

La ricerca nelle nanotecnologie in Piemonte: casi di enti pubblici e privati

Research on nanotechnologies in Piedmont: public and private bodies cases

UGO FINARDI

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

Research project “Le Nanotecnologie in Piemonte: studio per la creazione di un osservatorio operative regionale” funded and sustained by CRT Foundation.

corresponding author: ugo.finardi@ircres.cnr.it

ABSTRACT

Nanotechnologies and nanosciences are part of a highly interdisciplinary scientific-technological sector. They belong to the group of “Key Enabling Technologies” and are considered both a general purpose and a disruptive technological sector. The present paper describes the research activities realized by public and private researchers in Piedmont regarding nanotechnologies’ field. The scientific works database obtained has been analysed after having realized a bibliometric research by means of an already tested reliable methodology. Consequently, different characteristics of the nanotech scientific production of the regional system of research have been studied: the numerical evolution of the number of works, scientific topic and themes, authors and institutions. Together with the public entities, the specific case of a private research institution of excellence has been presented as well as its nanotechnological activities: the Fiat Centre of research. The obtained results have been commented in the context of the regional system of innovation. At the end of the work comments are suggested and conclusions are presented.

KEYWORDS: Nanosciences, Piedmont, scientific research, regional systems of innovation.

JEL CODES: O32, Q55

DOI: 10.23760/2499-6661.2018.018

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Finardi, U. (2018). La ricerca nelle nanotecnologie in Piemonte: casi di enti pubblici e privati. *Quaderni IRCrES-CNR*, 3(5), 3–12. <http://dx.doi.org/10.23760/2499-6661.2018.018>

- 1 Introduzione
- 2 Framework teorico
- 3 Metodologia
- 4 Risultati
 - 4.1 Il sistema della ricerca piemontese
 - 4.2 Caso di studio di ricerca privata applicativa: il Centro Ricerche Fiat
- 5 Conclusioni
- 6 Bibliografia

1 INTRODUZIONE

Le nanotecnologie sono, fin dagli ultimi anni del secolo scorso, uno dei settori tecnologici più rilevanti ai fini dell'innovazione. Appartengono alle cosiddette KET (*Key Enabling Technologies*, tecnologie abilitanti chiave), un gruppo di tecnologie ad alta intensità di conoscenza in grado di influire sulla filiera di numerosi sistemi produttivi e settori economici (Schröcker, 2014). Oltre a ciò, le nanotecnologie sono anche una tecnologia “*general purpose*” (di impiego generale) e un settore tecnologico disruptivo (capace di modificare profondamente i prodotti) (Finardi, 2012). In conseguenza di questi fatti, così come di molti altri, le nanotecnologie hanno una rilevanza fondamentale per l'innovazione industriale. Inoltre, le attività di ricerca scientifica in questo campo hanno mostrato uno sviluppo notevole, così come una rapida crescita nel numero di prodotti scientifici pubblicati per anno.

L'Italia ha avuto un ruolo rilevante in questo settore fin dal suo sviluppo iniziale. In particolare, il Piemonte ha mostrato fin dalla fine degli anni '90 del Ventesimo secolo il suo interesse scientifico nei confronti di queste tematiche. Nonostante questi fatti, tuttavia, la produzione scientifica nanotecnologica in Italia, e più nello specifico in Piemonte, non è mai stata studiata a fondo. Il presente lavoro ha lo scopo di sanare questa mancanza di conoscenza sull'argomento realizzando un'analisi descrittiva della produzione scientifica regionale nanotecnologica nel suo complesso, cercando di mostrare quando, dove e come i ricercatori che operano nel contesto della Regione Piemonte hanno affrontato temi di ricerca nanotech.

Nello specifico il lavoro considera due diversi casi di studio, a sua volta riportati in due diverse parti della sezione sperimentale. La prima di queste mostra i risultati della ricerca scientifica pubblica del sistema della ricerca piemontese in questo ambito. La seconda presenta invece i risultati più specifici di un caso di studio rilevante di ricerca privata applicativa: quello delle nanotecnologie al Centro Ricerche Fiat. I due casi sono complementari in quanto riguardano appunto da un lato la ricerca pubblica, dall'altro quella privata.

Questo lavoro vuole essere un'introduzione all'argomento, e data la sua semplicità è in grado di offrire unicamente risultati parziali e preliminari. Purtroppo, a causa della scarsità di informazioni aggiornate sull'argomento specifico delle nanotecnologie in Piemonte, ha una propria importanza ed è in grado di suscitare interesse da parte degli studiosi di questo campo.

Il presente lavoro è strutturato come segue. La prossima sezione contiene il framework teorico, che discute in successione l'importanza delle nanotecnologie per la ricerca e per i sistemi dell'innovazione regionali e settoriali, con una breve recensione della letteratura scientifica che studia le nanotecnologie in Italia e, in particolare, in Piemonte. La sezione 3 presenta le problematiche metodologiche, mentre la sezione 4 mostra i risultati della ricerca. Infine, la sezione 5 discute i risultati e presenta le conclusioni.

2 FRAMEWORK TEORICO

Questo framework teorico tratta sinteticamente tre argomenti rilevanti nel contesto del presente lavoro. Il primo è quello dell'importanza delle nanotecnologie per lo sviluppo. Il secondo è quello dei sistemi d'innovazione. Il terzo unisce i precedenti due: si tratta, infatti, del tema dell'importanza delle nanotecnologie per il sistema italiano dell'innovazione. I tre argomenti sono importanti proprio a causa dello scopo del presente articolo, che è quello di presentare le caratteristiche delle attività di ricerca nanotech realizzate nell'ambito del sistema regionale della ricerca del Piemonte, che è una parte del sistema dell'innovazione della stessa Regione.

Tra i lavori scientifici che discutono l'importanza delle nanotecnologie deve essere citato innanzi tutto l'articolo di Kupriyanov *et alii* (2014), che discute il ruolo rilevante delle nanotecnologie nello sviluppo dei cluster regionali. L'analisi presentata in questo lavoro mostra le caratteristiche di svariati cluster situati in diverse aree geografiche (Asia e Stati Uniti). Anche

il lavoro di Baglieri *et alii* (2012) si occupa dei *nanocluster*, con un focus specifico sul cluster siciliano di Catania (studiato assieme a quello francese di Grenoble). Gli autori inferiscono che il “ringiovanimento” dei cluster deriva dalla diversità scientifica e tecnologica, dalla competizione per la composizione del cluster, dalla sovrapposizione tra reti e dall’abilità delle organizzazioni detentrici di “ancore dormienti” di rinnovare attori e tecnologie (“cluster rejuvenation comes from scientific and technological diversity, competition for orchestration, overlap amongst networks and the ability of sleeping anchor tenant organizations to renew actors and technologies”, p. 245).

I due lavori citati introducono il secondo argomento di questo framework, ossia quello dei sistemi di innovazione. La teoria dei Sistemi di Innovazione ha avuto origine nel libro eponimo (Lundvall, 1992). Secondo la teoria dei Sistemi di Innovazione, il processo innovativo non è né pienamente automatico (come viene spiegato nella teoria dell’innovazione indotta) né pienamente deliberato (come affermato dalle teorie del management della ricerca e sviluppo). Riflette invece tanto la creatività quanto l’iniziativa, ed è influenzato dalla produzione e dalle istituzioni. Un Sistema di Innovazione agisce attraverso questi processi, sfruttando in maniera sistematica nuove opportunità di business. Il punto centrale dei Sistemi di Innovazione è la conoscenza: infatti, agiscono “introducendo” conoscenza nell’ambito dell’economia e della società. Di conseguenza, la conoscenza è la risorsa più importante nell’ambito dell’economia contemporanea così come l’apprendimento è il processo fondamentale. I Sistemi di Innovazione sono costituiti da elementi e dalle relazioni fra di loro. Questi elementi interagiscono nella produzione, nella diffusione e nell’uso di nuova conoscenza utile sotto il punto di vista dell’economia.

Oltre ai Sistemi di Innovazione, sono stati studiati anche i Sistemi di Innovazione Regionali ((Braczyk, Cooke & Heidenreich, 1998). Lo sviluppo del concetto di “Regione-Stato” nei primi anni ’90, la crisi del Fordismo e la conseguente diminuzione di dimensione delle strutture imprenditoriali hanno dato origine al concetto di “Sistema di Innovazione” limitato ad una Regione piuttosto che ad un intero Stato. La crescita di nuove relazioni in aree geograficamente distinte, insieme alla nascita di infrastrutture di supporto, ha generato ciò che viene comunemente chiamato “cluster”. La combinazione di questi ultimi con una *governance* innovativa e capace di promuoverli e sostenerli ha dato origine ad una sorta di “Regioni-Stato”, un fenomeno importante capace di attrarre risorse dall’esterno dei propri confini. In Regioni di questo tipo le imprese fanno parte di un contesto che è sia di collaborazione per l’innovazione, sia di competizione commerciale.

L’efficienza dei Sistemi Regionali di Innovazione italiani è l’argomento del lavoro di Barra e Zotti (2018). I loro risultati mostrano che “è particolarmente il contributo delle istituzioni di educazione superiore e delle attività di ricerca delle imprese ad accrescere l’efficienza dell’innovazione regionale” (“it is particularly the contribution of higher education institutions’ and private firms’ research activities to increase regional innovation efficiency”, p. 454).

Venendo infine al terzo e ultimo argomento di questo framework teorico, è importante innanzi tutto notare che gli studi relativi alla valutazione del ruolo delle nanotecnologie in Italia sono relativamente pochi e che quindi l’evidenza scientifica su questo argomento necessita di essere rafforzata. Escoffier (2007) ha passato in rassegna le attività relative alle nanotecnologie presenti in Italia al tempo del suo studio. L’Italia era allora “uno degli attori più efficaci nel settore delle nanotecnologie” (“one of the most effective players in the nanotechnology sector”, p. 386). Tra i fatti rilevanti riportati nell’articolo, troviamo una organizzazione non omogenea degli investimenti pubblici; un numero di enti pubblici coinvolti molto superiore a quello delle entità industriali; la presenza di quattro distretti tecnologici aventi le nanotecnologie come loro argomento chiave; un numero grandissimo di pubblicazioni scientifiche nanotech che hanno origine a partire dal settore pubblico; una frazione di brevetti quasi equamente suddivisa tra ricerca pubblica e industria. Nei medesimi anni Arnaldi (2008) ha realizzato una ricerca che esplorava come le “promesse” delle tecnologie NBIC (scienze nano-bio-informatiche e cognitive) per la cura della mente e del corpo umano venivano ritratte nell’ambito della stampa italiana. Gli scienziati nazionali nel campo delle scienze naturali erano il soggetto principale

degli articoli giornalistici. Il tono di questi articoli era largamente positivo. Anche i risultati della ricerca riportata in Caputo *et alii* (2009) mostrano che il giudizio nei confronti delle nanotecnologie, espresso sia da un campione di persone informate sia da una platea di intervistati, è sostanzialmente positivo. Ancora Arnaldi (2014) realizza un lavoro partendo dalle storie di tre importanti “nanotecnologi” italiani per concludere che è importante la loro capacità di mediare tra le attese internazionali sui benefici delle nanotecnologie e le attività nazionali che hanno lo scopo di traslare queste stesse attese in termini di sviluppo locale. Sempre Arnaldi, infine, ha studiato i regolamenti italiani sulle nanotecnologie e ha esplorato le opinioni di scienziati e manager di società private (Arnaldi, 2017).

La rete internazionale delle nanotecnologie italiane è invece il soggetto del lavoro di Calignano e Quarta (2015), realizzato utilizzando dati sui Programmi Quadro Europei (FP6 e FP7). I risultati mostrano che le dinamiche delle nanotecnologie hanno consolidato il “triangolo industriale” del Nord Italia, in unione ad altre Regioni quali Emilia-Romagna e Veneto, così come la Toscana, mentre il Sud Italia si è mosso ad un passo più lento. Di conseguenza, le opportunità tecnologiche connesse ad un nuovo settore emergente hanno esacerbato “la concentrazione geografica in regioni economicamente centrali (“geographical concentration in core regions”, p. 478).

Il solo studio sulle nanotecnologie in Piemonte sembra essere a tutt’oggi quello di Finardi e Vitali (2009). Gli autori hanno descritto il sistema della ricerca, gli enti e le iniziative di trasferimento tecnologico, nonché le imprese coinvolte nelle nanotecnologie. Dopo aver realizzato una analisi SWOT, concludono che il cluster mostra la presenza di tutti gli attori tipici di un sistema di innovazione.

Ora che sono state brevemente introdotte le basi teoriche di questo lavoro, è arrivato il momento di dedicarsi all’attività sperimentale che ne costituisce il centro.

3 METODOLOGIA

Il fine del presente lavoro è descrivere la produzione scientifica nel settore delle nanotecnologie conseguita dagli istituti di ricerca aventi sede in Piemonte. A questo scopo, la metodologia prevede come primo passo un’attività di ricerca di dati realizzata su un database commerciale di prodotti scientifici. Il database scelto è stato Scopus², della casa editrice Elsevier, preferito ad altri database simili per la maggiore completezza in termini di riviste scientifiche, libri e serie inclusi.

I database utilizzati nel presente lavoro sono stati ottenuti impiegando la maschera di ricerca “Advanced” di Scopus. Per i due casi di studio sono state adottate due differenti metodologie. Per quanto riguarda il sistema della ricerca piemontese è stata applicata una metodologia di ricerca dati descritta da Arora *et alii* (2013). Questa metodologia prevede l’utilizzo di una serie di *query* nella maschera di ricerca, utilizzando termini nanotech significativi combinati con operatori booleani. I termini usati rendono sicuro il fatto che i risultati contengano un insieme completo di pubblicazioni scientifiche nanotecnologiche e che, al contempo, non siano presenti dati spuri.

Allo scopo di costruire il database, le *query* descritte nel lavoro sopra citato sono state eseguite cercando su titolo, *keywords* e *abstract* dei lavori scientifici (termine di ricerca TITLE-KEYWORDS-ABSTRACT). Una volta ottenuti i risultati da questa *query*, il passo successivo è stato selezionare nella maschera di raffinamento della ricerca i nomi degli enti di ricerca aventi sede in Piemonte o che possono avere sedi interessate alle nanotecnologie in Piemonte (quali ad esempio il CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, o le imprese private). In seguito, i risultati di ciascuna delle *query* sono stati accorpatisi in una lista unica, realizzata la quale si è provveduto a rimuovere i duplicati. La lista, quindi, è stata esaminata manualmente nella colonna “affiliazioni” per reperire prodotti scientifici spuri, ovvero prodotti in cui non fossero presenti

² <http://www.scopus.com/home.url>, link visitato a maggio 2018.

affiliazioni relative a enti di ricerca o imprese piemontesi. Infatti, come sopra descritto, la ricerca di dati è stata realizzata includendo ugualmente enti che possiedono anche (ma non solo) sedi localizzate in Piemonte.

La lista ‘ripulita’ comprendeva un totale di 288 prodotti scientifici relativi alle nanotecnologie che presentavano affiliazioni di autori appartenenti a enti di ricerca (pubblici o privati) aventi sede in Piemonte. Bisogna notare qui come la metodologia descritta da Arora *et alii* (2013) ed utilizzata nel presente lavoro sia abbastanza limitativa, in quanto restringe la ricerca unicamente a prodotti scientifici *sicuramente* nanotech. Una ricerca comparativa realizzata utilizzando unicamente il termine di ricerca “nano*” (ovvero di qualsiasi parola iniziante con nano), sempre su TITLE-KEYWORDS-ABSTRACT e raffinando come sopra descritto per quanto riguarda le affiliazioni, ha reso un *dataset* (non successivamente ripulito) di oltre 3,700 prodotti scientifici. È facile capire che una tale metodologia, anche se probabilmente (ma non con certezza) permette di raccogliere l’intera produzione scientifica nanotech, include anche una grande quantità di lavori che nulla hanno a che fare con le nanotecnologie. Quindi, si è preferita la metodologia descritta da Arora *et alii* (2013) proprio per il fatto che con questo sistema le pubblicazioni scientifiche che vengono selezionate sono sicuramente legate alle nanotecnologie – benché al costo di escludere eventualmente alcuni prodotti scientifici. Così, anche se esiste la possibilità che rappresenti solo un sottoinsieme della produzione scientifica nanotech della Regione, il database utilizzato in questo lavoro contiene unicamente lavori scientifici che sono con sicurezza legati alle nanotecnologie.

Il database ottenuto attraverso questa metodologia è stato analizzato sotto numerosi punti di vista. Prima di tutto, gli anni di pubblicazione sono stati aggregati e rappresentati graficamente. Quindi è stata effettuata una analisi al fine di distinguere le aree di ricerca nanotech maggiormente studiate nell’ambito del sistema della ricerca regionale. A questo scopo, la lista dei titoli presenti in Scopus è stata esaminata alla ricerca delle “Subject category” (aree scientifiche). Le *Subject category* relative a ciascuno dei titoli presenti nel database sono state ad essi assegnate. Quindi il numero di prodotti scientifici relativo a ciascun titolo è stato sommato in funzione delle *Subject category*. È importante notare come la maggior parte dei prodotti scientifici appartenga a più di una *Subject category*. Di conseguenza, la somma dei valori è di molto maggiore del numero di prodotti scientifici. Inoltre 30 titoli, per un totale di 37 prodotti scientifici, non erano presenti nella lista di titoli inseriti in Scopus, probabilmente a causa del fatto che sono stati rimossi dalla lista dopo la pubblicazione degli articoli presenti nel database.

La comprensione e la descrizione delle aree scientifiche nanotech specifiche maggiormente presenti nelle attività di ricerca nella Regione è ovviamente un argomento di massima importanza. I titoli e le keyword proposte dagli autori dei prodotti scientifici sono stati analizzati con questo obiettivo. Ottenuta una lista completa di keyword e di parole del titolo, è stata preparata una lista delle più rappresentate. Parole non significative, quali articoli e pronomi, sono ovviamente state eliminate dalla lista stessa.

Un’ulteriore analisi è stata realizzata riguardo agli autori dei prodotti scientifici. Di conseguenza, è stata preparata una lista di autori (partendo ovviamente dal campo “Autore” dei prodotti scientifici). Quindi, i nomi dei più prolifici sono stati associati con l’istituzione e il dipartimento o istituto a cui appartengono attraverso l’analisi dei siti web degli enti di ricerca. Al termine di questa attività è stata preparata una lista dei dipartimenti maggiormente attivi nelle nanotecnologie.

Lo studio del caso specifico del Centro Ricerche Fiat è stato condotto con una metodologia di ricerca lievemente differente. Questo è stato fatto per ovviare alla restrittività della metodologia di ricerca sopra descritta, e grazie al fatto che, trattandosi di un caso molto più limitato, è stato possibile gestire i dati in maniera manuale. Di conseguenza si è utilizzato il seguente metodo di ricerca dati: dapprima si è effettuata la ricerca del Centro Ricerche Fiat nella maschera di ricerca “Affiliation” di Scopus e, una volta ottenuto il totale delle pubblicazioni scientifiche dell’ente, la ricerca di “nano*” (ovvero di qualsiasi parola iniziante con nano), sempre su TITLE-KEYWORDS-ABSTRACT. In questo modo si è ottenuto un database

composto da 105 pubblicazioni scientifiche. Su questo database è stata condotta una ricerca manuale volta ad eliminare i casi spuri di pubblicazioni non nanotech. Al termine di questa si è arrivati ad un database di 87 pubblicazioni. Su queste si è condotta una analisi simile a quella sopra descritta. Allo scopo di approfondire ulteriormente il caso di studio sono stati reperiti sul database Espacenet dell'European Patent Office³ i brevetti della Classe CPC (*Collaborative Patent Classification*) B82 (*Nanotechnologies*) di cui il Centro Ricerche Fiat è Richiedente⁴. Su questi è stata eseguita una analisi *ad hoc* riguardanti le classi brevettuali accessorie alla B82.

4 RISULTATI

4.1 Il sistema della ricerca piemontese

Il primo punto analizzato è stato quello relativo all'evoluzione temporale della produzione scientifica nanotech del Piemonte. La Figura 1 e la Tabella 1 presentano l'evoluzione temporale anno per anno del numero di prodotti scientifici presenti nel database. Il grafico mostra un andamento in crescita dal 1996 in avanti, con un leggero cambio di passo attorno al 2006. Una regressione lineare calcolata per il grafico è risultata avere coefficiente angolare 1,26 (con intercetta 0 ed $R^2 = 0.78$). È importante tenere presente che il valore per il 2017 deve essere considerato provvisorio, in quanto l'attività di ricerca dati è stata realizzata alla fine dello stesso anno. Ad ogni modo, la crescita è stata costante nonostante la presenza di inevitabili alti e bassi.

L'analisi dei settori di ricerca realizzata utilizzando le *Subject category* di Scopus ha reso i risultati presentati nelle Figure 2 e 3. Nello specifico, la Figura 2 presenta i valori relativi alle 6 *Subject category* più popolate, mentre la Figura 3 presenta la suddivisione del valore di "Other fields" (altri settori) in ulteriori 5 categorie meno popolate. Altre categorie ancor meno popolate non sono presentate per motivi di concisione. È facile vedere come le categorie più rappresentate sono "Materials Science" (109 prodotti scientifici), "Chemistry" (100) e "Physics and astronomy" (85). La quarta *Subject category* in questa graduatoria, "Engineering" (67 prodotti scientifici), presenta poco più della metà dei prodotti scientifici della prima. Questi risultati mostrano una polarizzazione verso le attività di ricerca legate ai nanomateriali, a scapito delle bionanotecnologie, della nanoelettronica e della nanoprodotzione. Questo campo, inoltre, sembra perseguito sotto le declinazioni scientifiche sia delle scienze fisiche sia delle scienze chimiche.

Un ulteriore approfondimento sotto questo punto di vista viene dall'analisi delle parole del titolo e delle keyword proposte dagli autori. Le graduatorie delle presenze dei due gruppi di dati sono presentate nelle Tabelle 2 (parole del titolo) e 3 (keyword). La maggior parte delle parole del titolo possono venir messe in relazione con i nanomateriali: "surface", "film", "nanoparticles". La parola del titolo più rappresentata nella lista è "self-assembled/self-assembly/self-assembling" (per un totale di 51 – ovvero 20 più 20 più 11 – presenze). Inoltre è da tener presente che nella alla lista delle keywords il valore più alto è quello relativo a "self-assembly/self-assembling" (18 più 5 presenze). Di conseguenza, da questa analisi pare che il tema di ricerca dei materiali autoassemblanti sia quello più frequentemente studiato nella Regione.

Un'informazione rilevante relativa al sistema della ricerca regionale è quella sulla distribuzione geografica delle attività di ricerca, ovvero la definizione dei luoghi ove la ricerca viene condotta. A questo scopo, è stata realizzata un'analisi della paternità dei lavori scientifici. Questo metodo ha permesso di elencare i dipartimenti a cui gli autori appartengono, permettendo un'analisi più dettagliata rispetto a quella delle sole affiliazioni, che spesso riporta unicamente l'istituzione principale. I dipartimenti più attivi dei diversi istituti sono riportati in Tabella 4. In particolare, nel Dipartimento di "Nanoscienze e Nanomateriali" dell'INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica) 5 autori hanno pubblicato oltre 10 lavori scientifici.

³ <https://it.espacenet.com/>, sito consultato a luglio 2018

⁴ Nello specifico sono state considerati i brevetti italiani o le estensioni italiane di brevetti internazionali.

All'interno dell'Università del Piemonte Orientale, 4 autori hanno pubblicato oltre 10 lavori scientifici. Altri autori particolarmente prolifici sono presenti al Politecnico di Torino e all'Università di Torino.

4.2 Caso di studio di ricerca privata applicativa: il Centro Ricerche Fiat

Il Centro Ricerche Fiat (CRF) è stato fondato negli anni '70 dello scorso secolo come centro di riferimento per l'innovazione dell'allora gruppo Fiat. È attualmente una Società Consortile per Azioni il cui pacchetto azionario di maggioranza è detenuto da Fiat Chrysler Automobiles N.V. Il suo fatturato annuo si aggira attorno ai 100 milioni di euro, e il personale è costituito da oltre 800 persone. Si tratta quindi di una grande impresa e di un grande centro di ricerca. I risultati relativi a numerosi ritrovati applicati particolarmente, come è ovvio, nel settore dell'automotive mostrano il livello di competenza innovativa del CRF. A questo vanno uniti gli oltre 2.000 brevetti e le numerose pubblicazioni scientifiche.

Per quanto riguarda lo studio dei materiali e più nello specifico le nanotecnologie, il CRF ha subito una notevole evoluzione organizzativa negli ultimi dieci anni. Nel 2010 infatti è stato fondato al suo interno il "Group Materials Lab", il laboratorio di materiali CRF. Questo laboratorio ha avuto origine dalla fusione di tutti i laboratori di ricerca sui materiali del gruppo: oltre al preesistente laboratorio CRF infatti ne sono entrati a far parte il laboratorio di ingegneria dei materiali di Fiat Mirafiori, il laboratorio IVECO e il laboratorio bolognese di Magneti Marelli. Il nuovo Group Materials Lab (GML) è diventata una nuova unità CRF, espandendosi da 30 a circa 200 persone. Questa unità è responsabile a livello globale della ricerca di soluzioni sui materiali per il gruppo FCA: non solo quindi ricerca applicata ma anche soluzioni in ambito produttivo. Il *core* delle attività si svolge tuttavia in Europa.

Nell'ambito CRF in generale (e quindi anche in GML) il *core* delle attività si è spostato negli ultimi anni allontanandosi dalle attività di ricerca di "base" ed avvicinandosi a quelle più vicine all'ingegnerizzazione delle soluzioni da applicare successivamente in produzione. Questa svolta è stata importante per quanto riguarda le nanotecnologie perché ha fatto perdere presenza nel settore a CRF, che quindi opera in misura minore nelle prove di processo e nello sviluppo dei materiali, mentre ha incrementato ovviamente le attività nell'ambito della ingegnerizzazione dei materiali. Nell'ambito della sua struttura l'area "Project management" si interfaccia direttamente con le sezioni ingegneristiche (essendo composta da ingegneri dei materiali) mentre le cinque "Competence area" si occupano direttamente di materiali: metalli, polimeri, trattamenti superficiali e anticorrosione, analisi chimiche e ambientali, analisi fisiche.

GML possiede numerosissimi asset di laboratorio di alto livello (dai dinamometri ai microscopi, dagli strumenti di analisi chimica a quelli per testare durezza e viscosità, e via discorrendo). È importante sottolineare che le attività non sono solo quelle cosiddette "coupled" (legate a prodotti specifici) ma anche quelle "decoupled" ovvero di ricerca sganciata da prodotti già in essere, e quindi di natura maggiormente scientifico-innovativa.

Andando in dettaglio le attività sono suddivise tra ingegneria, *testing* e performance dei materiali. Nello specifico GML si occupa innanzi tutto di *scouting* di nanomateriali: scelta di materiali per nuovi modelli, presidio del processo, standard, e anche test di performance dei materiali. Un esempio sono le *hollow spheres*: nanoparticelle inglobate nel componente plastico per mantenere basso il peso delle parti stampate. Per quanto riguarda l'estetica, le nanotecnologie sono meno presenti, anche se esistono soluzioni all'avanguardia specialmente per la camiciatura dove sono utilizzate particelle magnetiche.

Tra i materiali funzionali è da segnalare lo studio degli additivi per polimeri, con lo scopo di migliorarne le qualità di conducibilità termica ed elettrica, la resistenza meccanica e quella alla fiamma. Oltre a questi sono studiati *coatings* funzionali per la resistenza all'abrasione e *coatings* conduttivi per la realizzazione di schermi *touch*. In particolare viene studiato a questo scopo l'utilizzo del grafene. L'analisi bibliometrica delle pubblicazioni scientifiche CRF, realizzata partendo dal database costruito come sopra descritto, confermano questa descrizione generale dell'Ente di Ricerca: il numero di prodotti scientifici "nano" tocca il suo massimo nel 2012, per poi scendere lentamente (valori alti si trovano anche nel 2014 e 2015, oltre che nel

2007). Questo fattore sembra confermare un lento disimpegno dalle attività di ricerca maggiormente “target free”.

Una analisi simile alla precedente è stata svolta sui titoli e sulle *keywords* dei lavori scientifici. Anche in questo caso i risultati confermano quelli sopra riportati. I termini maggiormente presenti sono infatti grafene, ossido di zinco, polimero, adesivo *hot-melt*, elettrodeposizione, nanocomposito, oltre all’ovvio “automotive”. Tutti questi temi sono stati confermati nel corso dell’intervista che ha portato all’elaborazione del caso di studio.

Trattandosi di un centro di ricerca industriale è sembrato rilevante anche compiere una analisi brevettuale. In particolare sono stati considerati i brevetti italiani della classe CPC B82, “nanotechnologies”⁵. I brevetti sono stati reperiti sul database EPO Espacenet⁶. Sono stati trovati in totale 7 brevetti B82 italiani. Di questi uno vede come richiedente FIAT AUTO SpA (estensione di brevetto con priorità britannica, anno di pubblicazione 1993), 6 FIAT RICERCHE (priorità italiana, anni di pubblicazione dal 2003 al 2012). Per l’analisi sono state considerate le classi brevettuali accessorie alla B82. La classe brevettuale maggiormente rappresentata è G02F (OPTICS; DEVICES OR ARRANGEMENTS) presente 11 volte. Subito dopo con 5 presenze è la G02B (OPTICS, OPTICAL ELEMENTS, SYSTEMS, OR APPARATUS) che è comunque vicina alla precedente e ne è una integrazione. Terza, con 4 presenze, è la classe H01L (BASIC ELECTRIC ELEMENTS; SEMICONDUCTOR DEVICES; ELECTRIC SOLID STATE DEVICES NOT OTHERWISE PROVIDED FOR). Con ogni probabilità si tratta quindi principalmente di brevetti legati a meccanismo optoelettronici che sfruttano ritrovati nanotecnologici.

5 CONCLUSIONI

I risultati sperimentali derivanti dall’analisi del database di pubblicazioni scientifiche utilizzato nel presente lavoro mostrano un ambiente di ricerca abbastanza sfaccettato. Bisogna tener presente, prima di commentare i risultati, che il sistema della ricerca studiato è relativamente piccolo. Di conseguenza, deve essere considerato come abbastanza normale che il numero di pubblicazioni presenti nel database non sia estremamente alto.

I risultati sull’affiliazione degli autori più prolifici mostrano che le attività di ricerca nanotech sono distribuite sull’intero sistema della ricerca regionale. Ci sono ovvie differenze in termini di quantità, ma sono presenti nella lista tutti gli enti in qualche modo coinvolti in aree di ricerca che abbiano attinenza con le nanotecnologie.

Sotto questo punto di vista, è importante notare anche la crescita costante nel numero di pubblicazioni con l’andar del tempo. I due fatti, interpretati insieme, mostrano che il sistema della ricerca regionale è fortemente coinvolto nella ricerca sulle nanotecnologie.

Un punto rilevante da discutere è quello relativo agli argomenti di ricerca. L’importanza dei nanomateriali “self-assembling” (autoassemblanti) nella ricerca regionale è stata presentata nella sezione dedicata ai risultati. È possibile anche che il risultato per “block copolymers” (copolimeri a blocchi) sia da porre in relazione con questo argomento. Altri temi di ricerca ampiamente studiati sono quelli relativi alle nanoparticelle (e probabilmente ai quantum dots come il conteggio delle parole del titolo sembra suggerire), ai materiali magnetici, ai film sottili e al grafene.

Più in generale, deve essere messo in evidenza il disequilibrio delle *Subject category* prima verso le Scienze dei materiali, e poi verso la Chimica e la Fisica, rispetto ad altri temi quali la (nano) Biochimica e Farmacologia e l’Ingegneria. Da un lato, questo fatto riflette probabilmente la composizione dell’ambiente di ricerca, dove in questo campo sono attivi un’università specializzata nelle tecnologie ed un istituto di ricerca specializzato, oltre alle due università

⁵ Il sistema di classificazione brevettuale CPC – *Cooperative Patent Classification*, attivo a partire dal 1 gennaio 2013, è un sistema di classificazione bilaterale sviluppato congiuntamente dall’ufficio brevetti europei EPO e da quello statunitense USPTO. È il sistema principale utilizzato dall’EPO.

⁶ <https://it.espacenet.com/>, sito consultato a luglio 2018.

generaliste. Dall'altro lato, è altresì possibile che anche la composizione del locale ambiente industriale abbia avuto qualche influenza sugli argomenti di ricerca.

Sotto questo punto di vista è interessante l'analisi del caso di studio relativo al Centro Ricerche Fiat. Trattandosi di un ente di ricerca privato dedicato principalmente alla ricerca tecnologica applicativa, presenta un profilo specifico e ovviamente differenziato rispetto a quanto visto qui sopra. Questo permette d'altronde di completare la visione sul sistema regionale della ricerca. Le nanotecnologie hanno giocato un ruolo più importante nel recente passato rispetto al presente, in un ente che d'altronde deve necessariamente seguire i desiderata della dirigenza del Gruppo e i bisogni contingenti della produzione. Purtroppo è importante segnalare il ruolo ottenuto dagli studi sui nanomateriali e sulle loro applicazioni anche in questo contesto strettamente legato all'industrializzazione. Inoltre è importante tenere presente come in questo contesto gli argomenti di studio siano molteplici e legati a diverse aree nanotech. Questo fatto è probabilmente influenzato dalle dimensioni del CRF – circa 200 persone sono impiegate nel solo Group Materials Lab – e dalle necessità produttive che impongono un'ovvia differenziazione.

Come discusso nell'introduzione, questo articolo è in grado di offrire unicamente risultati semplici e preliminari, anche a causa della propria struttura. Tuttavia, può offrire una visione generale sull'argomento specifico della ricerca nanotecnologica nel sistema regionale della ricerca del Piemonte.

RINGRAZIAMENTI: *questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto di ricerca "Le Nanotecnologie in Piemonte: studio per la creazione di un osservatorio operativo regionale" finanziato e sostenuto dalla Fondazione CRT. L'autore è grato alla Fondazione CRT per il sostegno che ha reso possibile il progetto. L'autore è grato alla Piattaforma Tecnologica Regionale MESAP che ha concesso il proprio endorsement al progetto, e al suo Technology Manager Ing. Paolo Dondo per il costante aiuto nello svolgimento di questo progetto. L'autore ringrazia l'Ing. Nello Li Pira per l'aiuto nello studio del caso del Centro Ricerche Fiat. L'autore è grato infine al Direttore del CNR-IRCrES Dr. Secondo Rolfo per il continuo sostegno e la collaborazione scientifica, e a colleghi e colleghe per l'incoraggiamento e la collaborazione.*

6 BIBLIOGRAFIA

- Arnaldi, S. (2014). Exploring imaginative geographies of nanotechnologies in news media images of Italian nanoscientists. *Technology in Society*, 37, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2013.10.005>
- 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), 87–94. <https://doi.org/10.1080/13511610802002304>
- Arnaldi, S. (2017). Changing Me Softly: Making Sense of Soft Regulation and Compliance in the Italian Nanotechnology Sector. *NanoEthics*, 11(1), 3–16. <https://doi.org/10.1007/s11569-017-0286-5>
- Arora, S. K., Porter, A. L., Youtie, J., & Shapira, P. (2013). Capturing new developments in an emerging technology: an updated search strategy for identifying nanotechnology research outputs. *Scientometrics*, 95(1), 351–370. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0903-6>
- Baglieri, D., Cinici, M. C., & Mangematin, V. (2012). Rejuvenating clusters with 'sleeping anchors': The case of nanoclusters. *Technovation*, 32(3–4), 245–256.
- Barra, C., & Zotti, R. (2018). The contribution of university, private and public sector resources to Italian regional innovation system (in)efficiency. *The Journal of Technology Transfer*, 43(2), 432–457.
- Braczyk, H.-J., Cooke, P., & Heidenreich, M. (A c. di). (1998). *Regional innovation systems: the role of governances in a globalized world*. London; Bristol, Pa.: UCL Press.

- 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), 470–479. <https://doi.org/10.1080/21681376.2015.1075898>
- Caputo, G., Cortese, C. G., Emanuel, F., Finardi, U., Ghislieri, C., & Coluccia, S. (2009). *Nanotecnologie: cosa sono e come le immaginiamo - Nanotechnologies: what they are and how we do imagine them*. Boves: Araba Fenice.
- Ecoffier, L. (2008). *A Brief Review of Nanotechnology Related Activities in Italy* (Nanotechnology Law & Business No. 3, vol 4) (pagg. 385–392). United Kingdom.
- Finardi, U., & Vitali, G. (2009). *Il cluster delle nanotecnologie in Piemonte - Nanotechnology cluster in Piedmont* (CNR-Ceris WorkingPaper 2009/10). Torino: CNR-Ceris Istituto di ricerca sull'impresa e sullo sviluppo. Retrieved from <http://www2.ceris.cnr.it/ceris/workingpaper/abstract/wp2009-10.htm>
- Finardi, U. (2012). Nanosciences and nanotechnologies: evolution trajectories and disruptive features. In N. Ekekwe & N. Islam (A c. Di). *Disruptive Technologies, Innovation and Global Redesign: Emerging Implications*. Hershey, PA: IGI Global.
- Lundvall, B.-Å. (A c. di). (1992). *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. London: New York: Pinter Publishers; Distributed exclusively in the USA and Canada by St. Martin's Press.
- Kupriyanov, V., Avilova, N., Kachyrova, V., Minaeva, A., & Arkatov, Y. (2014). Nanotechnology as a factor in the development of regional clusters. *Journal of Applied Engineering Science*, 12(4), 285–290. <https://doi.org/10.5937/jaes12-7165>
- Schröcker, D. (2014). *Key Enabling Technologies for European Growth*. http://www.earto.eu/fileadmin/content/02_Events/Annual_Conference_2014/Doris_Schroeker.pdf (sito consultato a novembre 2018).