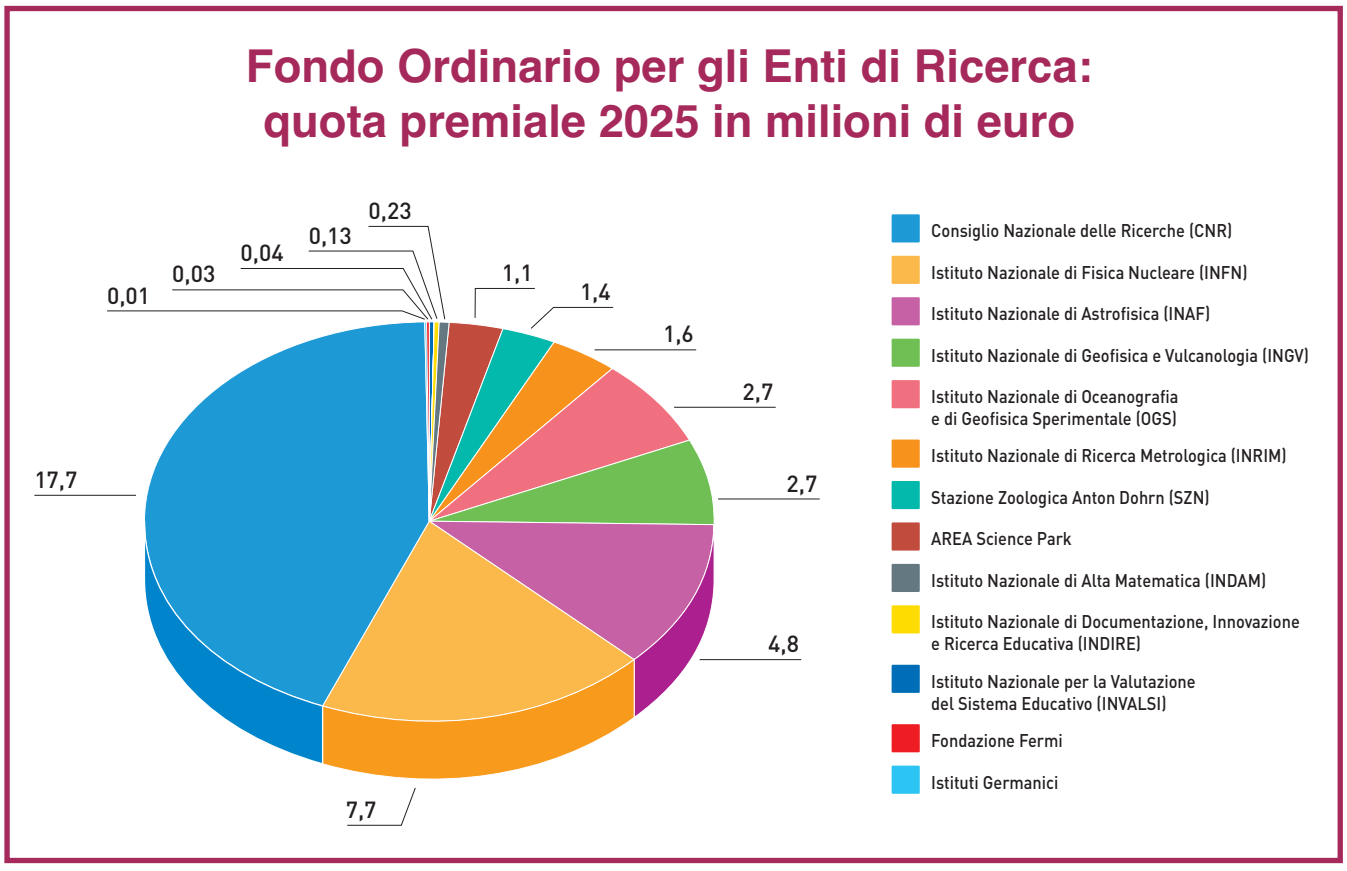


QUOTA PREMIALE DEL FOE 2025: il 4 febbraio è stato firmato il decreto che distribuisce agli EPR vigilati dal MUR la quota premiale di 40 milioni inserita nel Fondo Ordinario di finanziamento degli EPR 2025, che salirà a 60 milioni nel 2026 e nel 2027. I criteri adottati sono stati: qualità della ricerca, basata su indicatori ANVUR (50% del fondo), partecipazione alle infrastrutture di ricerca (25% del fondo), capacità di spesa delle risorse del PNRR (25% del fondo). La quota maggiore è andata al CNR con 17.7 milioni, poi l'INFN 7.7 milioni, l'INAF 4.8 milioni, l'INGV 2.7 milioni, l'OGS 2.7 milioni, l'INRIM 1.6 milioni e la Stazione Zoologica 1.4 milioni. L'utilizzo dei premiali si colloca pienamente nel ruolo strategico che il MUR vuole assumere nel sistema ricerca, come esplicitamente richiamato nell'atto di indirizzo 2026. (Grafico a pag. 3)

PROGETTI VINCITORI DEL BANDO FIS3: lo scorso 27 novembre sono state pubblicate le graduatorie finali del bando FIS3, che ha valutato circa 5000 progetti finanziandone 326, quasi tutti nelle università. Solo 20 progetti sono basati in Enti di Ricerca, per complessivi 27.5 milioni. Ben 15 sono al CNR, 2 all'INAF, 2 al OGS ed uno alla SZN. 10 dei vincitori sono nella categoria "starting", 6 "consolidator" e 4 "advanced".
https://www.mur.gov.it/it/news/martedi-16122025/ricerca-dal-mur-oltre-275-milioni-di-euro-ai-centri-di-ricerca-20-progetti

GRADUATORIA PROGETTI PN RIC: il 6 febbraio è stata pubblicata la graduatoria di merito delle Manifestazioni di Interesse del Programma Nazionale Ricerca, Innovazione e Competitività 2021–2027 (PN RIC 2021-2027), sostenuto dal Fondo europeo di sviluppo regionale (FESR) e gestito dal MIMIT, in qualità di autorità di gestione, insieme a MUR e MASE. Il piano mette a disposizione 278 milioni per il rafforzamento delle infrastrutture di ricerca e 328 milioni destinati alle filiere strategiche e ai poli di innovazione.
https://www.mur.gov.it/it/news/venerdi-06022026/mur-pubblicate-graduatorie-di-merito-del-programma-nazionale-ricerca

NUOVA PRESIDENTE DELL'ISPRA: alla fine di dicembre le commissioni Ambiente di Camera e Senato hanno approvato la nomina di Alessandra Gallone alla presidenza dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Ex senatrice di Forza Italia, al cui interno coordina il dipartimento Ambiente, e con un passato anche in FdI, An e Msi, Alessandra Gallone è stata proposta alla presidenza dell'ISPRA dal ministro dell'Ambiente, dicastero per il quale aveva recentemente svolto ruoli di consulenza. In precedenza l'Ente era stato guidato prima da Bernardo De Bernardinis, ordinario di idraulica e vice-capo del Dipartimento della Protezione Civile, e successivamente da Stefano Laporta, avvocato e viceprefetto, con una lunga esperienza nell'Istituto, di cui era stato anche direttore generale.
"Ambiente e sviluppo non sono antagonisti, sono alleati", ha detto Gallone in audizione il 28 dicembre. "Intendo interpretare la presidenza di Ispra per ciò che dev'essere: una funzione di garanzia, di responsabilità, di terzietà". Sarà importante comprendere l'impatto di una guida politica del più importante e indipendente organo scientifico italiano che si occupa di inquinamento, rischio idrogeologico, cambiamenti climatici, che tutela la biodiversità, le aree protette, e che viene chiamato a fornire pareri tecnico-scientifici, talvolta vincolanti, su piani antismog, sulla valutazione d'impatto di grandi opere e infrastrutture o quando si parla di acque e depurazione.



ITALIA(NI) NEL MONDO e vice-versa

Il megafono raggiunge le parti interessate? Parla loro in un linguaggio utile?

di **Patricia Iozzo**

Nel numero di dicembre 2025 avevamo parlato del Decreto Direttoriale n. 72 del 07-04-2025. Il Decreto destina 50 milioni di euro ai giovani ricercatori impegnati in attività di ricerca all'estero che siano stati vincitori dei prestigiosi finanziamenti del Consiglio Europeo della Ricerca (ERC) nelle categorie giovanili (Starting e Consolidator Grant), nell'ambito dei programmi quadro Horizon 2020 e Horizon Europe.
La raccolta delle manifestazioni di interesse doveva terminare il 4 giugno 2025 ma i termini sono stati prorogati molteplici volte, secondo la tabella inserita in figura, per "favorire la più ampia partecipazione di potenziali beneficiari".
Le ragioni per cui l'offerta non viene esaurita nei tempi via via previsti possono essere diverse. Quelle spesso addotte, non di poco conto, comprendono la retribuzione non competitiva dei ricercatori in Italia, le enormi incertezze nei percorsi di carriera, la complessità delle operazioni amministrative e autorizzative, l'immobilità dell'apparato burocratico italiano e, talvolta, anche la mancanza di infrastrutture e capacità di accoglienza necessarie, inclusa la difficoltà di vedere riconosciuti i propri titoli di studio stranieri.



Decreto	7 aprile 2025	4 giugno 2025	Scadenza domande
Decreto di proroga	3 giugno 2025	18 settembre 2025	Nuova scadenza
Decreto di proroga	17 settembre 2025	22 ottobre 2025	Nuova scadenza
Decreto di proroga	21 ottobre 2025	27 gennaio 2026	Nuova scadenza
Decreto di proroga	26 gennaio 2026	13 maggio 2026	Nuova scadenza



Poca importanza viene data alla realtà più significativa per chi scrive, ossia che la pianificazione di un progetto che investe 2-3 milioni di euro pubblici avviene in una lunga e complessa fase preparatoria che identifica, fra le altre cose, la sede ottimale da un punto di vista culturale, strumentale e strutturale per lo svolgimento delle attività di ricerca, molto prima di entrare nella competizione e di vincerla. Ricollocare un progetto di ricerca è una scelta difficile, una missione notevole che può essere del tutto impossibile.
Infine, sarebbe anche importante considerare se vi sia stato un limite di diffusione, e quindi di mancata attenzione, nei confronti del Decreto Direttoriale n. 72 e se questo possa essere superato ampliando gli strumenti di comunicazione per informare le persone potenzialmente interessate a questa opportunità. Da qui il titolo: Il megafono raggiunge le parti interessate? Parla loro in un linguaggio utile?
Noi continuiamo ad attendere gli esiti di questa importante iniziativa, fiduciosi in un miglior bilanciamento fra offerta e domanda entro la prossima scadenza!

APPROFONDIMENTO

Ricerca pubblica e valorizzazione professionale: riflessioni e proposte dei ricercatori e tecnologi

di **Patricia Iozzo, Liana Verzicco, Domenica Masci, Cristina Mazzotta, Renata Palma**

Per iniziativa di un gruppo di ricercatori del CNR (v. fotografia), si è tenuto a Roma il 15 gennaio presso la Sala degli Atti Parlamentari della Biblioteca del Senato, un Convegno sulla valorizzazione del personale ricercatore e tecnologo degli Enti Pubblici di Ricerca, che ha fornito spunti di riflessione e approfondimenti sullo stato del benessere organizzativo nel CNR e sulle possibili prospettive di sviluppo del sistema nazionale della ricerca. L'evento, coordinato da Fiorella Sarubbi (CNR) (al centro nella fotografia), è stato moderato da Mario Tozzi e Antonello Pasini, divulgatori scientifici oltre che ricercatori del CNR.

Il convegno ha previsto un indirizzo di saluto dei Senatori Francesco Verducci (Commissione Cultura del Senato), Orfeo Mazzella (Vicepresidente della Commissione Affari Sociali del Senato) e Maria Domenica Castellone (Vicepresidente del Senato ma anche ricercatrice del CNR in aspettativa) che hanno dato ampia disponibilità per promuovere la valorizzazione della ricerca attraverso interrogazioni, stati generali e proposte normative. I senatori hanno tutti concordato sulle criticità del settore ricerca, come il definanziamento e gli eccessi burocratici, oltre alle persistenti difficoltà dei percorsi di carriera delle donne, sollecitando i ricercatori a fare proposte, interagendo attivamente con le istituzioni. Sono seguite le relazioni programmate di sei ricercatori del CNR. **Antonello Pasini** ha evidenziato il ruolo della scienza nel supportare, con dati di fatto, decisioni politiche lungimiranti di fronte a fenomeni complessi come il cambiamento climatico e la pandemia, caratterizzati da evoluzioni lente che poi, al superamento di soglie critiche, appaiono incontrollabili. **Francesca Di Donato** ha illustrato l'evoluzione dei sistemi di valutazione della ricerca sempre più orientati al superamento dell'approccio puramente bibliometrico a favore di giudizi qualitativi basati sulla revisione tra pari, citando l'iniziativa europea CoARA, cui aderisce anche il CNR. L'obiettivo di CoARA è una riforma sistemica della valutazione dell'attività di ricerca che sia comune ai diversi attori a livello europeo e non esclusivamente basata su parametri quantitativi legati alle pubblicazioni in rivista. Sebbene l'elaborazione di un nuovo standard valutativo, più equo, armonico ed efficace, non appaia di immediata attuazione, recentemente, il CNR ha cercato di implementare i principi della CoARA e ha bandito un concorso (ex art. 15 CCNL 2006), destinando risorse straordinarie per affrontare il problema della numerosa e prolungata permanenza nei livelli inferiori dei ricercatori e tecnologi di ruolo. La graduatoria di merito, che include tutti i candidati che hanno superato la soglia di idoneità, risulta però limitata da una copertura finanziaria insufficiente, che ha escluso molti idonei dagli avanzamenti di carriera nonostante le qualificazioni riconosciute.

A questo tema sono state dedicate alcune relazioni del convegno. **Giorgio Luciano** ha presentato le risultanze bibliometriche del personale che non ha avuto accesso al livello superiore, evidenziando come i dati attestino la maturità professionale raggiunta e confermino l'idoneità già riconosciuta dal CNR. **Pierfederico La Notte** ha approfondito le ricadute psicologiche sugli "idonei non vincitori", mettendo in luce sia la demotivazione e il rischio di disimpegno, soprattutto in presenza di una lunga anzianità di servizio, sia le aspettative di chi interpreta l'idoneità come un riconoscimento di merito e uno stimolo a risultati futuri più significativi.

Nel suo intervento, **Gianpaolo Pulcini** ha sottolineato la necessità di procedure più chiare e tempi più rapidi per i concorsi ex art. 15, che raramente rispettano la cadenza biennale prevista dal CCNL e finiscono con interferire con altri percorsi (anticipo di fascia, cambio di profilo, ecc.). Ha poi evidenziato le criticità legate alla gestione dei numerosi bandi distinti per ognuna delle 35 Aree concorsuali e proposto una valutazione individuale di tipo abilitativo (e non competitivo) oltre a una legge di stato giuridico dei ricercatori e tecnologi a tutela della stabilità e dell'autorevolezza della professione. Le simulazioni matematiche di **Francesco De Simone**, infine, hanno proiettato l'impatto che gli attuali ritardi concorsuali avranno sulla situazione dei ricercatori fra dieci anni, individuando come migliore soluzione quella biennale già prevista dal contratto nazionale. La lunga permanenza di molti R&T nel terzo livello è infatti causata dalla sporadicità dei concorsi e dai pochi posti messi a bando nel passato.

Dopo gli interventi programmati, hanno preso la parola alcuni dei presenti, tra cui tre membri del Consiglio Scientifico del CNR: Giuseppe Mattioli concorda riguardo la scarsità di finanziamento dell'Ente ma dissente sull'ipotesi della legge di stato giuridico menzionata; Vito Mocella, oltre ad apprezzare le numerose progressioni di carriera ottenute con il recente concorso, ha invece sostenuto che lo stato giuridico è l'unico strumento appropriato per regolamentare la valorizzazione dei ricercatori. Andrea Orlandini (membro uscente) ha invitato a una analisi più inclusiva di tutti i partecipanti al concorso, lamentando la scarsa attenzione rivolta al profilo tecnologo.

Stefano Morara, Presidente dell'Associazione Nazionale Professionale della Ricerca (ANPRI), sottolineando che la valorizzazione dei ricercatori è inscindibilmente legata al riconoscimento del valore della ricerca svolta nei diversi EPR, ha ricordato i numerosi e rilevanti risultati conseguiti dalla ricerca pubblica che costituiscono un fondamentale motore di sviluppo e crescita per l'intero sistema Paese. Ha poi illustrato i vantaggi di una legge finalizzata a regolamentare lo status e a rafforzare la responsabilizzazione del ricercatore e del tecnologo nella *governance* dell'ente di appartenenza.

Marchionni e Bonfanti del CNR e Cristina Mazzotta dell'ENEA, oltre ad auspicare regole certe, meritocrazia e partecipazione, hanno anche ribadito la necessità di migliorare il trattamento retributivo del personale così come di incrementare i finanziamenti destinati alle attività di ricerca.

A conclusione dei lavori, Fiorella Sarubbi ha ringraziato il sen. Verducci che ha reso possibile lo svolgimento dell'iniziativa in una sede istituzionale, auspicando che il confronto fra politica e mondo della ricerca continui, coinvolgendo un arco sempre più ampio di forze politiche. Gli atti integrali del convegno sono stati pubblicati a cura di CNR Edizioni (https://www.cnr.it/it/editoria).



ENTI DI RICERCA ITALIANI: DAL SEME AL FRUTTO

La rivoluzione tecnologica del CNR per un'agricoltura a basso impatto ambientale

di **Natale Rispoli** e **Guido Saccone**



Per millenni, l'agricoltura è stata il simbolo della simbiosi tra uomo e natura, il motore che ha permesso la nascita delle civiltà. Oggi, tuttavia, ci troviamo di fronte a un paradosso senza precedenti: il settore che ci nutre è diventato uno dei principali fattori di pressione sugli ecosistemi globali.

Con una stima di crescita della popolazione mondiale verso i 10 miliardi entro il 2050, la sfida non è più solo «produrre di più», ma farlo riducendo drasticamente l'impronta ecologica. L'agricoltura moderna si trova, infatti, al centro di una tempesta perfetta: emissioni di gas serra - il sistema agroalimentare è responsabile di circa un quarto delle emissioni globali, tra metano degli allevamenti e protossido di azoto derivante dai fertilizzanti; consumo Idrico - oltre il 70% dell'acqua dolce prelevata nel mondo è destinata alle irrigazioni, una risorsa sempre più scarsa a causa dei cambiamenti climatici; perdita di biodiversità - l'espansione dei terreni coltivati e l'uso intensivo di pesticidi minacciano gli insetti impollinatori e la salute del suolo, la nostra riserva di carbonio più preziosa.

Ridurre l'impatto ambientale dell'agricoltura non è quindi un vezzo ideologico o una scelta di nicchia per consumatori consapevoli. È una necessità strategica. Significa passare da un modello estrattivo a uno rigenerativo, capace di mitigare il riscaldamento globale invece di alimentarlo. In questo scenario, la tecnologia (agricoltura 4.0), il ritorno a pratiche agro-ecologiche e la revisione delle nostre abitudini alimentari non sono solo opzioni, ma gli strumenti indispensabili per garantire la sicurezza alimentare delle generazioni future senza compromettere la salute della nostra «casa comune».

In seno al Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), numerosi istituti hanno promosso e coordinato ambiziosi programmi di ricerca, di respiro nazionale e internazionale, dedicati alla mitigazione dell'impronta ecologica dei sistemi agricoli intensivi. Attraverso una sinergia multidisciplinare che intreccia chimica, biotecnologie, fisica e ingegneria, tali progetti mirano a ridefinire i paradigmi dell'agricoltura industriale, convertendoli verso modelli di produzione più sostenibili e rispettosi degli equilibri ecosistemici.

Tra le iniziative di punta del CNR spicca TeleNitro, coordinato dagli istituti IBBR, ISAFOM, ISPAAM, un progetto internazionale che affronta uno dei problemi più critici dell'agricoltura moderna: l'abuso di fertilizzanti azotati. L'eccesso di azoto, infatti, non solo inquina le falde acquifere, ma contribuisce pesantemente alle emissioni di gas serra.

L'approccio di TeleNitro è affascinante perché «imita» la natura. Il progetto studia la *Biological Nitrification Inhibition* (BNI), ovvero la capacità di alcune piante di produrre molecole capaci di frenare naturalmente la trasformazione dell'azoto nel terreno. In sintesi, invece di saturare i campi di sostanze chimiche, si utilizzano le proprietà innate del mondo vegetale per rendere l'uso dell'azoto più efficiente.

I risultati raggiunti nel 2025 dal consorzio che unisce Italia, Spagna e Marocco hanno evidenziato progressi significativi, quali: agrobiodiversità locale - ricercatori del CNR e partner come ARCA2010 hanno analizzato le varietà vegetali della Campania per individuare quelle con le migliori proprietà inibitorie; applicazioni orticole - studi condotti su colture diffuse come peperone, melone e broccoli dimostrano che l'uso di estratti botanici può realmente ridurre la necessità di concimi sintetici; tecnologia in campo - oltre alla biologia, il progetto integra strumenti digitali di supporto alle decisioni, aiutando gli agricoltori a capire esattamente quando e quanto intervenire.

La validità di queste ricerche è stata testata direttamente «sul fango» nei campi sperimentali di Acerra (Napoli), dove la teoria scientifica incontra le reali condizioni climatiche del Mediterraneo. Il cammino di TeleNitro proseguirà nel 2026 con una fase cruciale di validazione dei risultati, che verranno presentati alla comunità scientifica mondiale durante il prossimo convegno internazionale EGU26 a Vienna (maggio 2026).

Un ulteriore linea di ricerca consiste nel progetto BIOSMARTFERT, in cui il CNR-IRET punta a trasformare il concetto stesso di rifiuto organico, inserendolo in un sofisticato modello di economia circolare per la creazione di biofertilizzanti di ultima generazione. L'obiettivo centrale è la produzione di fertilizzanti a rilascio intelligente, ovvero *Smart Release Fertilizers* (SRF), ottenuti attraverso una filiera produttiva che impiega microrganismi fotosintetici per convertire i sottoprodotti della fermentazione dei rifiuti in bioplastiche biodegradabili, i poliidrossialcanoati (PHA). Queste bioplastiche vengono poi utilizzate per incapsulare il digestato granulato, creando idrogel o pellet capaci di rilasciare i nutrienti nel suolo in modo modulato e preciso, riducendo drasticamente gli sprechi e l'inquinamento. Il progetto non si limita all'innovazione biotecnologica, ma integra modelli matematici per ottimizzare ogni fase del processo, rigorose analisi di sostenibilità e uno studio approfondito degli aspetti normativi ed economici, con l'obiettivo finale di portare sul mercato una soluzione concreta e scalabile per la nutrizione sostenibile delle colture.

In questo ambito occorre menzionare anche il progetto Micro4Life che, sotto la guida dell'Istituto CNR-IPSP di Torino, si propone di esplorare le potenzialità ancora sommerse del microbioma del suolo per proteggere due pilastri del settore agroalimentare italiano: la vite e il riso. Vincitrice del prestigioso bando «Dal suolo al campo» di Ager, l'iniziativa sfrutta un importante finanziamento per studiare come consorzi di microrganismi benefici, selezionati e testati in laboratorio, possano essere introdotti nei terreni agricoli per migliorare la resilienza delle piante. L'obiettivo dei ricercatori è quello di indurre le colture a «reclutare» naturalmente questi alleati invisibili, aumentando così la loro tolleranza agli stress climatici, preservando la fertilità del suolo e garantendo la qualità del raccolto. Questa ricerca multidisciplinare, che vede la collaborazione delle Università del Piemonte Orientale e di Sassari insieme al CREA di Conegliano Veneto, rappresenta una risposta concreta alle sfide poste dal cambiamento climatico, puntando a salvaguardare la sicurezza alimentare e la biodiversità in linea con le direttive europee del Green Deal.

Con il progetto SPRITZ, l'Istituto per la BioEconomia CNR-IBE e l'azienda Lifely introducono l'innovazione dell'agricoltura 4.0 in contesti produttivi tradizionali come le aziende agrituristiche sarde. Il cuore del progetto risiede nello sviluppo di una piattaforma tecnologica sensorizzata, progettata per ottimizzare l'uso delle risorse idriche ed energetiche attraverso l'Internet of Things (IoT). Grazie a una centralina di irrigazione intelligente capace di monitorare in tempo reale i consumi, le piccole imprese con limitate capacità di investimento possono razionalizzare i processi produttivi e ridurre i costi operativi, migliorando al contempo la propria competitività sul mercato. L'iniziativa non si limita al risparmio immediato, ma applica rigorosi studi di Life Cycle Assessment (LCA) per valutare l'intero ciclo di vita dei prodotti, trasformando gli agriturismi in modelli di sostenibilità esportabili e pronti alla transizione digitale e ambientale.

Con il progetto Celavie ("CEllule technologique de LA VIE"), la ricerca condotta dal CNR (Istituti IAS, IBBR e ISMed) insieme al consorzio CORERAS e partner tunisini, ha dato vita alla «Cellula della Vita»: un modulo tecnologico trasportabile che rappresenta una vera arca della sostenibilità. Si tratta di un sistema acquaponico a circuito chiuso di 18 metri quadrati, capace di integrare l'allevamento di specie acquatiche e la coltivazione verticale di ortaggi in un microclima autonomo e monitorato digitalmente. I risultati della sperimentazione, presentati a Palermo, sono straordinari: il sistema permette di ottenere fino a otto cicli produttivi l'anno con rese da 1,5 a 3 volte superiori rispetto al campo aperto, riducendo il consumo idrico di oltre il 90% e azzerando l'uso di fertilizzanti chimici e pesticidi.

Questa «capsula» produttiva, energeticamente autosufficiente grazie a fonti rinnovabili, non è solo una soluzione tecnologica all'avanguardia per contrastare l'inaridimento dei suoli nel Mediterraneo, ma un modello flessibile con profonde implicazioni socio-economiche. Grazie alla sua capacità di funzionare in

qualsiasi contesto ambientale e alla gestione remota dei parametri vitali, la Cellula può essere impiegata per garantire la sicurezza alimentare in zone isolate, campi profughi o aree colpite da emergenze umanitarie. Celavie dimostra così come l'unione tra biologia e ingegneria possa tracciare un nuovo paradigma agricolo: una produzione a impatto zero che tutela la biodiversità e risponde concretamente alla sfida di sfamare una popolazione mondiale in crescita senza esaurire le risorse del pianeta.

Con il progetto CLEOPATRA, la ricerca entra nella dimensione dell'infinitamente piccolo per rivoluzionare la nutrizione vegetale. L'iniziativa, finanziata dal bando PRIN 2022, esplora le potenzialità della nanoidrossiapatite ottenuta dal recupero di rifiuti organici, trasformando uno scarto in un «nanofertilizzante intelligente». A differenza dei concimi tradizionali, che spesso vengono dispersi nell'ambiente prima che la pianta possa assorbirli, questi nanoibridi sono progettati per rilasciare i nutrienti in modo mirato e controllato. Questo approccio non solo sposa i principi dell'economia circolare, riducendo la dipendenza dalle miniere di fosforo, ma permette anche di nutrire le colture con una precisione molecolare, minimizzando drasticamente gli sprechi e l'impatto chimico sui terreni.

Una delle sfide più ambiziose della ricerca attuale, approfondita dall'Istituto CNR-ISTP, riguarda il superamento del tradizionale processo Haber-Bosch per la produzione di fertilizzanti azotati. Sebbene fondamentale per nutrire metà della popolazione mondiale, questo metodo industriale è estremamente energivoro e responsabile di ingenti emissioni di gas serra. La soluzione del futuro potrebbe risiedere nel plasma freddo. Il plasma freddo agisce come un «fulmine controllato» che, operando a temperatura ambiente, riesce a spezzare i legami delle molecole di azoto presenti nell'aria senza bisogno di enormi pressioni o calore. Questa tecnologia permette di produrre specie reattive dell'azoto in modo estremamente mirato ed efficiente. Le ricadute pratiche di questa tecnologia aprono scenari rivoluzionari per la sostenibilità del comparto agricolo. In primo luogo, la possibilità di installare reattori a plasma direttamente nelle aziende agricole permette di generare fertilizzanti «a chilometro zero» alimentati da fonti rinnovabili, superando la dipendenza dai grandi e inquinanti impianti industriali. A questo si aggiunge l'impiego dell'acqua attivata dal plasma, che trasforma l'irrigazione in uno strumento a duplice azione: oltre a nutrire le colture, ne stimola le difese naturali, aumentandone la resilienza contro gli stress ambientali ed eliminando la necessità di pesticidi sintetici. Infine, il plasma si rivela un alleato prezioso nell'economia circolare poiché permette di stabilizzare e arricchire i liquami zootecnici, convertendo scarti organici potenzialmente inquinanti in concimi ibridi di elevata qualità, con il vantaggio simultaneo di abbattere le emissioni nocive nell'atmosfera. L'insieme di queste evidenze scientifiche dimostra con chiarezza che l'innovazione tecnologica di frontiera e il recupero delle migliori pratiche agro-ecologiche non costituiscono opzioni antitetiche, bensì i pilastri complementari di una nuova visione strategica. In questo scenario, il CNR si conferma nel suo ruolo cruciale di principale ente pubblico di ricerca al servizio del Sistema Paese: attraverso una missione che coniuga l'eccellenza scientifica con immediate ricadute economiche, l'Ente opera come un ponte strategico per trasferire soluzioni d'avanguardia dai laboratori direttamente al cuore del tessuto produttivo nazionale.

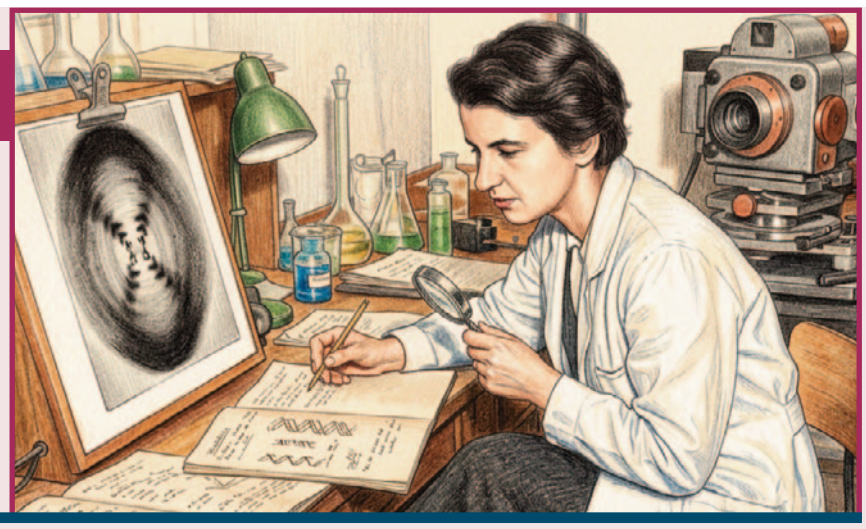
La ricerca d'eccellenza condotta dal CNR sta tracciando la rotta per coniugare le necessità produttive di una popolazione in crescita con la tutela imprescindibile del capitale naturale. Lo sviluppo di modelli di produzione decentralizzati, resilienti e ad alto valore aggiunto non rappresenta, infatti, solo un traguardo tecnico, ma una precisa scelta di indirizzo istituzionale volta a rafforzare la competitività delle nostre filiere su scala globale. Grazie a questo impegno, il progresso scientifico pubblico diventa il garante di un'agricoltura che si proietta nel futuro come motore di sviluppo economico e, al contempo, presidio fondamentale per la rigenerazione degli equilibri planetari.

IL VALORE DELLA RICERCA

DONNE NELLA SCIENZA

Rosalind Franklin, la donna che fotografò il segreto della vita

di **Liana Verzicco**



Sono passati solo pochi mesi dalla scomparsa di James Dewey Watson, biologo, genetista e zoologo statunitense che, insieme ai britannici Francis Crick e Maurice Wilkins, ricevette il premio Nobel per la medicina nel 1962 per la scoperta sulla struttura del DNA. Considerata una delle scoperte scientifiche più rilevanti del XX secolo, il modello della struttura a doppia elica del DNA ha permesso di capire come l'informazione genetica viene trasmessa e replicata, trasformando radicalmente la comprensione della vita e aprendo la strada all'ingegneria genetica, alla medicina molecolare e alle biotecnologie moderne. Oltre a sottolineare l'importanza della scoperta, l'occasione ha anche permesso di ricordare che l'eccezionale traguardo fu raggiunto grazie alle ricerche della chimica britannica **Rosalind Franklin**, di cui Watson, Crick e Wilkins utilizzarono lavori inediti, ma il cui contributo non venne riconosciuto pubblicamente per molti anni. Esperta di cristallografia a raggi X, la Franklin lavorava al King's College di Londra con Wilkins, con il quale aveva diversi contrasti per motivi professionali e personali. Nel 1952, insieme al suo specializzando Raymond Gosling, Franklin realizzò la celebre Fotografia 51 dopo aver esposto una fibra di DNA per circa 100 ore ad una fonte di raggi X. L'immagine mostrava chiaramente la struttura a X del DNA, fornendo la prova visiva definitiva che la molecola era una doppia elica. Prudente e rigorosa, Rosalind Franklin decise di conservarla in un cassetto della sua scrivania, in attesa di avere più dati sulla forma A del DNA, su cui intendeva continuare a lavorare, prima di poterla pubblicare. Maurice Wilkins, che non considerava Franklin come sua collega alla pari, mostrò la Fotografia 51 a Watson senza chiedere il suo consenso. Vedendo quella foto, Watson e Crick intuirono immediatamente la struttura corretta della molecola e grazie agli appunti inediti di Franklin ricevuti da Max Perutz, che aveva avuto accesso a dei dati sperimentali inediti di Rosalind Franklin, nell'aprile del 1953 pubblicarono il loro modello a doppia elica del DNA sulla rivista Nature, senza menzionare mai il lavoro della Franklin, nemmeno tra le referenze. Nello stesso numero comparve anche un articolo di Franklin e Gosling, contenente dati quantitativi e misure precise della struttura del DNA. Tuttavia, esso venne percepito più come una conferma del modello proposto dai colleghi che come la fonte originale della scoperta. Franklin morì prematuramente di cancro alle ovaie nel 1958, a soli 37 anni, forse anche a causa dell'esposizione prolungata ai raggi X durante le sue ricerche.

Quando Watson, Crick e Wilkins ricevettero il Premio Nobel nel 1962, Rosalind Franklin non poté essere inclusa, poiché il regolamento del premio non prevede assegnazioni postume. Il suo contributo fu così ignorato sia dalla commissione sia dai premiati. Watson, noto per il suo carattere controverso, riconobbe parzialmente il ruolo di Franklin solo nel 1968 nel libro *La doppia elica*, ma lo fece in termini poco lusinghieri, alimentando una percezione distorta della sua importanza. Nel libro la descriveva come introversa, irascibile, ostinata e poco femminile ("sarebbe potuta essere interessante se si fosse tolta gli occhiali e avesse fatto qualcosa ai suoi capelli"), sostenendo che Franklin non avesse compreso pienamente il significato dei suoi dati. Oggi sappiamo invece che Franklin, sulla base di misurazioni precise, aveva identificato chiaramente la forma B del DNA ed era probabilmente molto vicina alla corretta interpretazione della molecola. Il contributo di Franklin fu pienamente riconosciuto solo molti anni dopo, tra gli anni '80 e '90, quando storici della scienza e biografi iniziarono a esaminare documenti, lettere e quaderni di laboratorio per ricostruire la vera storia della scoperta del DNA. Questa revisione evidenziò non solo la forte competizione tra i centri di ricerca, ma anche le difficoltà di collaborazione causate dai pregiudizi di genere.

Nel 1998, a quarant'anni dalla sua morte, la comunità scientifica la riconobbe finalmente come co-scopritrice della struttura del DNA, esponendo una sua fotografia nella National Portrait Gallery di Londra accanto a quella dei colleghi vincitori del Nobel. Due anni dopo, nel 2000, il King's College le rese omaggio intitolando a Franklin una nuova ala, il "Franklin-Wilkins Building". Anche se tardivo, questo riconoscimento consacrò Rosalind Franklin come simbolo di determinazione, rigore scientifico e del ruolo fondamentale delle donne nella scienza.



Disegno realizzato
da un'alunna della classe 3C
Scuola secondaria di I grado
Istituto Comprensivo
Piersanti Mattarella

HO VISTO COSE... Rubrica di Scienza e Fantascienza

Il salto quantico

di **Valentina Tozzini**

Il 2025 è stato ufficialmente l'anno delle Scienze e Tecnologie Quantistiche. La meccanica quantistica è una delle teorie di maggior successo, ma solo dopo un secolo dalla sua fondazione si parla di "rivoluzione quantistica"; è ricca di apparenti paradossi, eppure non tra i temi più battuti in sci-fi (SF). Queste contraddizioni si spiegano col metodo dell'investigatore olistico Dirk Gently di Douglas Adams basato sulla "fondamentale interconnessione di tutte le cose".

È difficile trovare un aspetto della nostra vita che non dipenda dalla meccanica quantistica (MQ). Tutta l'elettronica, le nuove lampadine a basso consumo, ma anche le vetuste a incandescenza funzionano secondo le sue leggi, che spiegano anche la stabilità della materia, e la biochimica che ci rende vivi e senzienti. Questi aspetti macroscopici li percepiamo come ordinari, mentre rendere fruibili per il lettore SF i fondamenti della teoria e i comportamenti microscopici della materia, spesso frustranti anche per i fisici, è un compito arduo. Alla base, c'è la dualità tra onda e particella: le particelle sono *delocalizzate,* descritte da *onde* di probabilità, capaci coesistere in stati diversi, seguire traiettorie multiple, ed eventualmente attraversare barriere (*effetto tunnel*). Per contro le onde hanno anche comportamenti particellari: fu proprio Einstein – esempio eminente di fisico frustrato dalla MQ – a mostrarlo, svelando i *fotoni*, particelle di luce senza massa in grado di colpirne e deviarne altre come bocce in un biliardo. Le natura duale poi domina l'effetto quantistico per antonomasia, l'*entanglement*, che, legando le *particelle* in una unica *onda*, assegna loro un destino comune: cambiare lo stato di una modifica istantaneamente l'altra.

Riportare questi aspetti nel mondo macroscopico dà accesso ad un prezioso serbatoio di spunti fantascientifici. Nelle esilaranti investigazioni di Dirk Gently, oltre a gatti scomparsi/vivi/morti, troviamo divani inspiegabilmente incastrati in corridoi e cavalli che si abbeverano in angusti gabinetti, mentre negli scenari *hard-SF* la tecnologia del teletrasporto consente agli esploratori spaziali di scendere su pianeti alieni, sprezzanti del rischio dovuto all'incertezza probabilistica. Il teletrasporto quantistico è una realtà da diversi decenni, ma solo per i fotoni, il che ci pone per ora al sicuro dal pericolo che ci spuntino le antenne per via di insetti accidentalmente teletrasportati con noi, o di ritrovarci duplicati/delocalizzati indefinitamente nell'etere. In SF è anche ricorrente il concetto di *salto quantico* attraverso cunicoli spaziotemporali (*wormhole*) che, collegando distanze intergalattiche, permette la colonizzazione dell'Universo, e, essendo anche un viaggio nel tempo, la soluzione di misteri ancestrali (tipo l'origine della vita), o la correzione di errori nefasti per il genere umano. Ma mentre l'idea è comparsa sui grandi schermi da molti decenni, e sui piccoli schermi la prima serie *Quantum Leap* è degli anni '90, la relazione tra MQ e *wormhole* è stata ipotizzata solo nel 2013 con la congettura che loro versioni microscopiche colleghino particelle in *entanglement.* La ricerca intorno a questi temi si colloca nell'area di confine tra meccanica quantistica e relatività generale, una delle grandi frontiere della fisica contemporanea.

Tornando sulla Terra, l'aspetto probabilistico della MQ contrasta con la nostra percezione di una realtà solidamente definita, indicando che le caratteristiche quantistiche si perdano nel passaggio tra microscopico e macroscopico. Questo fenomeno è attribuito all'interazione con lo strumento di misura (o con l'osservatore stesso) e al conseguente *collasso della funzione d'onda,* cioè la sopravvivenza di una sola delle infinite possibilità in essa contenute. La natura del processo è un punto ancora aperto ed ha generato alcune interpretazioni alternative, tra cui quella dei *molti mondi,* in cui tutte le possibilità coesistono, e il processo di misura crea biforcazioni tra di esse. C'è un intero filone della SF contemporanea, che esplora questi concetti, incluso il ruolo privilegiato che la percezione cosciente sembra assumere. Così, la continua osservazione operata dagli esseri umani viene da alcuni descritta come una progressiva depauperante "potatura" della funzione d'onda universale, mentre soggetti particolarmente dotati (o tecnologicamente potenziati) cercano di controllare il processo, oppure sono in grado di spostarsi tra i *multiversi* (e – ovvio – attraverso i muri), magari mantenendo la percezione contemporanea di tutti i possibili presenti, passati e futuri, che conferisce poteri immensi, usati poi per il bene o per il male. Altri hanno interpretato l'idea in chiave psicologica e mistica, esplorando ad esempio i confini di uno stato sovrapposto tra vita e non vita.

La SF, quindi, generalmente utilizza la MQ declinando i suoi sconcertanti comportamenti microscopici in chiave macroscopica. E, di nuovo, in questo ha anticipato la realtà: il Nobel per la Fisica del 2025 è stato assegnato per *l'effetto tunnel quantistico macroscopico*, accomunabile ad un altro più recente risultato, la dimostrazione della sovrapposizione quantistica di un agglomerato di circa 7000 atomi, che si può considerare il più grasso gatto di Schrödinger finora realizzato, non proprio vivo/morto, ma bi-localizzato tra due stati spazialmente separati.

Tutt'altro che un premio simbolico assegnato ad un secolo dalla fondazione della teoria, questo Nobel sottintende implicazioni tecnologicamente importanti, testimoniate dall'aumento del numero di pubblicazioni scientifiche nei settori connessi (vedere grafica). Ad esempio, l'estensione del numero di bit quantistici in *entanglement* e dei tempi della loro coerenza a livelli macroscopici è ciò che serve per rendere utili i computer quantistici per l'uso pratico, e c'è ottimismo sul fatto che ciò potrebbe verificarsi a breve, tanto da spingere i colossi del settore ad enormi investimenti. Chi primo arriverà, avrà un vantaggio incalcolabile, anche perché campi strettamente collegati sono la crittografia e comunicazione quantistica, più veloci e sicure delle loro controparti classiche. L'Italia è all'avanguardia nella ricerca di base, avendo dimostrato la prima trasmissione di chiavi quantistiche già nei primi 2000, mentre il record di distanza della trasmissione è del 2025 tra Cina e Sudafrica.

Un altro campo in forte sviluppo è la sensoristica quantistica, mirata a rilevare variazioni estremamente piccole di grandezze varie, con importanti ricadute in campo medico e ambientale, oltre che in fisica delle particelle e cosmologia, dove sono necessari rivelatori a sensibilità elevatissima per particelle elusive come i presunti componenti della materia oscura o i neutrini del fondo cosmico che contengono la fotografia dell'universo un secondo dopo il big bang. Nella stessa classe rientrano gli orologi atomici, di primaria importanza poiché la misurazione accurata del tempo influenza un grandissimo numero di tecnologie, ad esempio quelle satellitari.

Dunque, questo *salto quantico* a cui stiamo assistendo consiste nell'abilitare tecnologie nuove e dirompenti macroscopicizzando la meccanica quantistica. Ma altrettanto profondamente rivoluzionario è il fatto che il calcolo quantistico potrebbe essere la chiave per la soluzione di problemi non solubili in tempi umani o non solubili *tout court* con computer classici, se è vero, come osservò Feynman, che la natura è quantistica e quindi è necessario un computer quantistico per simularla.

E forse prima o poi chiuderemo il cerchio realizzando una simulazione dell'intero Universo inclusi gli esseri che lo esplorano... O magari qualche avanzatissima intelligenza multidimensionale l'ha già realizzata, e noi ne facciamo parte? Questo spiegherebbe tra l'altro la *fondamentale interconnessione di tutte le cose* che Dirk Gently usa per risolvere i suoi surreali casi.



L'istogramma riporta il numero di pubblicazioni comparse negli anni. Ricerca effettuata con le parole chiave indicate nel database Web of Science.

IL VALORE DELLA RICERCA

ATTUALITÀ ... SCIENZA E TECNICA

L'intelligenza in un granello di polvere: la rivoluzione dei robot invisibili

di **Guido Saccone** e **Natale Rispoli**

Nel campo della robotica, la frontiera dell'infinitamente piccolo ha rappresentato per decenni una sfida invalicabile. Sebbene la fantascienza ci abbia abituati all'idea di macchine praticamente invisibili ad occhio nudo e capaci di riparare tessuti umani o bonificare ambienti, la realtà tecnologica si era finora sempre scontrata con un limite fisico che sembrava insuperabile: la difficoltà di integrare, in dimensioni inferiori al millimetro, non solo il movimento, ma anche l'energia e la capacità di calcolo. Oggi, una doppia ricerca* coordinata dalla University of Pennsylvania e guidata dal gruppo di Marc Miskin, pubblicata sulla copertina di *Science Robotics* e su *PNAS*, annuncia il travalicamento di questa barriera. Per la prima volta, sono stati realizzati robot microscopici completamente autonomi, dotati di sensori e computer integrati.

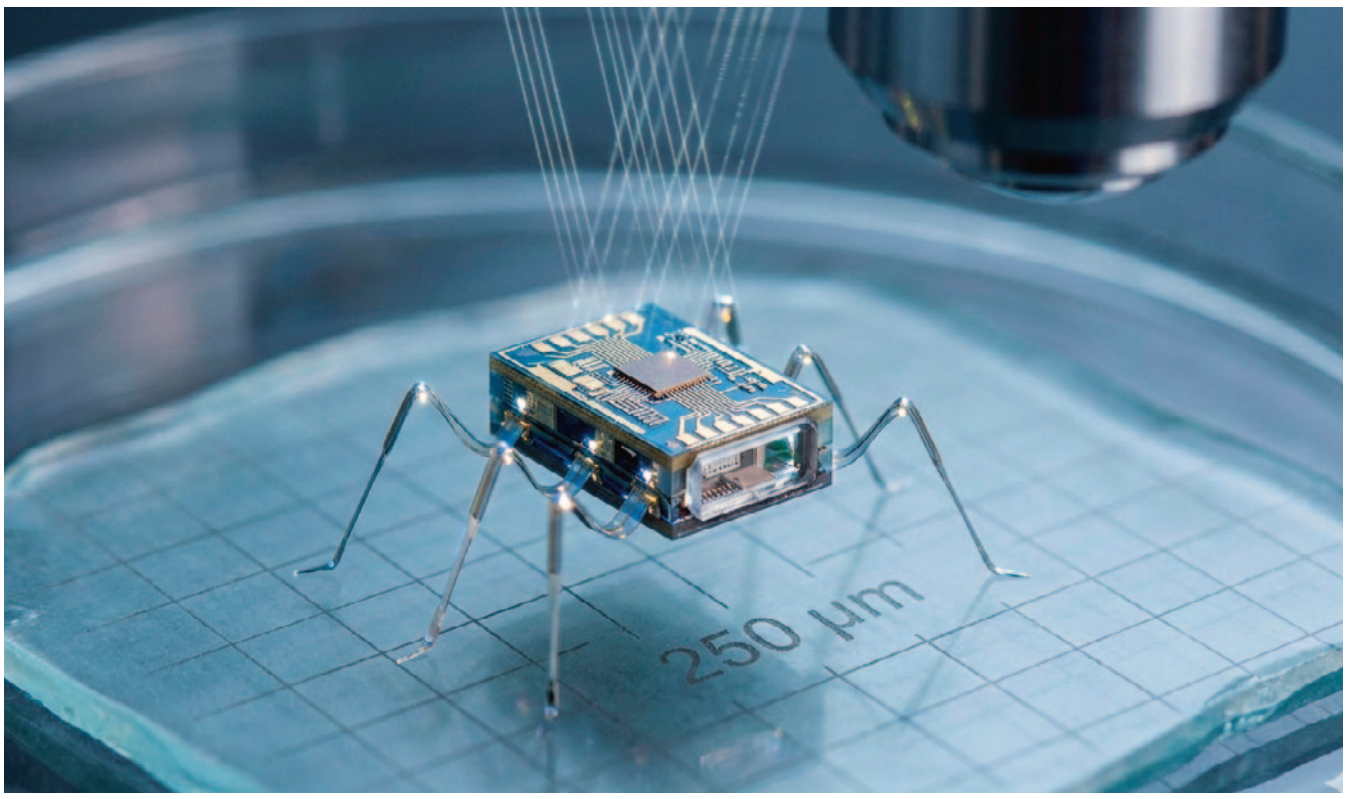
Fino a ieri, i più piccoli robot esistenti necessitavano di cavi o impulsi esterni per ricevere energia e istruzioni. Il team di Miskin ha, invece, ridotto il volume complessivo delle macchine di ben 10.000 volte rispetto ai predecessori, utilizzando le tecniche di litografia impiegate per la produzione dei transistor.

Il risultato è un prodigio di ingegneria: un microrobot largo appena 250 micrometri, appena percepibile a occhio nudo, che integra al suo interno un'intera architettura informatica. Inoltre, queste macchine non sono semplici automi passivi ma possiedono un minuscolo calcolatore e sensori che permettono loro di percepire l'ambiente circostante.

L'efficienza energetica è l'altro pilastro di questa scoperta. I microrobot operano con una potenza di appena 100 nanoWatt, un consumo infinitesimale che consente loro di muoversi e reagire agli stimoli. La programmazione avviene tramite impulsi luminosi, e i test hanno già dimostrato capacità sorprendenti: i robot sono in grado di rilevare variazioni termiche e dirigersi autonomamente verso fonti di calore.

Le implicazioni per il futuro sono vaste e strategiche. In ambito medico, si apre la strada alla cosiddetta «*medicina di precisione estrema*»: sciami di microrobot potrebbero essere iniettati nell'organismo per trasportare farmaci direttamente sulle cellule bersaglio, riducendo gli effetti collaterali e aumentando l'efficacia delle terapie. Sul fronte ambientale, queste macchine potrebbero agire come sentinelle intelligenti, monitorando costantemente la presenza di inquinanti in ecosistemi fragili o inaccessibili.

Iniziative di questa portata confermano quanto il progresso tecnologico sia dipendente dalla capacità degli enti di ricerca di operare su scale multidisciplinari. Sebbene questo studio provenga da contesti internazionali, esso traccia una rotta che vede nella miniaturizzazione e nell'autonomia dei sistemi il futuro della competitività industriale anche per il nostro Paese.



*https://doi.org/10.1073/pnas.2500526122
*https://doi.org/10.1126/scirobotics.adu8009

BIBLIOTECA ANALYSIS



N. 1 - Dicembre 2025



POLITICA DELLA RICERCA

AGGIORNAMENTI
...di politica e normativa della ricerca

APPROFONDIMENTO
Pre-ruolo: il (falso) dilemma fra garanzie...

ITALIA(NI) NEL MONDO E VICE-VERSA
Oltre 87 milioni di euro...

L'ITALIA CHE INVESTE
Cittadini per la ricerca

IL VALORE DELLA RICERCA

SI', NO, PERCHÉ
IA generativa nella didattica

ATTUALITÀ ... SCIENZA E TECNICA
CRESCO8: l'avveniristico supercomputer ENEA

HO VISTO COSE... Rubrica di Scienza e Fantascienza
Le IA progettano proteine sintetiche?

DONNE NELLA SCIENZA
Il talento non ha genere

VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE CULTURALE

ALTRO CHE COFFEE BREAK
Primo convegno dell'ISIN

ENTI DI RICERCA ITALIANI: DAL SEME AL FRUTTO
PET, ciclotroni e ricerca biomedica...

ENTI DI RICERCA
Com'è e come cambia la figura..

PERFORMANCE E RICERCA NEGLI EPR
Criticità e proposte...

I contenuti degli articoli di Analysis sono responsabilità dei relativi autori e non riflettono necessariamente le posizioni del Direttore e del Comitato di Redazione in toto.
Alcune immagini sono state create con il supporto di programmi di intelligenza artificiale.

Analysis

Direttore Responsabile
Patricia Iozzo
direttore@analysis-online.net

Comitato di Redazione
Vincenzo Antonuccio-Delogu, Giovanni Gullà, Domenica Masci, Cristina Mazzotta, Stefano Morara, Renata Palma, Natale Rispoli, Guido Saccone, Valentina Tozzini, Liana Verzicco, Chiara Vicini

Collaboratori
Roberto Palaia, Maria Libera Battagliere

Progetto grafico e impaginazione
Fabrizio Cristiani

Stampa
Eurolit s.r.l.
Via Bitetto, 39 - 00133 Roma - www.eurolit.it

Direzione, Redazione ed Amministrazione
ANPRI - Via Tortona 16 - 00183 Roma

Registrazione:
Tribunale di Roma,
Sezione stampa, n. 106/2025,
decreto 16/10/2025