

CNR-IRCrES Working Paper

La ricerca in Nanotecnologie e Nanoscienze in Italia: spesa del settore pubblico e aree tematiche prevalenti



11/2020

Ugo Finardi

Andrea Orazio Spinello

Direttore Emanuela Reale

Direzione CNR-IRCrES
Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile
Via Real Collegio 30, 10024 Moncalieri (Torino), Italy
Tel. +39 011 6824911 / Fax +39 011 6824966
segreteria@ircres.cnr.it
www.ircres.cnr.it

Sede di Roma Via dei Taurini 19, 00185 Roma, Italy
Tel. +39 06 49937809 / Fax +39 06 49937808

Sede di Milano Via Corti, 12, 20121 Milano, Italy
Tel. +39 02 23699501 / Fax +39 02 23699530

Sede di Genova Università di Genova Via Balbi, 6 - 16126 Genova
Tel. +39 010 2465459 / Fax +39 010 2099826

Comitato Redazione

Emanuela Reale, Giuseppe Giulio Calabrese, Grazia Biorci, Igor Benati, Antonella Emina, Serena Fabrizio, Lucio Morettini, Susanna Paleari, Anna Perin, Secondo Rolfo, Isabella Maria Zoppi.



redazione@ircres.cnr.it



www.ircres.cnr.it/index.php/it/produzione-scientifica/pubblicazioni

The Working Papers published by CNR-IRCrES represent the views of the respective author(s) and not of the Institute as a whole.

CNR-IRCrES Working Paper 11/2020



novembre 2020 by CNR-IRCrES

La ricerca in Nanotecnologie e Nanoscienze in Italia: spesa del settore pubblico e aree tematiche prevalenti

Nanotechnologies and Nanosciences research in Italy: public-sector expenditure and prevailing subject areas

UGO FINARDI^a, ANDREA ORAZIO SPINELLO^b

^a CNR-IRCrES, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile, via Real Collegio 30, Moncalieri (TO) – Italia

^b CNR-IRCrES, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile, via dei Taurini 19, Roma – Italia

corresponding author: andrea.spinello@ircres.cnr.it

ABSTRACT

Nanotechnologies and Nanosciences (NST) have become more and more relevant in the field of hard and applied sciences, and topics of interest for social sciences. Regarding the latter field, only a limited number of contributions have been dedicated to the national-level analysis of NST research in Italy, and little attention has been paid to presenting a systemic view of public expenditure and providing information on the research trends. The purpose of this contribution is therefore to offer an initial representation of the state of public research on NST in Italy in view of future studies that need to be addressed on topics related to Italian NST research. Italian data from official statistics on public sector expenditure in NST research are examined and, afterwards, characteristics and trends of this sector are studied through a bibliometric analysis performed on the publications of the Italian largest public research organization, the CNR, National Research Council of Italy. Results show that Italy devotes a non-marginal share of public research funding to the nanotechnology sector. As for the trends of the various NST scientific areas within the CNR, the interests of research have slowly changed, showing a progressive decrease of the topics related to the physical sciences and a simultaneous growing preference for the chemical sciences and, above all, the materials science.

KEYWORDS: nanotechnologies; nanosciences; research; public expenditure; CNR.

JEL CODES: O32, O38, Q55

DOI: 10.23760/2421-7158.2020.011

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Finardi, U., & Spinello, A.O. (2020). *La ricerca in Nanotecnologie e Nanoscienze in Italia: spesa del settore pubblico e aree tematiche prevalenti* (CNR-IRCrES Working Paper 11/2020). Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile. Disponibile da <http://dx.doi.org/10.23760/2421-7158.2020.011>

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	CARATTERI GENERALI DELLE NST, INIZIATIVE PUBBLICHE, STUDI SUL CASO ITALIANO	3
3.	LA SPESA IN RICERCA SU NANOTECNOLOGIE NEL SETTORE PUBBLICO	5
4.	IL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE E LA RICERCA NST	7
5.	CONCLUSIONI E SPUNTI PER ULTERIORI PERCORSI DI RICERCA	13
6.	BIBLIOGRAFIA	15

1. INTRODUZIONE

Le Nanotecnologie e le Nanoscienze (NST) si sono affermate negli ultimi decenni come uno dei settori di ricerca maggiormente promettenti in termini di possibilità di sviluppo scientifico e tecnologico. In particolare, le nanotecnologie sono state riconosciute dalla Commissione Europea come una delle *Key Enabling Technologies* (KETs)¹ nell'ambito del programma Horizon 2020; il loro potenziamento è infatti considerato un'importante leva per lo stimolo alla competitività di un Paese e, più in generale, ritenuto fondamentale per lo sviluppo e la promozione di processi innovativi. La ricerca in questo campo è dunque da considerarsi di rilevanza strategica e sistemica per la crescita economica e precondizione per il miglioramento dei servizi esistenti, o per la creazione di nuovi, che siano in grado di sostenere il benessere, la prosperità e la sicurezza dei cittadini (European Commission, 2009).

Come verrà mostrato nella sezione seguente, la ricerca scientifica in ambito economico e sociale non ha, allo stato attuale, affrontato analisi a livello nazionale italiano sulle NST in grado di restituire una visione di sistema degli investimenti e delle caratteristiche della ricerca in questo specifico campo. Scopo del presente contributo è dunque quello di effettuare una prima rappresentazione dello stato della ricerca su NST in Italia nel settore pubblico in vista di approfondimenti successivi che gli autori intendono affrontare nei termini di una riflessione di più ampio spettro sulle politiche di Ricerca e Sviluppo (R&S) inerenti alle NST, sull'industrializzazione delle stesse e sul rapporto tra finanziamento nella ricerca pubblica e quella privata.

In questo lavoro, dopo una breve introduzione ai caratteri generali delle NST e una breve rassegna degli studi sulle attività NST italiane, verranno dapprima presentati i dati disponibili da statistiche ufficiali sulla spesa indirizzata alla ricerca nel settore delle nanotecnologie nel settore pubblico e, a seguire, saranno approfonditi, attraverso un'analisi bibliometrica, le caratteristiche e i *trend*, in termini di preferenze di aree tematiche NST nell'ambito più grande Ente di ricerca pubblico nazionale, il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), scelto come caso di studio anche in virtù della presenza di ben quattro Istituti di ricerca dedicati esplicitamente alle NST; infine, l'ultima parte del lavoro sarà dedicata alle conclusioni dell'analisi e presenterà alcuni spunti per sviluppi di approfondimento che potranno essere affrontati a partire dalle evidenze presentate in questo contributo.

2. CARATTERI GENERALI DELLE NST, INIZIATIVE PUBBLICHE, STUDI SUL CASO ITALIANO

Le NST hanno imposto da alcuni decenni la propria rilevanza nell'ambito delle scienze esatte e applicate, e sono diventate d'interesse anche nel campo delle scienze sociali. I temi studiati in questo ambito sono numerosi: a titolo di esempio, citiamo le ricadute economiche derivanti dall'industrializzazione delle NST, gli studi bibliometrici e scientometrici della produzione

¹ Le *KETs* – *Key Enabling Technologies*, o Tecnologie Abilitanti sono quel gruppo di tecnologie, caratterizzate da alta intensità di conoscenza, rapidi cicli di innovazione e posti di lavoro altamente qualificati, che l'Unione Europea intende sviluppare per accrescere la competitività a livello dei singoli Stati membri; oltre alle nanotecnologie, tra le KETs si annoverano fotonica, materiali avanzati, biotecnologie, microelettronica, nanoelettronica e sistemi di fabbricazione avanzati.

scientifico NST e le ricadute sociali e l'accettazione delle NST da parte della pubblica opinione. Questo ultimo argomento merita particolare attenzione in quanto una corretta comprensione sociale della natura delle NST e delle possibilità che esse offrono può concorrere ad aprire la strada a un loro maggiore sviluppo. La conoscenza delle NST da parte dell'opinione pubblica è tuttavia ancora incompleta. Infatti, come hanno mostrato i risultati di una ricerca condotta da Caputo et al. (2009), i caratteri associati a nanotecnologia e nanoscienza sono poco noti ai non addetti ai lavori e tantomeno lo è la definizione scientifica.

Le NST nascono dall'incontro tra scienze chimiche, fisiche, biologiche ed ingegneristiche attorno ad un comune denominatore: lo studio dello sfruttamento delle caratteristiche peculiari assunte dalla materia quando viene ridotta a dimensioni al di sotto dei 100 milionesimi di millimetro (Balzani, 2005). L'idea di esplorare le peculiarità della materia in questo ambito dimensionale nasce nel 1959 da un'intuizione del Premio Nobel per la fisica Richard R. Feynman (1960). I primi passi dal punto di vista delle attività di ricerca scientifica e tecnologica vengono effettuati a partire dagli anni '80 del secolo scorso, con la nascita di ritrovati tecnologici quali il microscopio STM prima e AFM dopo, e la scoperta di materiali quali i *quantum dots*, il Buckminsterfullerene e i nanotubi di carbonio (Kroto et al., 1985; Iijima, 1992). Più recente è il Premio Nobel assegnato per gli studi relativi al grafene (Novoselov, Jiang, et al., 2005; Novoselov, Geim, et al. 2005).

Il sito web della "National Nanotechnology Initiative", un'importante iniziativa di Ricerca e Sviluppo approvata dal governo federale statunitense, riporta un'efficace definizione riguardo le NST: "La nanotecnologia è la comprensione e il controllo della materia alla nanoscala, alle dimensioni approssimative tra 1 e 100 nanometri, dove fenomeni unici permettono nuove applicazioni. [...] La nanoscienza e la nanotecnologia sono lo studio e l'applicazione di oggetti estremamente piccoli, e possono venir utilizzate attraverso tutti gli altri settori scientifici"².

In conseguenza del ruolo multisettoriale e strategico che le NST possono avere per la crescita economica, alcuni Paesi hanno intrapreso, già da qualche tempo, importanti attività di promozione della ricerca pubblica. Tra le più conosciute, è possibile annoverare quella degli Stati Uniti, dove la sopraccitata "National Nanotechnology Initiative", ha riunito le attività legate alle NST di 20 dipartimenti ed agenzie indipendenti³. Un altro esempio è costituito dal governo francese che ha preferito concentrare gran parte delle attività NST in un unico polo – il MINATEC di Grenoble – attivo dagli anni 2000, un centro capace di unire attività di ricerca scientifica e tecnologica ad insegnamento superiore, trasferimento tecnologico e produzione industriale. Rispetto ad altri Paesi, l'Italia non ha intrapreso iniziative pubbliche di ampio raggio aventi lo scopo di promuovere la ricerca e l'innovazione nell'ambito delle NST. Esempi come quello del Distretto Veneto Nanotech, creato nel 2003 e posto in liquidazione nel 2016, mostrano come esistano ancora in Italia difficoltà nell'industrializzazione ad alta intensità tecnologica. Nonostante ciò, come sarà mostrato più avanti, la ricerca NST in Italia ha avuto, e continua ad avere, una certa rilevanza: nonostante la generale e cronica carenza di finanziamenti della ricerca italiana (Fabrizio et al., 2017), l'indirizzo di spesa verso le NST appare discretamente sostenuto e l'attività di ricerca può contare su una certa vitalità, in particolare nell'ambito di Istituti verso essa fortemente specializzati.

La letteratura scientifica che ha approfondito specifici temi legati alla ricerca scientifica e tecnologica, all'innovazione e all'industrializzazione delle NST in Italia, o semplicemente che ne abbia rappresentato lo stato dell'arte in termini più generali, appare piuttosto limitata. La pubblicazione meno recente è lo studio di Escoffier (2007), il quale ha passato in rassegna le attività NST esistenti in Italia alla metà degli anni 2000, quando il Paese era uno degli attori più attivi in questo campo, con un notevole coinvolgimento degli enti pubblici rispetto a quelli privati. Le NST sono entrate assieme alle altre tecnologie NBIC⁴ nello studio di Arnaldi (2008) che ha presentato un'analisi delle opinioni espresse su di esse dalla stampa italiana; lo stesso autore ha

² Si veda la pagina web <https://www.nano.gov/nanotech-101/what> e le sue sottopagine (sito visitato ad Aprile 2020).

³ Si veda a questo proposito il sito internet <https://www.nano.gov/> (link visitato ad Agosto 2020).

⁴ Le tecnologie NBIC – *Nanotechnology, Biotechnology, Information technology, Cognitive science* – sono considerate tra le più importanti tecnologie emergenti.

poi pubblicato due lavori più recenti che studiano le NST (Arnaldi, 2014; 2017): mentre nel primo vengono analizzate le storie di alcuni scienziati italiani attivi in questo campo, mettendo in rilievo la capacità di mediare tra attese internazionali e attività nazionali, nel secondo vengono analizzate le normative nazionali in merito alle NST, esplorando opinioni di scienziati e di manager privati. Baglieri, Cinici, e Mangematin (2012) hanno sviluppato il confronto tra due specifici cluster NST: quello siciliano di Catania e quello francese di Grenoble. Anche Calignano e Quarta (2015) studiano le relazioni tra Italia e Paesi europei in ambito NST utilizzando i dati dei Programmi Quadro Europei (FP6 e FP7), mostrando un contributo delle NST al consolidamento del “triangolo industriale” del Nord Italia. In ambito regionale il sistema della ricerca NST in Piemonte è quello su chi esiste il maggior numero di studi, prima ad opera di Finardi e Vitali (2009), e poi di Finardi (2018a; 2018b; 2018c; 2019a; 2019b; 2019c) che ha realizzato una analisi più aggiornata, ponendo attenzione sia alla ricerca pubblica e privata sia all’industrializzazione.

In definitiva, è facile vedere come manchi ancora un’analisi aggiornata a livello italiano dello *status quo* delle NST in ambito scientifico e industriale. Il presente lavoro vuole essere un primo passo in questa direzione, avente anche lo scopo di stimolare future ricerche in questo ambito.

3. LA SPESA IN RICERCA SU NANOTECNOLOGIE NEL SETTORE PUBBLICO

La possibilità di effettuare un efficace monitoraggio sulla spesa in ricerca destinata alle NST è strettamente legata all’ottenimento di metriche basate su metodologie consolidate che consentano di effettuare comparazioni internazionali. Ad oggi, tuttavia, le agenzie statistiche nazionali, col coordinamento dell’Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE), sono ancora nel pieno della sfida per la produzione di dati armonizzati e confrontabili⁵. In generale, non sono numerosi gli indicatori rilasciati a questo riguardo: i più rilevanti informano sul numero di imprese attive nella R&S in nanotecnologie e sulla relativa spesa stanziata nel settore privato e in quello pubblico. In particolare, proprio quest’ultimo dato non risulta disponibile per tutti i Paesi OCSE e presenta limitate possibilità di comparazione. Paradigmatico è il caso del dato italiano, raccolto attraverso un apposito modulo tematico presente nella “Rilevazione sulla R&S nelle istituzioni pubbliche”, riferibile al solo settore *Government*⁶, e non comprendente la quota di spesa delle Università⁷, circostanza che rende possibile la comparazione tra i Paesi OCSE con la sola Germania.

La spesa per la ricerca nel settore delle nanotecnologie nelle istituzioni pubbliche italiane si è attestata, nel periodo dal 2010 al 2017, su una media di circa 150 milioni di euro l’anno, con un picco nel 2015 quando ha sfiorato i 190, seguito da un repentino calo nell’anno successivo quando è scesa a circa 130; nell’ultimo anno disponibile si è registrata una ripresa, con un valore di poco superiore ai 160 milioni. Nell’intero periodo di riferimento, la media della medesima tipologia di spesa in Germania si è attestata su un valore di circa 58 milioni superiore a quello italiano, con un massimo annuale, raggiunto nel 2017, di circa 260 milioni. Nonostante una spesa praticamente allineata nel biennio 2013-2014, nel triennio successivo, la spesa dell’Italia, è stata in media inferiore di circa un terzo rispetto a quella tedesca (Figura 1).

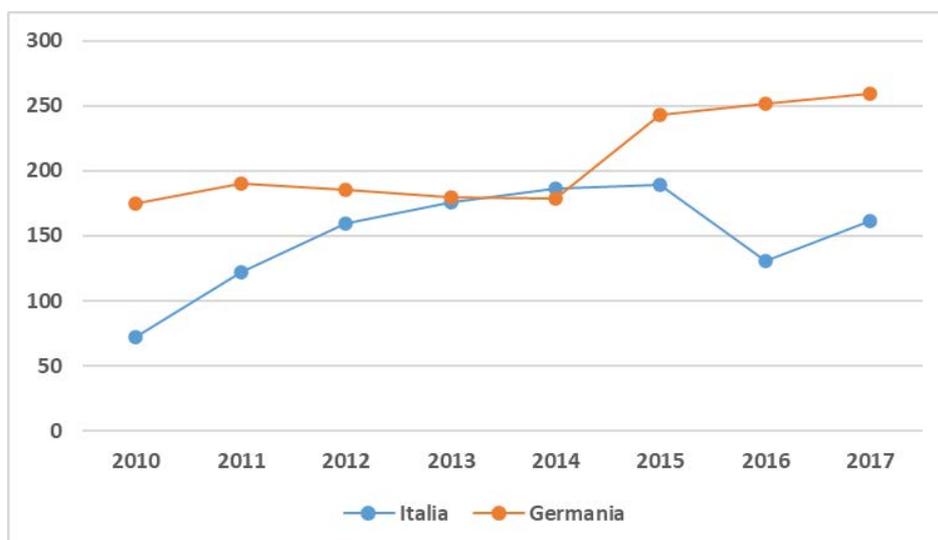
Al fine di avere migliore contezza del livello di spesa italiano, è tuttavia opportuno rapportarlo al totale della spesa nazionale per R&S del settore pubblico.

⁵ Alcuni riferimenti sull’impegno OCSE nella produzione di indicatori-chiave armonizzati relativi al settore delle nanotecnologie sono OECD (2014) e Friedrichs e Beuzekom (2018).

⁶ Cfr. <https://www.oecd.org/science/sci-tech/Methodology-Nano-2019.xlsx> (link visitato ad agosto 2020)

⁷ Le Università pubbliche sono escluse dall’Indagine ISTAT “Rilevazione sulle attività di R&S nelle istituzioni pubbliche”, sebbene esse siano incluse nella lista S13 comprendente le unità istituzionali appartenenti al settore delle amministrazioni pubbliche, in quanto oggetto di una specifica attività di stima basata su dati forniti dal Ministero dell’Università e della Ricerca. Non è dunque attualmente disponibile a livello italiano un dato di approfondimento relativo alla spesa in ricerca nanotecnologica da parte delle Università pubbliche.

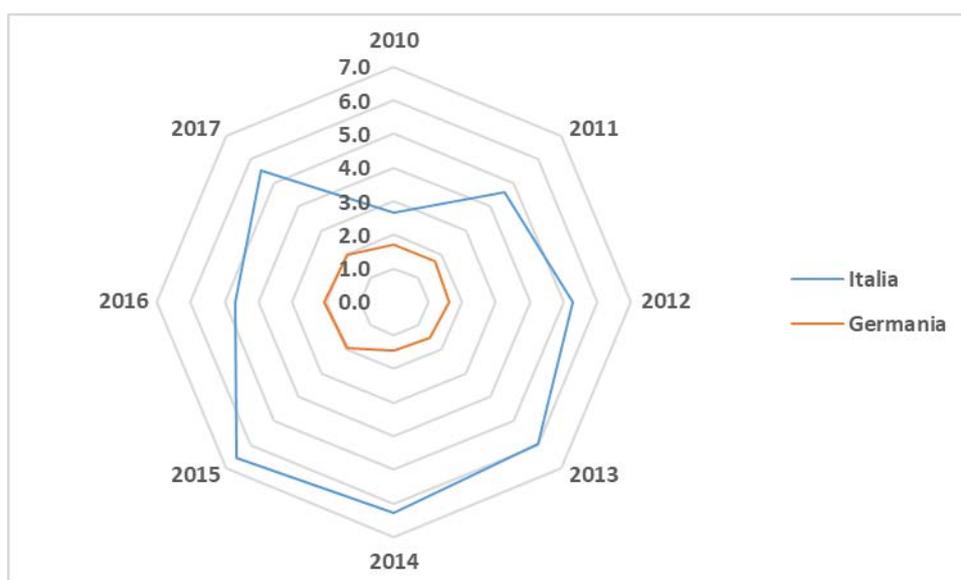
Figura 1. Spesa in Ricerca e Sviluppo nel settore delle nanotecnologie da parte delle istituzioni pubbliche, escluse le Università, in Italia e Germania, periodo 2010-2017



Fonte: OECD Key Nanotech Indicators, elaborazione degli autori. Unità: milioni di euro.

Quantificando la frazione di spesa pubblica in ricerca nel solo settore nanotecnologico sulla spesa complessiva per R&S del settore pubblico, si scopre che l'Italia (che – si ricorda nuovamente – non include nella propria rilevazione la quota relativa alle Università), occupa il secondo posto tra i Paesi OCSE per cui è disponibile il dato, con una percentuale nel 2017 pari al 5,5%. Infatti, escluso il Belgio che registra l'11,5%, Paesi come Corea del Sud (4,3%), Giappone (1,6%) e Germania (2%) presentano valori decisamente più bassi rispetto a quello italiano. In Figura 2, è presentata la comparazione annuale di tale dato con la Germania: si può apprezzare che la percentuale italiana, nel periodo analizzato, escludendo l'anno 2010, si attesta tra il 4,6% e il 6,5%, mentre quella tedesca oscilla tra l'1,5% e il 2,1%.

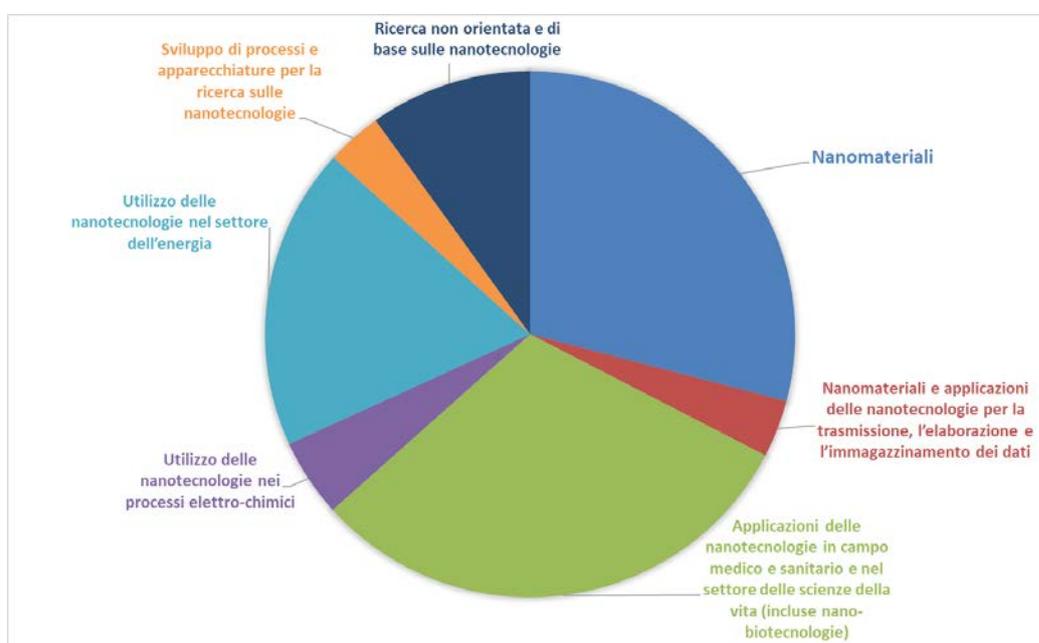
Figura 2. Spesa in ricerca su Nanotecnologie nel settore pubblico rapportata al totale della spesa nazionale per R&S del settore pubblico in Italia e Germania, periodo 2010-17. Valori percentuali



Fonte: OECD Key Nanotech Indicators.

L'approfondimento ISTAT sulla ripartizione della spesa per aree di ricerca nanotecnologiche, inserito nella rilevazione sulla R&S nelle istituzioni pubbliche, pone in rilievo indirizzi settoriali ben riconoscibili per l'ultimo anno disponibile (Figura 3). La spesa è rivolta per più di tre quarti alle applicazioni in campo medico-sanitario e al settore delle scienze della vita (30,8% della spesa totale, pari 50,4 milioni di euro), ai nanomateriali (29,1%, 47,7 milioni) e al settore dell'energia (18,6%, 30,4 milioni). Meno finanziati sono i settori di "Ricerca non orientata e di base sulle nanotecnologie" (9,9%, pari a 16,2 milioni), e l'"utilizzo delle nanotecnologie nei processi elettrochimici" (4,8%, pari a 7,8 milioni di euro). Percentuali ancora minori si registrano per "nanomateriali e applicazioni delle nanotecnologie per la trasmissione, l'elaborazione e l'immagazzinamento dei dati" e per lo "sviluppo di processi e apparecchiature per la ricerca sulle nanotecnologie", entrambi con quote vicine al 3,5%.

Figura 3. Ripartizione della spesa in R&S in nanotecnologie nelle istituzioni pubbliche, anno 2017



Fonte: ISTAT.

Le evidenze presentate attraverso i dati a disposizione mostrano che complessivamente l'Italia rivolge una quota apprezzabile di finanziamento pubblico per la ricerca verso il settore delle nanotecnologie. A testimonianza del fatto che l'attenzione verso questo settore abbia acquisito un certo rilievo si registra un elevato distacco tra la percentuale di spesa italiana e quella di altri Paesi OCSE. In ambito pubblico si preferisce privilegiare settori strategici, con più evidenti ricadute sulla collettività quale il medico-sanitario ed energia, non tralasciando tuttavia i nanomateriali; mentre alcuni settori che permettono anch'essi di produrre applicazioni tecnologiche ad alto valore aggiunto e ad elevata intensità di capitali, come trattamento dei dati (con un importante contributo della nanoelettronica), elettrochimica e sviluppo di processi e apparecchiature per la ricerca fruiscono di un finanziamento relativamente minore.

4. IL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE E LA RICERCA NST

Una volta presentato il quadro dell'investimento pubblico italiano nella ricerca sulle NST, appare utile soffermarsi sulle caratteristiche e sulle tendenze della ricerca condotta nel settore pubblico in questo campo. A questo proposito, uno studio bibliometrico dell'evoluzione

temporale della produzione scientifica si rivela utile per mostrare come sia progredita nel tempo la ricerca NST. I prodotti della ricerca rappresentano infatti uno degli *output* principali dell'attività scientifica e rappresentano quindi uno strumento significativo per la sua valutazione. Per disegnare l'evoluzione ed individuare le peculiarità della ricerca pubblica in NST è stato scelto il caso del CNR, il più grande Ente pubblico di ricerca esistente in Italia.

Il CNR conta ben quattro Istituti specificamente dedicati alla ricerca in questo ambito:

- l'IFN, Istituto di fotonica e nanotecnologie, con sede principale a Milano, sedi secondarie a Bari, Padova, Roma, Trento, Como, Lecco;
- l'ISMN, Istituto per lo studio dei materiali nanostrutturati, con sede principale a Montelibretti-Roma, sedi secondarie a Bologna, Palermo e Roma;
- il NANO, Istituto Nanoscienze, con sede principale a Pisa, sede secondaria a Modena;
- il NANOTEC, Istituto di Nanotecnologia, con sede principale a Lecce, sedi secondarie a Bari, Rende e Roma.

Tuttavia, data la natura prettamente multidisciplinare delle NST, altri Istituti dell'Ente, che operano negli ambiti delle scienze chimiche, della fisica, della scienza e tecnologia dei materiali, dell'ingegneria e della biologia, vedono le NST nell'ambito dei propri interessi di ricerca.

Per realizzare lo studio bibliometrico, è stata estratta la lista completa di pubblicazioni scientifiche NST del CNR attraverso uno dei database commerciali di letteratura scientifica: Clarivate Web of Science. La lista comprende articoli su riviste scientifiche, capitoli in volume, atti di convegno, etc. Seguendo la metodologia proposta da Wang et al. (2019), è stata realizzata una successione di *query* di termini specifici uniti da operatori booleani. La metodologia adottata infatti prevede che si utilizzino nove *queries* modulari relative a diverse sottoaree NST o alle riviste scientifiche del settore, e che quindi i risultati delle diverse *query* vengano uniti in modo da ottenere il database finale. In questo caso specifico le *query* sono state ulteriormente raffinate in modo da ottenere un risultato adatto allo scopo.

Le *query* realizzate specificamente per questo lavoro hanno individuato le pubblicazioni in cui almeno uno degli autori ha affiliazione CNR. Questo è stato ottenuto utilizzando gli appositi termini di ricerca, ovvero "Italy" nel campo "Country", unendo in più il termine "CNR" nel campo "Organization". Una volta ottenuti i risultati delle interrogazioni al database online è stato ottenuto il *dataset* da cui partire per le successive analisi. Esso contiene 13.280 prodotti scientifici tra articoli su rivista, capitoli di libro ed altri, pubblicate a partire dal 1974 fino ai primi mesi del 2020 (la ricerca dati è stata effettuata a marzo 2020).

Il confronto del dato relativo alle pubblicazioni CNR con quello totale delle pubblicazioni italiane (comprensivo quindi di Università ed altri enti di ricerca pubblici e privati) mostra che il totale delle pubblicazioni NST con coautori appartenenti al CNR rappresenta oltre un quarto del totale delle pubblicazioni NST con coautori italiani, mostrando quindi l'importanza del contributo del CNR in questo ambito. Quanto all'evoluzione numerica della produzione scientifica dell'Ente, il risultato è presentato in Figura 4. Il grafico evidenzia come l'andamento della stessa mostri una crescita continua, con qualche picco fino all'anno 2016, quando si raggiunge il numero di 1021 pubblicazioni; dopo questo anno, il numero inizia a declinare lentamente. Le motivazioni di questo declino possono essere molteplici.

È innanzitutto possibile addebitare questa tendenza a un semplice artefatto sperimentale, semplicemente dovuto alla lentezza dell'aggiornamento dei dati da parte di Web of Science. Un ulteriore possibile artefatto è la mancanza, nell'ambito delle *query* elaborate da Wang et al. (2019), di temi di ricerca NST divenuti popolari solo negli ultimissimi tempi e quindi non ancora catturati dalla ricerca in ambito bibliometrico e scientometrico. Ad ogni modo, è interessante ravvisare un parallelismo con il medesimo insorgere della diminuzione di finanziamento mostrato nel paragrafo precedente dopo il 2015. È possibile ipotizzare quindi che negli ultimi anni del nostro periodo di riferimento i ricercatori italiani non abbiano potuto collaborare con colleghi

internazionali, ad esempio, per mancanza di fondi o che, semplicemente, abbiano dovuto rallentare le proprie attività sperimentali per il medesimo motivo.

È interessante inoltre confrontare i numeri delle pubblicazioni NST CNR con la produzione scientifica totale dell'ente. Questo da un lato ci permette di verificare se l'andamento appena descritto sia comune a tutte le discipline scientifiche studiate dai ricercatori CNR e, dall'altro, di misurare il peso della ricerca NST rispetto alle altre scienze studiate nel CNR.

I dati riportati in Figura 5 mostrano questo confronto. È facile vedere innanzitutto che anche la produzione scientifica globale del CNR ha segnato negli ultimi anni, se non una diminuzione, sicuramente uno stallo. Di conseguenza quello della diminuzione di produzione scientifica NST si inserisce in un contesto più vasto e generalizzato di produttività scientifica dell'Ente.

Per quanto riguarda l'importanza della ricerca NST in ambito CNR, se una prima risposta parziale viene dai dati di Figura 5, è possibile un ulteriore approfondimento calcolando l'evoluzione della frazione di pubblicazioni NST in rapporto alla produzione scientifica totale dell'Ente. Il risultato di questa analisi è presentato in Figura 6. È possibile notare come la frazione di prodotti scientifici cresca costantemente nei due primi decenni analizzati per poi stabilizzarsi attorno o oltre al 10%. Si tratta quindi di una frazione significativa della produzione scientifica CNR, specialmente considerando la vastità degli ambiti scientifici che vengono studiati al suo interno.

Figura 4. Evoluzione quantitativa della produzione scientifica NST presso il CNR

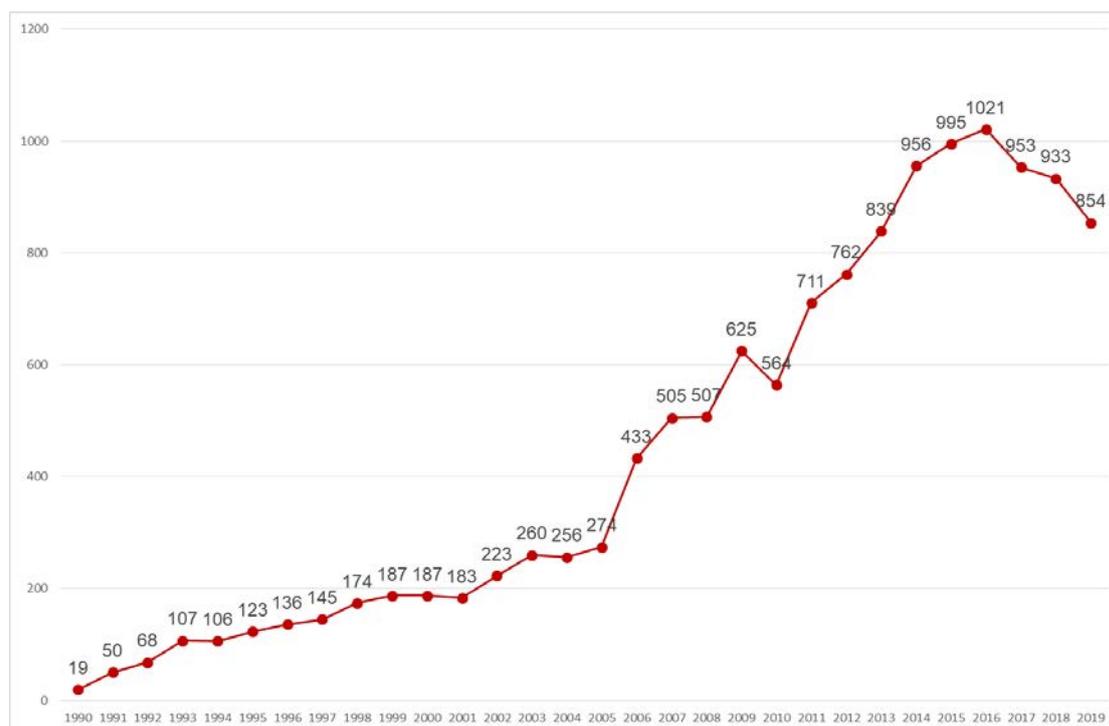


Figura 5. Confronto tra l'evoluzione quantitativa della produzione scientifica NST e la produzione scientifica totale presso il CNR

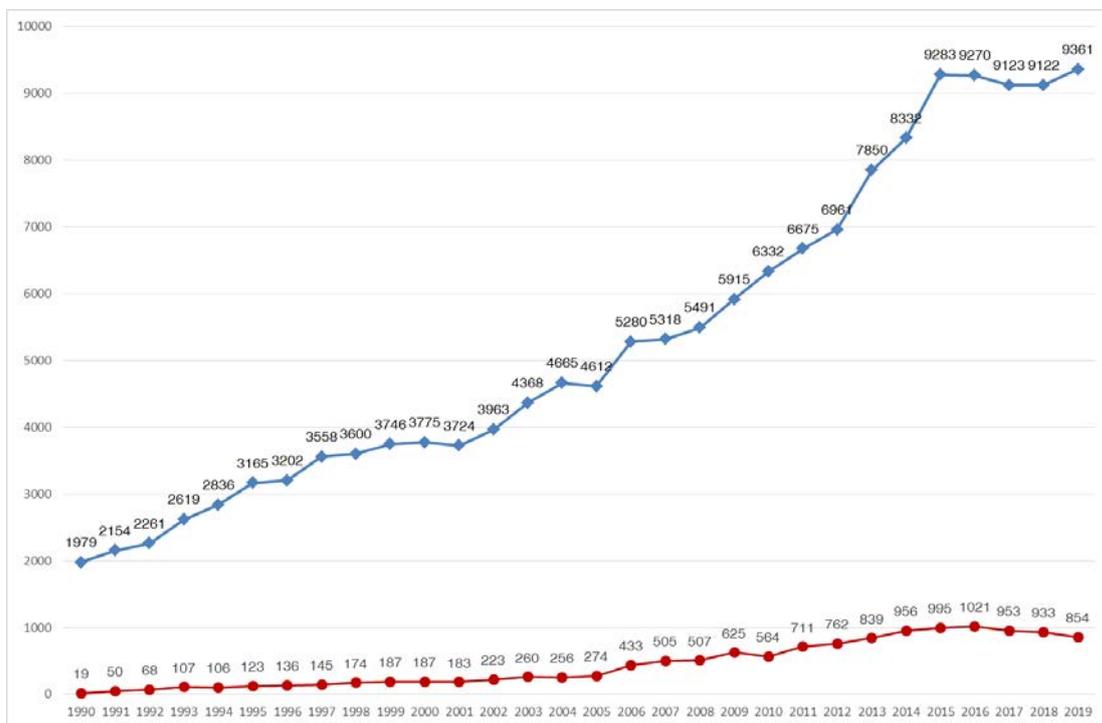
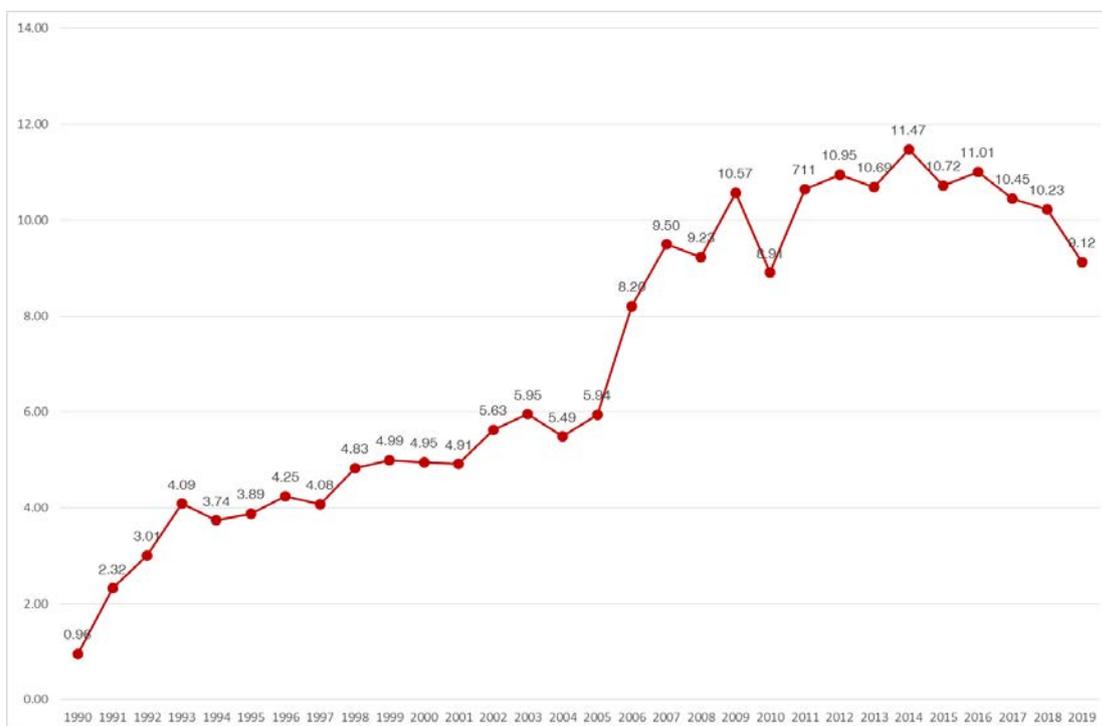


Figura 6. Evoluzione quantitativa della frazione della produzione scientifica NST sulla produzione scientifica totale presso il CNR



Un secondo punto importante da analizzare, viste anche le caratteristiche del settore NST, è l'evoluzione delle sedi di pubblicazione da cui provengono i prodotti scientifici NST studiati. Come è facile immaginare, le riviste scientifiche su cui i ricercatori pubblicano, afferendo a specifiche aree scientifiche (chimica, fisica, biologia, scienza dei materiali, NST *tout court*), costituiscono un indicatore abbastanza preciso delle sottoaree NST verso le quali vengono rivolte le attenzioni dei ricercatori. In questo caso, l'utilizzo di un campione ridotto di prodotti scientifici ha permesso di realizzare un approfondimento in questo senso. È stata infatti realizzata l'analisi delle *Subject category* di Web of Science, che ha permesso di scavare più nel dettaglio gli andamenti degli interessi generali dell'Ente in ambito NST. I dati sono riportati in tabella 1, dove si trovano elencate le prime trenta. Le *Subject category* sono classificate in ordine decrescente di frazione sul totale delle pubblicazioni. È importante sottolineare che le riviste scientifiche possono afferire a più di una di esse; di conseguenza, le percentuali sono calcolate sul totale delle *Subject category*, ovviamente maggiore del numero di articoli considerati.

Nel caso del CNR, le Scienze dei materiali sono la *subject category* maggiormente rappresentata. "Materials Science, Multidisciplinary" dopo un periodo di declino fino al 2007 aumenta progressivamente la sua presenza fino ad essere quella maggiormente rappresentata negli ultimi anni. La seconda in ordine percentuale è "Nanoscience & Nanotechnology", mentre è interessante concentrarsi sulla terza e sulla quinta, "Physics, Applied" e "Physics, Condensed Matter". Le due categorie, sommate, comprendevano da sole fino alla fine del decennio degli anni '90 del secolo scorso quasi un terzo della produzione scientifica NST del CNR. Il loro contributo è però andato lentamente riducendosi, anche se rimane comunque significativo (la somma delle loro percentuali negli ultimi anni è più del 18% del totale). Andamento contrario hanno avuto invece le frazioni relative a due *subject category* di area chimica, "Chemistry, Physical" e "Chemistry, Multidisciplinary", che intraprendono una traiettoria ascendente. Negli ultimi anni la somma delle due è oltre il 17 % del totale.

Tabella 1. Evoluzione temporale delle sedi di pubblicazione da cui provengono le pubblicazioni NST con autori CNR. Valori percentuali sul totale delle pubblicazioni nei vari periodi di riferimento

Categorie WoS	Prima del 1996	1996-1999	2000-2003	2004-2007	2008-2011	2012-2015	2016-2019	TOTALE 1996-2019
Materials Science, Multidisciplinary	16,0	15,1	14,2	13,6	17,0	18,1	19,8	17,5
Nanoscience & Nanotechnology	7,7	6,1	6,3	10,7	15,9	16,0	16,8	14,3
Physics, Applied	18,1	17,8	17,0	14,1	14,3	13,6	12,5	14,1
Chemistry, Physical	7,0	6,5	7,1	9,7	9,9	10,5	10,3	9,7
Physics, Condensed Matter	14,7	13,5	14,3	11,0	7,9	6,4	6,2	8,2
Chemistry, Multidisciplinary	3,0	3,9	3,0	4,7	5,8	6,8	6,8	5,9
Engineering, Electrical & Electronic	5,8	5,2	5,4	5,4	4,1	2,9	2,4	3,6
Optics	1,7	2,7	3,2	4,2	3,6	3,1	2,6	3,1
Physics, Atomic, Molecular & Chemical	2,8	2,1	1,6	1,7	1,8	2,1	2,0	2,0
Materials Science, Coatings & Films	2,9	4,6	3,4	2,3	1,1	1,2	1,0	1,6
Electrochemistry	1,9	2,5	2,4	2,2	1,5	1,2	1,3	1,5
Chemistry, Analytical	1,5	2,0	2,1	1,7	1,5	1,3	1,3	1,5
Instruments & Instrumentation	0,9	1,7	2,6	2,6	1,0	1,1	1,3	1,4
Physics, Multidisciplinary	3,4	2,0	1,4	1,9	1,3	1,3	1,0	1,4
Polymer Science	1,5	2,8	2,0	1,3	1,2	1,2	1,1	1,3
Multidisciplinary Sciences	0,0	0,1	0,2	0,3	0,2	0,7	1,6	0,8
Biophysics	0,5	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6
Biotechnology & Applied Microbiology	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,8	0,6	0,6
Biochemistry & Molecular Biology	0,1	0,2	0,2	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6
Crystallography	1,6	1,8	0,8	0,8	0,6	0,5	0,3	0,6

Energy & Fuels	0,3	0,0	0,4	0,2	0,3	0,5	1,0	0,5
Chemistry, Applied	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5
Metallurgy & Metallurgical Engineering	1,5	0,8	0,8	0,7	0,5	0,2	0,3	0,5
Chemistry, Inorganic & Nuclear	0,3	0,5	0,8	0,7	0,5	0,3	0,4	0,5
Engineering, Chemical	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,7	0,6	0,4
Biochemical Research Methods	0,1	0,1	0,1	0,6	0,4	0,8	0,3	0,5
Materials Science, Biomaterials	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,4
Chemistry, Organic	0,2	0,2	0,6	0,7	0,4	0,4	0,3	0,4
Materials Science, Ceramics	0,7	0,7	1,0	0,9	0,4	0,2	0,1	0,3
Engineering, Biomedical	0,2	0,5	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3

I *trend* delle varie aree scientifiche NST nell'ambito del CNR mostrano che l'interesse generale della ricerca in questo ambito è lentamente mutato, ed ha visto una progressiva diminuzione dell'ambito delle scienze fisiche ed una contemporanea progressiva rivalutazione delle scienze chimiche e, soprattutto, delle scienze dei materiali. Rimane significativa la scarsa presenza di pubblicazioni in *subject area* di ambito biologico dal novero di quelle a maggior intensità di pubblicazione NST. Tuttavia, è possibile notare come numerose di esse siano presenti nella parte inferiore della graduatoria: vediamo infatti la presenza di "Biophysics", "Biotechnology & Applied Microbiology", "Biochemistry & Molecular Biology", "Biochemical Research Methods", "Materials Science, Biomaterials", "Engineering, Biomedical". La somma di queste *subject area* però arriva solo al 3% del totale. Da un lato è possibile immaginare che le scienze *bionanotech* sfuggano in qualche modo a questa classificazione, dall'altro è lecito immaginare un minore interesse degli Istituti e dei ricercatori di area biologica e biomedica a tematiche NST.

Una ulteriore analisi è quella relativa ad autori ed Istituti maggiormente produttivi in ambito NST. Dal database, infatti, sono stati estrapolati i nomi degli autori, che sono poi stati elencati in ordine decrescente rispetto al numero di pubblicazioni presenti nel database. In questo elenco sono stati individuati, attraverso l'accesso al libro matricola dell'Ente⁸, gli autori e le autrici che prestano o hanno prestato servizio negli Istituti CNR e che sono presenti nel database con 100 o più pubblicazioni ciascuno. Una volta elencati i nomi, a questi sono stati associati gli Istituti di appartenenza e, quindi, i Dipartimenti di afferenza degli Istituti. Il risultato è presentato in tabella 2 che riporta i quattro Istituti "nano" sopra elencati con sfondo scuro nella colonna di sinistra. I tre dipartimenti coinvolti sono invece indicati con sfumature di grigio diverse nella colonna di destra.

Tabella 2. Istituti CNR i cui ricercatori hanno pubblicato contributi su NST, e relative afferenze dipartimentali

ISTITUTO CNR	DIPARTIMENTO DI AFFERENZA
Istituto dei materiali per l'elettronica ed il magnetismo	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
Istituto di fisica applicata "nello carrara"	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
istituto di chimica dei composti organometallici	Scienze chimiche e tecnologie dei materiali
Istituto di scienze e tecnologie molecolari	Scienze chimiche e tecnologie dei materiali
Istituto per la sintesi organica e la fotoreattività	Scienze chimiche e tecnologie dei materiali
Istituto per lo studio dei materiali nanostrutturati	Scienze chimiche e tecnologie dei materiali

⁸ <http://www.dcp.cnr.it/>, link consultato a maggio 2020.

Istituto di fotonica e nanotecnologie	Scienze fisiche e tecnologie della materia
Istituto di nanoscienze	Scienze fisiche e tecnologie della materia
Istituto di nanotecnologia	Scienze fisiche e tecnologie della materia
Istituto per la microelettronica e microsistemi	Scienze fisiche e tecnologie della materia

Il risultato di questa analisi mostra che la ricerca NST al CNR viene praticata in maniera diffusa anche al di fuori degli Istituti istituzionalmente dedicati ad essa in modo specifico. Oltre ai quattro Istituti “nano” citati all’inizio di questa sezione sono presenti nell’elenco altri sei Istituti. Alcuni tra gli autori maggiormente prolifici dei lavori selezionati infatti appartengono a due Istituti del Dipartimento di Ingegneria, ICT e tecnologie per l’Energia e i Trasporti (l’Istituto dei Materiali per l’Elettronica ed il Magnetismo – IMEM e l’Istituto di Fisica Applicata “Nello Carrara” – IFC), a tre del Dipartimento di Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali (l’Istituto di Chimica dei Composti Organometallici – ICCOM, l’Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari – ISTM e l’Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività – ISOF) e a un Istituto del Dipartimento di Scienze Fisiche e Tecnologia della Materia (l’Istituto per la Microelettronica e Microsistemi – IMM). Le unità di ricerca di questi Istituti – così come quelle dei quattro istituti NST – sono diffuse abbastanza uniformemente sul territorio nazionale. Questi fatti mostrano una notevole diffusione delle attività di ricerca NST sia in termini di Istituti e Dipartimenti che, conseguentemente, di aree geografiche. Anche nell’ambito delle singole discipline – chimica, fisica, scienza dei materiali – esiste una certa differenziazione di interessi specifici di ricerca.

Da questo quadro è ben evidente l’assenza di Istituti dei Dipartimenti di Scienze bioagroalimentari e di Scienze biomediche; tuttavia, è necessario tenere presente che quest’ultima analisi ha un taglio esplorativo e parziale. Quelli riportati in tabella, infatti, sono solo i dati relativi ai ricercatori maggiormente produttivi, per cui nulla esclude che in altri Istituti siano presenti singoli ricercatori con una minore produzione scientifica personale, ma che al tempo stesso la somma delle produzioni scientifiche dei singoli ricercatori di un Istituto sia comunque significativa in termini numerici. Peraltro, è anche importante ricordare come, dalla precedente analisi, le scienze biologiche e biomediche siano sottorappresentate in ambito NST nel complesso della produzione scientifica CNR.

5. CONCLUSIONI E SPUNTI PER ULTERIORI PERCORSI DI RICERCA

Questo contributo ha mirato a offrire una prima rappresentazione dello stato dell’arte della ricerca pubblica NST in Italia, attraverso l’analisi di dati di spesa italiani, tratti da statistiche ufficiali, e dati bibliometrici sulle pubblicazioni CNR estratti da Clarivate Web of Science. Esso si inserisce in un ambito di ricerca in cui è constatabile una carenza di lavori tesi a fornire una visione di sistema sull’effettiva consistenza delle NST in Italia. L’importanza di un tale tipo di analisi mostra la propria rilevanza tanto più considerando il ruolo strategico che questo settore ha assunto negli ultimi decenni, dovuto a caratteristiche peculiari di multidisciplinarietà e all’inserimento delle nanotecnologie tra le *KET* di Horizon 2020, col conseguente riconoscimento dell’importanza del loro sviluppo per l’innovazione e per la crescita economica.

Per quanto riguarda la spesa pubblica in ricerca NST, i dati a disposizione per l’Italia soffrono di alcuni limiti metodologici, quali l’assenza dei valori di spesa riferiti alle Università e la limitata possibilità di comparazione internazionale. Tuttavia, spunti interessanti possono essere comunque tratti: in particolare, il fatto che la quota di spesa per ricerca nel settore nanotecnologico in ambito pubblico presenti un certo rilievo, soprattutto in termini percentuali, sul totale della spesa destinata a R&S, segno di un interesse non certo marginale verso questo settore. I settori privilegiati attengono al campo medico-sanitario e nel settore delle scienze della vita e a quello dei nanomateriali, seguiti dalle applicazioni in campo energetico. A questo proposito, sarà da approfondire in studi successivi sia la dinamica delle aree tematiche nell’arco di più anni che il rapporto con le aree maggiormente finanziate in ambito privato; è ipotizzabile una sorta di complementarità rispetto a settori quali quello legato ad esempio al trattamento dei dati, che da

una parte richiedono un'elevata intensità di capitali per poter essere sviluppate e dall'altra sviluppino ricadute percepibili sulla collettività più a lungo termine.

L'analisi bibliometrica condotta sulle pubblicazioni scientifiche del CNR, selezionato come caso di studio significativo in quanto maggior Ente di ricerca pubblico italiano, ed anche in virtù della presenza di ben quattro Istituti di ricerca dedicati esplicitamente alle NST, pone in evidenza alcuni punti significativi. Innanzitutto, i risultati ottenuti evidenziano lo stallo nelle pubblicazioni NST, segnato negli ultimi anni dopo una costante crescita. Anche l'analisi della produzione scientifica totale del CNR mostra un andamento simile, con una sostanziale stabilizzazione della produzione scientifica, che è invece cresciuta con continuità fin dal 1990. Non è possibile trarre una conclusione univoca da questi dati; tuttavia, un elemento importante da approfondire riguarda la quasi coincidenza temporale col calo della spesa in ricerca pubblica per le nanotecnologie. Se questo andamento fosse confermato anche a livello nazionale, e non solo in ambito CNR, ed anche per altri settori scientifico-tecnologici di importanza rilevante (quali le altre tecnologie NBIC o le altre *Key Enabling Technology*) questo dato evidenzerebbe un fenomeno non certo positivo per quanto riguarda la futura evoluzione della ricerca scientifica e tecnologica italiana.

Un punto significativo è quello relativo all'evoluzione della frazione NST della produzione scientifica CNR. Questa frazione cresce con costanza nei due primi decenni dell'analisi presentata, per poi stabilizzarsi su valori abbastanza alti. Questo fenomeno potrebbe essere dovuto ad un crescente interesse da parte dei ricercatori CNR verso le tematiche NST e ad una successiva saturazione determinata dalla quantità di personale, infrastrutture e finanziamenti.

Scendendo al livello di aree tematiche NST, i risultati mostrano una crescita col tempo dell'importanza della produzione scientifica nell'ambito delle Scienze dei materiali e delle Scienze chimiche. Contemporaneamente nel corso degli anni l'andamento della produzione scientifica NST nelle Scienze fisiche ha mostrato una diminuzione in termini percentuali. È però importante da tenere presente, assieme a questo dato, quello relativo al numero totale di pubblicazioni. La crescita quasi costante nel corso degli anni (tranne appunto negli ultimi) mostra come in realtà si debba parlare di una *minor crescita* del contributo delle Scienze fisiche nel contesto globale. Sono possibili diverse interpretazioni di questo fatto. È possibile che questa minor crescita dipenda dalla minore o addirittura mancata crescita del numero di componenti del personale di ricerca in questa area, causato ad esempio dal minore *appeal* per i fisici degli studi in ambito NST rispetto ad altre aree specifiche (quali la fisica delle particelle o la fisica del cosmo). A questa *minor crescita* però potrebbero tuttavia aver contribuito altri fattori, quali ad esempio lo scarso finanziamento o il blocco del turnover e il conseguente insufficiente del numero di scienziati impegnati in questo settore strategico. Inoltre, si nota come la ricerca NST in ambito *bionanotech* sia sottorappresentata nell'analisi delle pubblicazioni scientifiche prodotte dai ricercatori CNR. Al contrario però i dati sulla spesa pubblica per la ricerca NST mostrano come il 30% di questa sia proprio relativa al settore medico-sanitario e al settore delle scienze della vita, che al *bionanotech* sono direttamente collegati. Questa discrasia potrebbe dipendere dai costi elevati della ricerca in ambito biomedico e bionanotecnologico; di conseguenza, rispetto ad altri settori scientifici, l'unità di capitale investito in ricerca porterebbe ad una minore quantità di unità di prodotto (considerando come prodotto la produzione scientifica). Tuttavia, potrebbe giocare un ruolo la diversa suddivisione in termini scientifico-tecnologici dei capitali investiti rispetto alle aree scientifiche delle pubblicazioni. Ad esempio, potrebbe essere accaduto che una parte (anche consistente) delle ricerche che, dal punto di vista bibliometrico, siano state catalogate nell'ambito delle Scienze dei materiali e delle riviste scientifiche a queste collegate, sia in realtà relativo a materiali per stretto uso biomedicale e, quindi, venga catalogata sotto questa voce in termini di spesa. D'altronde la spesa per la ricerca pubblica nell'ambito nei nanomateriali appare di poco inferiore a quella precedente, lasciando immaginare come ciò sia possibile.

Infine, la notevole diffusione delle attività di ricerca NST tra gli Istituti CNR, anche al di fuori di quelli specificamente indirizzati a tale settore, è da interpretare come un segnale positivo di un ambito di ricerca comunque vitale nelle attività dell'Ente. È possibile pensare che la rete scientifica CNR sia in grado di attivare dinamiche di prossimità nei confronti di numerose imprese proprio grazie a una distribuzione geografica diffusa di competenze in ambito NST.

Le evidenze riportate costituiscono, nelle intenzioni degli autori, un primo quadro per possibili evoluzioni degli studi sulla ricerca NST in Italia. Future ricerche possono approfondire le ipotesi presentate sopra, ma anche temi più di ampio spettro quali l'industrializzazione delle NST, il rapporto tra finanziamento nella ricerca pubblica e quella privata e infine le caratteristiche le tendenze della ricerca NST a livello nazionale in rapporto a quello europeo.

RINGRAZIAMENTI. Gli autori desiderano ringraziare la Dott.ssa Annamaria Urbano e la Dott.ssa Maura Steri dell'Istituto Nazionale di Statistica per la collaborazione sui dati relativi alla spesa per R&S intra-muros nel campo delle nanotecnologie nel settore esecutore delle Istituzioni pubbliche, estratti dalla "Rilevazione sulla R&S nelle istituzioni pubbliche".

6. BIBLIOGRAFIA

- Arnaldi, S. (2008). Converging technologies in the Italian daily press 2002-2006: preliminary results of an ongoing research project. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 21(1), pp. 87-94.
- Arnaldi, S. (2014). Exploring imaginative geographies of nanotechnologies in news media images of Italian nanoscientists. *Technology in Society*, 37, pp. 49-58.
- Arnaldi, S. (2017). Changing Me Softly: Making Sense of Soft Regulation and Compliance in the Italian Nanotechnology Sector. *NanoEthics*, 11(1), 3-16.
- Baglieri, D., Cinici, M.C., & Mangematin V. (2012). Rejuvenating clusters with 'sleeping anchors': The case of nanoclusters. *Technovation*, 32(3), pp. 245-256.
- Balzani, V. (2005). Nanoscience and Nanotechnology: A Personal View of a Chemist. *Small*, 1(3), pp. 278-283.
- Calignano, G., & Quarta, C.A. (2015). The persistence of regional disparities in Italy through the lens of the European Union nanotechnology network. *Regional Studies, Regional Science*, 2(1), pp. 470-479.
- Caputo, G., Cortese, G.C., Emanuel, F., Finardi, U., Ghislieri, C., & Coluccia, S. (2009). *Nanotecnologie: cosa sono e come ce le immaginiamo*. Cuneo: Araba Fenice.
- Escoffier, L. (2007). A Brief Review of Nanotechnology Related Activities in Italy. *Nanotechnology Law & Business*, 4, p. 385.
- European Commission (2009). *European Commission Communication "Preparing for our future: Developing a common strategy for key enabling technologies in the EU"*. COM (2009), 512/3.
- Fabrizio, S., Potì, B.M., Reale, E., & Spinello, A.O. (2018). "Le risorse destinate alla Ricerca e Sviluppo (R&S)". In Consiglio Nazionale delle Ricerche. *Relazione sulla ricerca e l'innovazione in Italia. Analisi e dati di politica della scienza e della tecnologia*. Roma: CNR Edizioni, pp. 29-83.
- Feynman, R.P. (1960). There's Plenty of Room at the Bottom. An invitation to open up a new field of physics. *Engineering and Science*, 23(5), pp. 22-36.
- Finardi, U., Vitali, G. (2009). *Il cluster delle nanotecnologie in Piemonte [Nanotech cluster in Piedmont]* (Working Paper CERIS 10/2009), pp. 1-28.
- Finardi, U. (2018a). *Public Research in Nanotechnology in Piedmont (Italy)* (CNR-IRCrES Working Paper 5/2018). Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile.
- Finardi, U. (2018b). La ricerca nelle nanotecnologie in Piemonte: casi di enti pubblici e privati. *Quaderni IRCrES*, 3(5), pp. 3-12.
- Finardi, U. (2018c). *Nanotechnology Patenting in Piedmont: Analysis and Links with Research and Industrial Environment in the Region*. (CNR-IRCrES Working Paper 8/2018). Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile, pp. 1-15.

- Finardi, U. (2019a). *Research activities in Nanotechnologies and Nanosciences: an analysis of Piedmont's nanotech research system* (CNR-IRCrES Working Paper 5/2019). Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile, pp. 1-36.
- Finardi, U. (2019b). Le Nanotecnologie e le Nanoscienze in Piemonte: introduzione teorica e dati. *Quaderni IRCrES* 4(1), pp. 3-15.
- Finardi, U. (2019c). Il Sistema Piemontese delle Nanotecnologie. *Quaderni IRCrES*, 4(1), pp. 17-44.
- Friedrichs, S., & van Beuzekom, B. (2018). *Revised Proposal for the Revision of the Statistical Definitions of Biotechnology and Nanotechnology* (OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2018/01). OECD.
- Iijima, S. (1992). Growth model for carbon nanotubes. *Physical Review Letters*, 69(21), pp. 3100-3103.
- Kroto, H.W., Heath, J.R., O'Brien, S.C., Curl, R.F., & Smalley, R.E. (1985). C 60: Buckminsterfullerene. *Nature*, 318(6042), pp. 162-163.
- Novoselov, K.S., Geim, A.K., Morozov, S.V., Jiang, D., Katsnelson, M.I., Grigorieva, I.V., Dubonos, S.V., & Firsov, A.A. (2005). Two-Dimensional Gas of Massless Dirac Fermions in Graphene. *Nature*, 438(7065), pp. 197-200.
- Novoselov, K.S., Jiang, D., Schedin, F., Booth, T.J., Khotkevich, V.V., Morozov, S.V., & Geim, A.K. (2005). Two-Dimensional Atomic Crystals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(30), pp. 10451-10453.
- OECD (2014). *Working Party on Nanotechnology: "Considerations in moving towards a statistical framework for nanotechnology: findings from a working party on nanotechnology pilot survey of business activity in nanotechnology"*. OECD.
- Wang, Z., Porter, A.L., Kwon, S., Youtie, J., Shapira, P., Carley, S.F., & Liu, X. (2019). Updating a Search Strategy to Track Emerging Nanotechnologies. *Journal of Nanoparticle Research*, 21, Article number: 199.

CNR-IRCrES Working Papers

2020

- N.10/2020 [Persistent fast growth and profitability](#). Lucio Morettini, Bianca Potì, Roberto Gabriele.
- N.9/2020 [Binomio Burnout e Mindfulness nelle organizzazioni. Alcuni studi e scenari di applicazione](#). Oriana Ippoliti, Riccardo Briotti, Bianca Crocamo, Antonio Minopoli.
- N.8/2020 [Innovation and communication of companies on Twitter before and during COVID-19 crisis](#). José N. Franco-Riquelme, Antonio Zinilli, Joaquín B. Ordieres-Meré and Emanuela Reale.
- N. 7/2020 [The proposal of a new hybrid methodology for the impact assessment of energy efficiency interventions. An exploratory study](#). Monica Cariola, Greta Falavigna.
- N. 6/2020 [The technology innovative system of the Silicon Valley](#). Angelo Bonomi.
- N. 5/2020 [Storia dell'industria delle macchine utensili in Piemonte dalle origini alla seconda guerra mondiale](#). Secondo Rolfo.
- N. 4/2020 [Blockchain e Internet of Things per la logistica Un caso di collaborazione tra ricerca e impresa](#). Edoardo Lorenzetti, Lucio Morettini, Franco Mazzenga, Alessandro Vizzarri, Romeo Giuliano, Paolo Peruzzi, Cristiano Di Giovanni.
- N. 3/2020 [L'impatto economico e fiscale di un evento culturale: misure e scala territoriale](#). Giovanna Segre, Andrea Morelli.
- N. 2/2020 [Mapping the tangible and intangible elements of the historical buildings and spaces](#). Edoardo Lorenzetti, Nicola Maiellaro.
- N. 1/2020 [Il lavoro agile negli enti pubblici di ricerca](#). Emanuela Reale, Serena Fabrizio, Andrea Orazio Spinello.

2019

- N. 6/2019 [Women's candidatures in local elections: does the context matter? Empirical evidence from Italian municipalities](#). Igor Benati, Greta Falavigna, Lisa Sella.
- N. 5/2019 [Research activities in Nanotechnologies and Nanosciences: an analysis of Piedmont's nanotech research system](#). Ugo Finardi.
- N. 4/2019 [Xylella fastidiosa: patogenesi, danni economici e lotta al disseccamento rapido dell'olivo](#). Maurizio Conti.
- N. 3/2019 [Flussi di traffico attraverso il tunnel automobilistico del Frejus: un semplice esercizio di forecasting e alcune considerazioni a margine](#). Ugo Finardi.
- N. 2/2019 [The Start-up Venture Capital Innovation System Comparison with industrially financed R&D projects system](#). Angelo Bonomi.
- N. 1/2019 [Complessità delle organizzazioni, complessità della formazione. Report di studio qualitativo ed analisi ermeneutica del Modello TRASE – IRCRES/CNR-IMO](#). Anna Chiara Scardicchio.

2018

- N. 13/2018 [Competenze di sviluppo sistemico evolutivo per la leadership e le organizzazioni orizzontali](#). Erica Rizziato, Erika Nemmo.
- N. 12/2018 [Organizzazioni e leadership orizzontali: il percorso di training sistemico evolutivo \(TRASE\)](#). Erica Rizziato.
- N. 11/2018 [Point-in-time vs.through-the-cycle: filosofie di rating a confronto](#). Franco Varetto.
- N. 10/2018 [Evaluating social innovation: results and emerging issues from a random-trial evaluation of a program for the inclusion of migrant adolescents](#). Valentina Lamonica, Elena Ragazzi, Lisa Sella.
- N. 9/2018 [Promozione dell'Imprenditorialità nelle Nuove Tecnologie. Caso Studio: Associazione "La Storia nel Futuro"](#). Angelo Bonomi.
- N. 8/2018 [Nanotechnology patenting in Piedmont: analysis and links with research and industrial environment in the Region](#). Ugo Finardi.

[Numeri precedenti/Previous issues](#)

ABSTRACT

Nanotechnologies and Nanosciences (NST) have become more and more relevant in the field of hard and applied sciences, and topics of interest for social sciences. Regarding the latter field, only a limited number of contributions have been dedicated to the national-level analysis of NST research in Italy, and little attention has been paid to presenting a systemic view of public expenditure and providing information on the research trends. The purpose of this contribution is therefore to offer an initial representation of the state of public research on NST in Italy in view of future studies that need to be addressed on topics related to Italian NST research. Italian data from official statistics on public sector expenditure in NST research are examined and, afterwards, characteristics and trends of this sector are studied through a bibliometric analysis performed on the publications of the Italian largest public research organization, the CNR, National Research Council of Italy. Results show that Italy devotes a non-marginal share of public research funding to the nanotechnology sector. As for the trends of the various NST scientific areas within the CNR, the interests of research have slowly changed, showing a progressive decrease of the topics related to the physical sciences and a simultaneous growing preference for the chemical sciences and, above all, the materials science.