

Scienza e Tecnologia: un rapporto incompreso

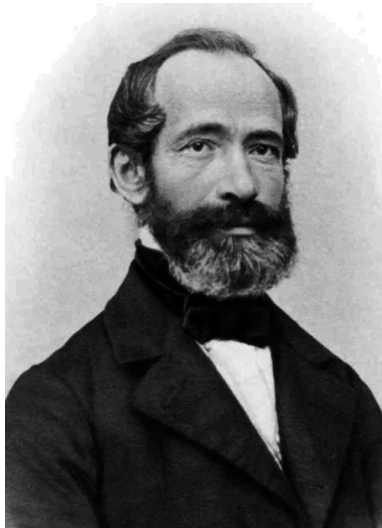
di Angelo Bonomi

Mi sono già occupato in vari articoli su questa rivista del rapporto tra tecnologia e ambiente e tra la cultura tecnologica e quella scientifica e umanistica con i riflessi che comporta a livello dell'istruzione tecnica. In quest'articolo vorrei discutere l'importante rapporto che esiste tra scienza e tecnologia, che non sempre è ben compreso, tenendo conto che la tecnologia è un'attività che esiste dagli albori dell'umanità, mentre la scienza ha cominciato a influenzarla veramente solo da qualche secolo. Nonostante ciò è particolarmente diffusa l'idea sbagliata che scienza e tecnologia siano un tutt'uno, che obbedisce alle stesse regole, e che le scoperte scientifiche si trasformino quasi automaticamente in tecnologie. Questo rapporto tra scienza e tecnologia influenza direttamente molti aspetti dell'attività industriale e, per quanto riguarda il nostro territorio, la sua incomprensione spiega ad esempio alcuni aspetti del fallimento del Tecnoparco del Lago Maggiore la cui velleità in termini d'innovazione tecnologica per il territorio si è scontrata con una gestione che avrebbe richiesto un'esperienza professionale che in realtà non aveva. In questo senso anche l'esaurimento delle attività del NISLabVCO, installato nel Tecnoparco, si può ascrivere a questa incomprensione e ai limiti che esistono in Italia nella trasformazione della ricerca scientifica in tecnologia. Il percorso che trasforma la ricerca in attività industriali incontra moltissimi ostacoli in Italia di natura amministrativa, fiscale e finanziaria, vi è però anche una difficoltà iniziale causata da una mancata visione imprenditoriale della ricerca scientifica che, se anche si eliminassero tutti gli ostacoli citati, costituirebbe un collo di bottiglia allo sviluppo. Questa mancata visione è proprio dovuta all'incomprensione della realtà del rapporto tra scienza e tecnologia. Vorrei iniziare questa discussione con una semplice osservazione. Se visitate i siti internet dei giornali italiani troverete in generale una rubrica chiamata tecnologia nella

quale vi sono essenzialmente notizie riguardo l'informatica e le telecomunicazioni ovvero l'ITC, settore che è anche chiamato comunemente, ma in modo limitativo, tecnologia. Troverete anche una rubrica di scienze in cui si trovano sia notizie scientifiche che tecnologiche non legate all'informatica. Se invece consultate un sito americano, come l'agenzia giornalistica Reuters, non troverete una rubrica di scienza ma solo quella di tecnologia all'interno della quale vi sono sezioni dedicate all'ITC, alle tecnologie in generale e alla scienza. La differenza gerarchica con la quale è considerata la scienza e la tecnologia nei due casi non è così banale ma è indice di una differenza di punti di vista molto importante tra l'Europa e gli Stati Uniti per quanto riguarda il rapporto tra scienza e tecnologia. Questa differenza ha portato, nel caso americano, a uno sfruttamento molto più importante della scienza per la tecnologia con alcuni risultati eccezionali come la Silicon Valley. L'origine di questa differenza non è recente ma è legata all'attività di ricerca & sviluppo (R&S) che rappresenta il passo fondamentale per lo sfruttamento della scienza per le innovazioni tecnologiche. Occorre quindi ripercorrere la storia di quest'attività che è poco conosciuta ma di grande importanza.

L'innovazione tecnologica è stata storicamente soprattutto il risultato di attività d'inventori da Gutenberg per la stampa a Marconi per la radio che è probabilmente l'ultimo grande inventore conosciuto, non che non siano esistiti altri inventori importanti dopo di lui, ma pochi ad esempio conoscono Phil Farnsworth, inventore della televisione, o Chester Carlson, inventore della fotocopiatrice. Infatti dopo Marconi le invenzioni sono diventate soprattutto il risultato di collaborazione tra più ricercatori tanto da far perdere d'importanza all'attività di singoli inventori. In questo cambiamento la R&S ha avuto un ruolo

importante come attività di più ricercatori in un laboratorio, con lo scopo di sviluppare continuamente innovazioni, piuttosto che l'attività di un singolo inventore che persegue un'unica idea innovativa. I primi laboratori di R&S sono stati probabilmente creati in Germania a partire dal 1870 da fabbricanti di coloranti che cercavano nuove molecole per le tinture. Nel 1876 in Germania Carl Zeiss creava un laboratorio per appli-



Carl Zeiss (1816-1888)

cazioni ottiche e, nello stesso anno, Thomas Edison creava il famoso laboratorio a Menlo Park nel New Jersey con circa 20 ricercatori. All'inizio del XX secolo fu creato il Bell Telephone Laboratory dall'American Telephone & Telegraph Company e anche il laboratorio di R&S della General Electric. Nei primi vent'anni del XX secolo si è avuta la creazione negli Stati Uniti di ben 520 laboratori di R&S più o meno grandi. I rapporti di questi laboratori con le università non erano particolarmente intensi e limitati spesso solo a consulenze. Accanto ai laboratori di R&S industriali nacquero negli USA laboratori fornitori di servizi di R&S all'industria. Questo fu il caso dell'Arthur D. Little fondato nel 1909 per servizi professionali all'industria inclusa la R&S, e anche del Mellon Institute, creato presso l'Università di Pittsburgh nel 1913, diventando poi indipendente nel 1927. Nel 1929 il Battelle Memorial Institute creò sulla base delle volontà testamentarie di Gordon Battelle, un industriale dell'Ohio, un laboratorio con 20 ricercatori a Columbus (Ohio). Battelle conobbe una grande espansione dopo la seconda guerra mondiale creando in Europa due importanti laboratori a Francoforte

e a Ginevra. Anche in Italia furono creati i primi laboratori di R&S industriali e notevole è il caso del laboratorio di ricerche nella chimica dell'azoto creato a Novara da Giacomo Fauser nel 1924 sviluppatosi per iniziativa di Guido Donegani, allora presidente della Montecatini, e che esiste tuttora con il nome di questo grande imprenditore. Durante la seconda guerra mondiale il governo americano creò tre importanti laboratori a Los Alamos, Hanford e Oak Ridge per lo sviluppo di armi nucleari. Questo sviluppo fu condotto tra il 1942 e il 1946 attraverso il Progetto Manhattan che, con il suo costo al valore attuale di 26 miliardi di \$ e le 130.000 persone coinvolte, rappresenta probabilmente il più grande progetto di R&S mai condotto finora. Questi laboratori continuarono la loro attività nel dopoguerra occupandosi anche di applicazioni civili, e due ulteriori laboratori nazionali vennero creati ad Argonne (Chicago) e Brookhaven (New York). Verso l'anno 2000 il governo americano cedette la gestione dei laboratori di Oak Ridge e Brookhaven, e altri laboratori nazionali minori, a Battelle facendo diventare questa organizzazione una delle più grandi se non la più grande nel management di attività di R&S con 22000 impieghi e oltre 6 miliardi di \$ di budget che corrispondono all'incirca al totale degli investimenti di tutta l'industria italiana in R&S. Nel dopoguerra vi fu una grande espansione della R&S industriale anche in Europa e perfino in Giappone mentre alcune università si aprirono alla R&S. Ad esempio l'Università di Stanford creò nel 1945 lo Stanford Research Institute, incaricando Battelle per la sua organizzazione. Questo laboratorio divenne più avanti un attore importante per lo sviluppo della Silicon Valley. Anche in Europa nel dopoguerra nacquero organizzazioni per la R&S per l'industria e uno studio della Commissione Europea del 1989 censiva 110 organizzazioni con un fatturato di circa un miliardo di Euro ai valori attuali. Fino agli anni 80 l'attività di R&S fu principalmente condotta dall'industria spesso in condizioni di competizione e segretezza. Dopo questi anni assunsero d'importanza anche altre organizzazioni, non solo di R&S su contratto, ma anche università, laboratori pubblici o privati e, con la disponibilità di finanziamenti del cosiddetto venture capital, piccole società chiamate start up, che svolgono R&S con lo scopo di vendere le tecnologie sviluppate o acquisire capitali per trasformarsi in un'azienda industriale. D'altra parte le grandi industrie limitarono la R&S al loro campo specifico perseguendo innovazioni

più radicali attraverso l'acquisto di tecnologie dalle start up, attraverso contratti di R&S con laboratori, cooperazioni con altre industrie, e acquistando o vendendo tecnologie e competenze. Questo nuovo modo di sviluppare innovazioni tecnologiche, non più solo legato ai propri laboratori di R&S, è chiamato con il termine inglese di open innovation. Scorrendo la storia della R&S, anche se essa è nata in Germania, è negli Stati Uniti che ha trovato per varie ragioni il più grande sviluppo anche per l'esistenza di un'importante R&S militare, che assunse grandi dimensioni durante la seconda guerra mondiale e poi nella guerra fredda, e le cui ricadute civili hanno portato a nuove importanti tecnologie ad esempio nel campo dei computer e dell'aviazione. Storicamente la nascita della Silicon Valley è proprio attribuita a piccole società attive nella R&S elettronica per il Pentagono che, a causa della crisi petrolifera del 1973 con l'orientamento verso l'energia dei finanziamenti governativi, persero i contratti militari e si diversificarono allora verso applicazioni civili aiutati anche dallo Stanford Research Institute.

L'innovazione tecnologica è un processo molto complesso, mentre la ricerca per nuove tecnologie, le sorgenti di finanziamento, le motivazioni industriali, finanziarie e strategiche sono largamente studiate e ben comprese in campo accademico, il processo per il quale un'idea tecnica innovativa si sviluppa in una nuova tecnologia di successo è poco documentato e studiato. Tuttavia è proprio questo processo che condiziona i rapporti tra scienza e tecnologia, ed è studiato solo da una minoranza di ricercatori in campo economico e sociale, principalmente negli USA. Presentiamo quindi alcuni aspetti di queste conoscenze che sono importanti per comprendere la realtà dei rapporti tra scienza e tecnologia.

Il primo passo è di dare una definizione generale di tecnologia utile per comprendere i fenomeni innovativi. In un libro sulla natura della tecnologia, scritto da Brian Arthur, un economista che lavora al Palo Alto Research Centre in California, si definisce la tecnologia come un'attività che soddisfa uno scopo umano. Si tratta di una definizione molto ampia che incidentalmente può comprendere anche la R&S e perfino la ricerca scientifica che può essere vista come una tecnologia per sviluppare la conoscenza della natura. Che la R&S e la ricerca scientifica abbiano una natura tecnologica è confermato dal fatto che per la loro

esecuzione è necessario, come per tutte le tecnologie, un know how specifico e così un ricercatore che lavora in campo biochimico non può certo fare ricerche anche in campo metallurgico. Nel libro sulla natura della tecnologia Brian Arthur osserva anche come le nuove tecnologie siano in realtà una nuova combinazione di tecnologie già esistenti ma che sfrutta un nuovo fenomeno scoperto dalla scienza. Così ad esempio il laser si compone di circuiti elettronici conosciuti ma arrangiati in modo da poter sfruttare il fenomeno dell'emissione coerente di luce, oppure la fotocopiatrice si compone essenzialmente di sistemi d'illuminazione, di spargimento di polvere fine di carbone e di movimentazione dei fogli in modo da sfruttare le proprietà di film di materiali che si caricano elettricamente, quando esposti alla luce, attirando la polvere di carbone su una matrice che permette poi la stampa della copia. Un altro aspetto con cui la scienza influenza la tecnologia riguarda l'uso dei risultati della ricerca scientifica nell'indicare possibili condizioni ottimali nello sviluppo o miglioramento di una nuova tecnologia. Così ad esempio le proprietà termodinamiche di composti chimici possono essere utili per conoscere le condizioni nelle quali può avvenire una reazione chimica nella ricerca ad esempio di un nuovo processo metallurgico. Questi due aspetti di sfruttamento di nuovi fenomeni e di uso dei risultati scientifici rappresentano la base fondamentale del rapporto tra la scienza e la tecnologia. Sulla tecnologia esistono poi vari studi e perfino modelli matematici per una sua rappresentazione generale. Quello che ci interessa è soprattutto la visione dell'innovazione tecnologica come un cambiamento in cui la nuova tecnologia si presenta differente da tecnologie già esistenti che hanno lo stesso scopo. La differenza può essere piccola, e in questo caso l'innovazione si dice incrementale, mentre se la differenza è importante l'innovazione si dice radicale. Ad esempio per la scrittura il cambiamento dalla macchina da scrivere meccanica a quella elettrica ha rappresentato un'innovazione incrementale, mentre la sostituzione avvenuta della macchina da scrivere con un computer e la stampante rappresenta un'innovazione radicale. Questa differenza è molto importante poiché le innovazioni radicali possono dare grandi vantaggi competitivi alle aziende che le sviluppano attraverso la forza dei loro brevetti e per il fatto che possono richiedere competenze che le aziende concorrenti non hanno. La R&S è la tipica attività che può realizzare innovazioni radicali

mentre le innovazioni incrementali sono spesso il risultato di sperimentazioni effettuate direttamente negli impianti industriali e quest'attività è chiamata con il termine inglese di learning by doing (LbyD) ovvero imparare facendo. Ci si può chiedere se le innovazioni radicali possono nascere solamente dallo sfruttamento di nuovi fenomeni scoperti dalla ricerca scientifica e trasformati in innovazioni dalla R&S. In realtà non è vero poiché è possibile sviluppare un'innovazione tecnologica radicale semplicemente da un forte cambiamento tecnologico senza ricorrere alla ricerca scientifica. Possiamo illustrare questo caso ricorrendo a un esempio proprio del nostro territorio costituito dalla famosa caffettiera Moka Express della Bialetti che si impose sul mercato con un cambiamento radicale rispetto alla caffettiera detta Napoletana. Nella Fig. 1 abbiamo riportato lo schema delle due caffettiere. La differenza non è solo nella struttura delle caffettiere ma anche nel materiale usato, alluminio nella Moka Express e lamierino di ferro nella Napoletana, e nella fabbricazione che usa la pressofusione nella Moka Express e la saldatura del lamierino nella Napoletana. Sappiamo tutti come questa innovazione tecnologica abbia avuto effetti positivi sul territorio del VCO. Possiamo citare anche molti altri casi ma quello che è importante è che questo tipo d'innovazione, che è uno sviluppo combinatorio, non è il risultato di R&S legata alla ricerca scientifica e neppure semplicemente del LbyD effettuato sugli impianti, ma è alla base della competitività tecnologica di molte imprese italiane, in particolare nei distretti industriali, dove si osserva il paradosso di bassi investimenti in R&S nonostante posizioni tecnologiche dominanti. Tuttavia queste situazioni non sono sempre stabili, ne sa qualcosa l'industria orologiera svizzera che negli anni 70 dominava la fabbricazione meccanica di orologi e che si è trovata improvvisamente in competizione con gli orologi elettronici giapponesi basati sull'effetto piezoelettrico del quarzo e l'indicazione digitale dell'ora con cristalli liquidi. Alla fine degli anni 70 era scomparso circa il 40% delle industrie orologiere svizzere e il settore fu salvato da una concentrazione in una sola grande holding di molte aziende, e dallo sviluppo di una nuova concezione di orologio, lo SWATCH®. Questo fu possibile poiché la Svizzera già conosceva la tecnologia del quarzo, ma la applicava solo a qualche modello di alta gamma, invece non conosceva la tecnologia dei cristalli liquidi e in effetti non produsse mai orologi a indicazione digitale. Per questo è

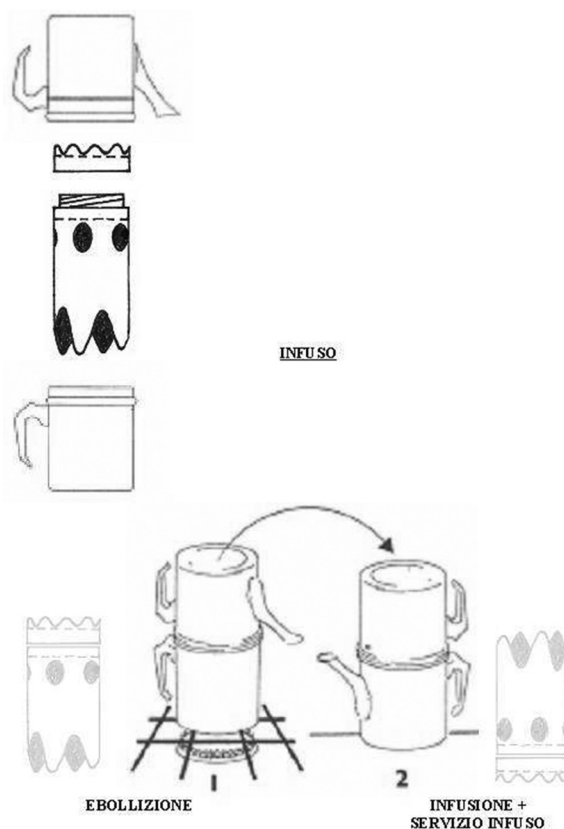
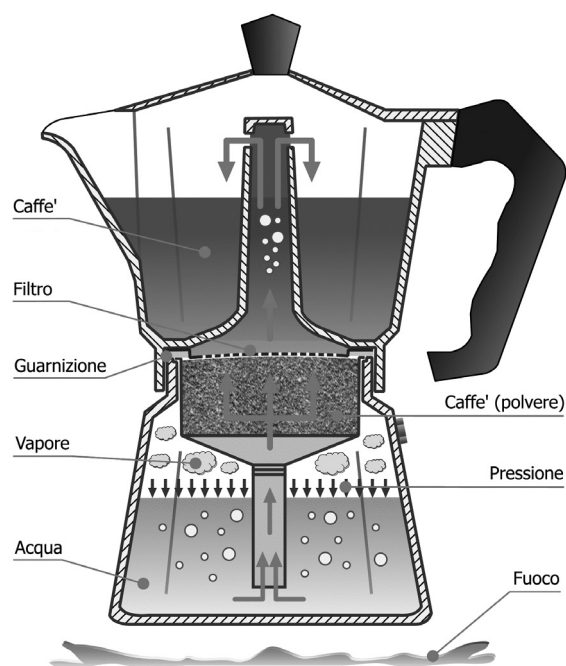


Figura 1
Esempio d'innovazione radicale nelle caffettiere.
Sopra: caffettiera Napoletana.
Sotto: caffettiera moka espresso.



necessario che l'industria italiana capisca anche l'importanza della R&S con l'introduzione di nuove tecnologie, ad esempio le nanotecnologie, nei loro prodotti convenzionali prima che questo sia fatto da qualche paese emergente.

Dopo avere illustrato vari aspetti della tecnologia e dell'innovazione tecnologica possiamo descrivere come avviene il processo innovativo che trasforma un'idea tecnica innovante in una nuova tecnologia di successo. Questo avviene attraverso una sequenza di varie fasi che comprendono la generazione dell'idea innovante, opera della creatività individuale o di relazioni generative tra varie persone, lo studio di fattibilità che verifica la possibilità di sfruttare le conoscenze scientifiche per l'innovazione considerata, lo sviluppo per verificare le sue reali possibilità tecniche e la validità economica e l'industrializzazione che pianifica l'inserimento industriale dell'innovazione. Anche l'uso della tecnologia è sorgente d'innovazione, tipicamente incrementale attraverso il LbyD sugli impianti. Un aspetto importante delle innovazioni più radicali è l'innesco di un grande numero d'innovazioni incrementali che sono all'origine dell'impatto socio-economico della tecnologia.

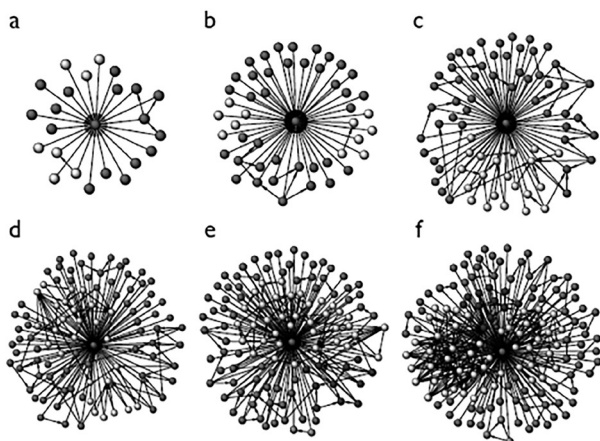


Figura 2
Sviluppo dei brevetti sulla tomografia computerizzata dal 1973 al 2004

Nella Fig. 2 abbiamo riportato come esempio lo sviluppo dei brevetti della moderna tecnica radiologica della tomografia computerizzata dal brevetto iniziale del 1973 fino al 2004. Ogni pallina del grafico rappresenta un brevetto mentre i tratti rappresentano legami di un brevetto con brevetti precedenti sia come

miglioramento o alternativa tecnica. Si osserva che l'impatto socio-economico di una nuova tecnologia non dipende tanto dalla ricerca di punta che rende possibile l'innovazione radicale, ma soprattutto dal lavoro di tecnici laureati e diplomati che si occupano dell'espansione delle applicazioni. Questo spiega la grande importanza della formazione tecnica intermedia sia a livello universitario che di scuola superiore, cosa che in Italia non sembra sia stato ancora ben compreso. In conclusione possiamo vedere come la tecnologia e la sua innovazione abbiano le proprie regole e i propri processi che sono differenti da quelli della ricerca scientifica. Possiamo riassumere ciò nel fatto che la ricerca scientifica persegue la conoscenza della natura mentre la R&S persegue scopi umani ed è sottoposta a fattori molto più difficili da gestire. L'incomprensione del complesso rapporto tra scienza e tecnologia rende meno efficace lo sfruttamento dei risultati scientifici per la tecnologia ed è in un certo modo all'origine dei differenti punti di vista che esistono a questo proposito tra America ed Europa che discutiamo qui di seguito.

Nel settembre del 2014 si è tenuta a Roma una conferenza presso la sede del Consiglio Nazionale delle Ricerche sul tema dell'insegnamento universitario e ricerca e in particolare sui rapporti tra università e altre entità economiche e sociali come ad esempio l'industria. Le università europee sono messe sotto pressione dall'Unione Europea e dai propri governi per aumentare i loro rapporti esterni ed eventualmente ottenere anche fondi aggiuntivi. Non si tratta solo di rapporti tra facoltà scientifiche e tecniche e l'industria, ma anche tra facoltà umanistiche ed entità come musei o centri culturali. Nelle università europee quest'orientamento è considerato come una "terza missione" in aggiunta alle tradizionali missioni della didattica e della ricerca. Questa terza missione preoccupa molti ricercatori che la considerano spesso come una limitazione alle missioni tradizionali. Questo tipo di conferenze è organizzato da un'associazione internazionale di ricercatori, principalmente europei, ma anche in parte americani e di altri paesi, che studiano le attività universitarie. Ho avuto occasione di partecipare a questa conferenza presentando un mio lavoro svolto in collaborazione con il CERIS, ora divenuto Istituto di Ricerche sulla Crescita Economica Sostenibile (IRCrES), e in cui ho studiato l'attività di trasferimento tecnologico di due organizzazioni interne all'Uni-

versità di Torino: il NIS nel campo delle nanotecnologie, e che è stato il supporto scientifico del NISLabVCO, e Agrioinnova che si occupa di attività per l'industria agro-industriale. Questa conferenza è stata particolarmente illuminante sulla differenza di visione tra le università europee e quelle americane. Nella conferenza plenaria finale il Prof. John Douglass dell'università californiana di Berkeley ha sostenuto come negli Stati Uniti la terza missione, che preoccupa tanti ricercatori delle università europee, sia sempre stata integrata nelle attività universitarie. La ricerca scientifica è quindi considerata non solo un'attività culturale ma anche un servizio alla società. Nella conferenza plenaria iniziale, Alice Lamm, ricercatrice della Scuola di Management dell'Università di Londra, ha confermato queste differenze attraverso un'indagine che ha condotto sulle motivazioni dei ricercatori delle maggiori università del Regno Unito arrivando a considerare che solo in una parte minore di essi si ha un interesse diretto sulle applicazioni tecnologiche delle loro ricerche scientifiche. Questa situazione è pienamente confermata anche dal mio studio sull'Università di Torino. Nel caso di Agrioinnova il fatto che nella sua attività decennale abbia generato solo sei brevetti e una start up si giustifica con la sua attività principalmente diagnostica per problemi agroindustriali, nel caso del NIS, legato direttamente ad attività innovative come le nanotecnologie, si è osservato che in dieci anni di attività ha prodotto circa 950 pubblicazioni scientifiche ma solo cinque brevetti e tre spin off indicando un ben basso livello di generazione di applicazioni tecnologiche. Questa situazione mi è stata confermata anche da discussioni con ricercatori del NIS che considerano che solo il 10-20% dei ricercatori si interessa veramente ad applicazioni tecnologiche delle loro ricerche, mentre la maggior parte vede la loro attività semplicemente come un fatto culturale. Il caso dell'Università di Torino non è isolato ma tipico dell'università italiana. Un rapporto pubblicato nel 2014 dalla NETVAL, l'associazione di circa 60 università italiane attive nel trasferimento tecnologico, indica un numero totale di brevetti di queste università che è dello stesso ordine di grandezza di quello prodotto da un'unica grande università americana. I dati dell'indagine di Alice Lamm mostrano che la situazione italiana in termini di sfruttamento della ricerca è ben peggiore di quella nel Regno Unito, fatto che non è aiutato dall'insistenza in cui in Italia non si vuole separare sul piano nor-

mativo la formazione universitaria tecnica e scientifica da quella umanistica, come avviene in molti altri paesi europei, deprimendo così la spinta all'utilizzazione tecnologica della ricerca. Un altro problema, anch'esso segnalato nella presentazione di Alice Lamm, riguarda lo sbocco degli studenti e ricercatori che conducono lavori di tesi o giovani ricercatori con contratti a termine, che sono chiamati in inglese post doc, e che hanno molte difficoltà a proseguire in una carriera universitaria che gerarchicamente si restringe sempre di più in termini di posti disponibili. Questo problema è particolarmente acuto in Italia, dove non solo esistono limitazioni sulla sostituzione di ricercatori universitari che vanno in pensione, ma non si fanno nemmeno tutti i concorsi necessari per la sostituzione parziale ammessa. Uno sbocco possibile per questi ricercatori potrebbe essere nella generazione di start up derivate dalle loro ricerche o l'impiego in società attive nelle nuove tecnologie dette New Technology

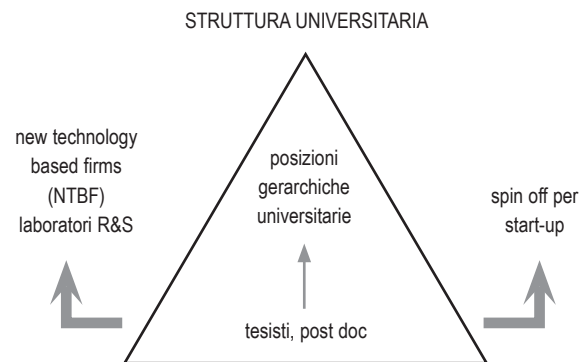


Figura 3 Il problema dello sbocco e utilizzo delle competenze scientifiche.

Based Firms (NTBF), o anche nei laboratori di ricerca industriale come illustrato nello schema della Fig. 3. Questo processo di collocamento di questi giovani ricercatori è sfavorito dal diffuso clima puramente culturale della ricerca scientifica, senza offrire un minimo di formazione riguardo al processo di trasformazione delle ricerche scientifiche in tecnologie che potrebbe favorire gli sbocchi nelle start up e nelle NTBF.

Considerando ora il nostro territorio e il caso del NISLabVCO, che aveva sollevato all'inizio molto interesse per il suo legame con il NIS, aprendo la possibilità di sfruttare le sue ricerche scientifiche per creare innovazione presso l'industria, possiamo

chiarire alcune cause del sostanziale fallimento nei suoi obiettivi. Una di queste è sicuramente da attribuire alla mancanza di relazioni sufficienti tra le attività del NIS e quelle del NISLabVCO per il disinteresse da parte degli universitari a collaborare attivamente con il laboratorio del Tecnoparco. Per illustrare questo voglio citare un fatto che ho vissuto direttamente all'inizio delle attività del NISLabVCO. Dei ricercatori del NIS avevano studiato la fabbricazione di nanotubi di carbonio a bassa temperatura che aveva dato adito a una domanda di brevetto nel quadro di una collaborazione con un'azienda tessile che si interessava al loro uso per il rinforzo di tessuti. Il progetto era sospeso anche per un cambio di proprietà avvenuto nell'azienda. Per proseguire era necessario fabbricare campioni di materiale rinforzato dai nanotubi di dimensione sufficientemente grande per poter eseguire le prove meccaniche necessarie, cosa che era difficilmente realizzabile nell'università per la necessità di costruire un reattore di grandi dimensioni negli spazi ristretti dei laboratori. L'idea proposta era allora di realizzare questo reattore al NISLabVCO, dove vi erano ampi spazi, ma anche di allargare la collaborazione industriale con varie società di materiali poiché i nanotubi erano utilizzabili anche per il rinforzo di altri prodotti come i caschi e i giubbotti antiproiettili. Questa proposta alla fine fu fatta cadere e le ricerche universitarie sui nanotubi si orientarono verso applicazioni potenziali differenti dal rinforzo di materiali. Le motivazioni che probabilmente stanno alla base di questo rifiuto sono a mio avviso molto indicative della situazione d'incomprensione dei rapporti tra scienza e tecnologia. Da una parte mostrano come dei ricercatori utilizzino l'interesse applicativo delle loro ricerche per ottenere fondi aggiuntivi con lo scopo però di condurre essenzialmente ricerche scientifiche considerando quasi come un disturbo la continuazione delle attività in termini di R&S. D'altra parte mostrano un timore infondato che il passaggio delle loro ricerche verso la R&S riduca la possibilità di continuare le loro ricerche scientifiche sul tema. Anche qui bisogna sfatare l'idea che una visione imprenditoriale dei risultati scientifici sia limitativa della ricerca scientifica. Questa è la potenziale sorgente d'idee innovanti e non vi è nessuna ragione di limitarla, e i risultati scientifici importanti che provengono dagli Stati Uniti nonostante la loro visione imprenditoriale della ricerca ne sono una dimostrazione.

Possiamo ora fare qualche considerazione sul perché della differenza tra l'ambiente universitario europeo, e in particolare quello italiano, e l'ambiente universitario americano. Vi sono sicuramente ragioni storiche legate alla differente origine delle università americane rispetto a quelle europee. Mentre quest'ultime si sono evolute in un ambiente culturale secolare, le università americane si sono formate rapidamente soprattutto nel XIX secolo. Anche se la famosa università di Harvard vicino a Boston è antica e fondata nel 1636, le università prevalentemente tecnologiche, come il famoso Massachusetts Institute of Technology (MIT), è stato fondato solo nel 1861, mentre l'università di Stanford, che è una delle attuali maggiori università americane, è stata fondata nel 1884. Le università americane del XIX secolo si sono poi confrontate con un paese in pieno sviluppo e con molte risorse che le hanno spinte a una maggiore attenzione verso i bisogni del paese e non solo verso i valori culturali. Il caso dell'Italia è particolarmente emblematico per segnalare la differente concezione universitaria. La cultura umanistica prevalente, che tollera in un certo senso l'esistenza di una cultura scientifica, ma che considera la cultura tecnologica del tutto secondaria, non è senza effetti anche su molte persone che si occupano di scienza ma che ne vedono essenzialmente i valori culturali trascurando quelli applicativi che sono invece molto importanti nel rapporto tra scienza e tecnologia nell'interesse del paese. Ho già avuto occasione di discutere, nel raccontare la storia del Cobianchi, l'origine di questa mentalità prevalente che può essere attribuita all'impostazione educativa generale data dalla riforma Gentile nel 1931, mentre è risaputo come questa riforma si sia ispirata alle idee di Benedetto Croce, filosofo che considerava la matematica, la scienza e ancor più la tecnologia come espressioni intellettuali minori. Vorrei chiarire subito un possibile malinteso. Si può considerare del tutto normale che in Italia la cultura umanistica, anche per il forte legame storico esistente, sia più importante che in altri paesi. D'altra parte non si può dimenticare che l'importanza di Benedetto Croce come filosofo è riconosciuta anche all'estero e che egli stesso ha dato un importante contributo culturale e politico al paese, ma sulla cultura scientifica e tecnologica aveva un'idea sbagliata, e l'impatto che la scienza e la tecnologia hanno avuto nel XX secolo sull'umanità gli ha dato torto. Non è così paradossale che un grande filosofo o scienziato abbia

anche delle idee sbagliate, Albert Einstein, che è considerato uno dei più grandi fisici esistiti, aveva sue idee controverse sui fondamenti della fisica quantistica, la fisica degli atomi e delle particelle elementari, che egli stesso aveva contribuito al suo sviluppo. Immaginò perfino un esperimento che avrebbe potuto confermare le sue idee. Questo esperimento, molto complesso, fu realizzato solo dopo la sua morte e fu dimostrato che aveva torto. Resta il fatto che le numerose riforme fatte nel campo dell'istruzione nel dopoguerra non hanno cambiato molto la situazione. Per quanto riguarda l'istruzione scientifica e tecnica questa è stata condotta in fondo con gli stessi criteri usati per la riforma Gentile, con il regime che aveva interesse ad accentrare l'educazione, in particolare togliendo la programmazione di quella tecnica al ministero dell'industria. Nel dopoguerra questo accentramento burocratico e legislativo è rimasto invariato mentre l'apporto dell'industria nella programmazione educativa tecnica in un tempo di grandi cambiamenti tecnologici è rimasto marginale se non nullo. In particolare l'approccio puramente umanistico all'educazione ha impedito la separazione tra le facoltà umanistiche e quelle scientifiche e tecniche che rispondono ad altre esigenze. Questo invece è avvenuto, non solo per le università americane, ma anche in paesi europei vicini come la Svizzera con i suoi due politecnici federali o come la Francia, dove la separazione, avvenuta all'inizio del XIX secolo con l'Ecole Polytechnique, voluta da Napoleone che aveva ben compreso l'importanza della tecnologia in campo militare e civile, fu seguita poi dalla fondazione di tutta una serie d'Ecoles d'Ingénieurs. In Italia l'esempio francese aveva avuto seguito a Torino nel 1859 con la Scuola di Applicazione per Ingegneri e a Milano nel 1863 con L'Istituto Tecnico Superiore, divenuti poi i due Politecnici che conosciamo, ma poi sottoposti allo stesso ordinamento universitario di tutte le altre facoltà, mentre le riforme del dopoguerra non hanno modificato la situazione per tener conto del particolare ruolo della tecnologia e del suo rapporto con la scienza, e ora se ne paga le conseguenze con il basso rapporto di trasferimento tecnologico rispetto all'attività scientifica osservato negli studi.

Un'ultima considerazione che si può fare riguarda la poca attenzione che ha l'industria italiana, anche per la prevalenza di piccole o medie industrie (PMI), verso l'utilizzazione dei risultati

della ricerca scientifica. Nella realtà, come abbiamo spiegato in precedenza, la PMI italiana persegue altri modi di fare innovazione tecnologica senza il ricorso a una vera e propria R&S con i pericoli che abbiamo citato. La PMI comunque non ha in generale né i mezzi né l'esperienza per poter fare un lavoro d'identificazione di potenziali innovazioni dai risultati delle ricerche scientifiche. Questo compito potrebbe essere condotto nelle università attraverso un'attività di trasferimento tecnologico e di organizzazioni ponte, anche interne all'università, unito a una disponibilità da parte dei ricercatori per delle collaborazioni. La lunga esperienza nella ricerca su contratto con l'industria ha dimostrato che questa reagisce a proposte concrete d'innovazione, che devono essere molto numerose perché diano statisticamente dei risultati positivi, e solo marginalmente prende l'iniziativa di contattare la ricerca per i suoi bisogni in R&S. La mancata osservanza di questa regola è stata in Italia un'importante fonte di fallimenti nello sviluppo di rapporti con l'industria per l'innovazione tecnologica.