

L'auto elettrica come innovazione radicale: alcune riflessioni sulla situazione attuale

SAVERIA CAPELLARI

DEAMS, Università di Trieste

1. INTRODUZIONE

L'auto elettrica viene considerata dalla letteratura economica e dalla pubblicistica corrente un'innovazione radicale. In questo paper si vuole proporre qualche riflessione su questo tema confrontando la situazione attuale con quella che usualmente si accompagna (o si dovrebbe accompagnare) alla diffusione di un'innovazione radicale.

Nella prima parte ci si sofferma sul concetto di innovazione radicale cercando di trarre dalla letteratura sul tema le implicazioni che si determinano dall'uso di questo concetto. In quest'ambito verranno anche considerate definizioni vicine e altrettanto importanti come quella di "disruptive innovation", utilizzata maggiormente nell'ambito dell'analisi manageriale, e quella di "Key Enabling Technologies" che identifica le innovazioni più pervasive, destinate a cambiare in profondità i modi di produzione.

Nella seconda parte si considerano alcuni dati sull'innovazione nel settore dell'automobile e nel settore dell'auto elettrica per descrivere nei suoi tratti essenziali la situazione attuale.

Si farà infine cenno al ruolo del settore pubblico che in questo campo è particolarmente importante perché l'auto elettrica si trova al crocevia di due fallimenti del mercato (quello legato alla diffusione dell'innovazione e quello legato all'inquinamento) e perché in tutti i paesi si sta agendo oramai da tempo con un intervento sul piano degli obiettivi molto ambizioso e che agisce "come da manuale" sia sul piano della "demand pull" che su quello del "technology push".

2. INNOVAZIONI RADICALI E IMPLICAZIONI

La definizione di innovazione radicale oltre ad evocare cambiamenti importanti ha un significato piuttosto preciso. Si intende con essa riferirsi ad un'innovazione che consente a colui il quale la mette in atto

e se ne può appropriare – con l’assunzione dei diritti di proprietà attraverso brevetti – di sbaragliare la concorrenza e imporre un prezzo di monopolio sui suoi prodotti. L’introduzione della nuova tecnologia, o del nuovo prodotto, crea dunque un nuovo mercato. In questo contesto semplificato, la creazione dell’innovazione e un regime di protezione forti sembrerebbero sufficienti a generare un drastico cambiamento a vantaggio degli innovatori e dei consumatori.

La definizione così concepita è tuttavia troppo semplificata e ristretta soprattutto per quelle innovazioni che hanno un potenziale effetto su molti settori e (in generale) sugli stili di vita della popolazione.

Questo genere di innovazioni ha bisogno di particolari condizioni per svilupparsi che conviene menzionare: investimenti complementari; diffusione di standard tecnologici; creazione di mercato sufficientemente ampio perché l’impresa (le imprese) possano acquisire una scala di attività che consenta la necessaria riduzione dei costi.

In questi casi si utilizzano spesso definizioni più “descrittive” come quella di General Purpose Technologies o di Key Enabling Technologies che sottolineano, da un lato, l’aspetto sistemico e, dall’altro, il ruolo cruciale che ha la “diffusione” della tecnologia.

In questo contesto, l’attribuzione dei diritti di proprietà non è uno strumento sufficiente e forse nemmeno adatto alla diffusione nel mercato del nuovo prodotto.

In effetti, è stato bene messo in luce dalla letteratura teorica (Katz e Shapiro, 1985; 1992) e dalle recenti analisi dell’esperienza storica (Bessen, 2014; Bessen e Nuvolari, 2011; Moser, 2013) che l’introduzione nell’economia di innovazioni sistemiche ha richiesto nel passato e richiede oggi modalità di collaborazione più aperte.

Sebbene l’impatto dell’auto elettrica possa essere più limitato rispetto ad altre più pervasive tecnologie (dall’ICT all’elettricità) tuttavia essa possiede certamente alcune caratteristiche dell’innovazione sistemica sul fronte del suo utilizzo, ma anche su fronte della produzione. In particolare, è assolutamente evidente che esistono vincoli molto forti al suo sviluppo determinati dalla necessità di investimenti complementari e alla creazione di standards.

Nella visione proposta tra gli altri da Enrietti e Patrucco (2010), nel caso dell’auto elettrica l’innovazione appare un’attività collettiva e distribuita, che beneficia del contributo congiunto di diversi attori, poiché nessuna impresa può dominare interamente tutte le competenze tecnologiche ed organizzative necessarie allo sviluppo della nuove tecnologie. In particolare, la diffusione della tecnologia richiede l’attivazione di complementarità tra gli sforzi innovativi delle imprese e di altri attori quali centri di ricerca e laboratori universitari.

D’altra parte, le innovazioni radicali cambiano i “core technical concepts” e le connessioni tra questi, e ciò implica, da parte degli incumbents, costi elevatissimi per la transizione verso il nuovo “sistema” (Anderson, 1986). In questo senso, l’auto elettrica potrebbe essere anche considerata una “disruptive technology”, o innovazione dirompente Christensen (1997), poiché provoca una rottura con il passato nella struttura dell’impresa, dalla supply chain al modello di business. Altri studi (Bower e Christensen, 1995) mostrano che generalmente gli incumbents non sono in grado di individuare queste tecnologie con sufficiente velocità.

3. ALCUNE CONSIDERAZIONI SULL’INNOVAZIONE NEL SETTORE AUTOMOBILISTICO: R&D E BREVETTI

Quello automobilistico è uno dei settori economici più importanti del manifatturiero. Inoltre, costituisce un esempio classico di settore verticalmente integrato con elevate economie di scala e con un sistema innovativo che potremmo definire “chiuso”, centrato sulla Ricerca e Sviluppo interna e sulle relazioni con i fornitori e con i clienti. Le collaborazioni hanno un ruolo importante ma sono per lo più di carattere formale e legate a regole di appropriabilità precise.

Frequentemente si realizzano alleanze con i fornitori che rivestono ruoli chiave nel processo di determinazione del valore del prodotto e appartengono quindi in pieno alla catena del valore. La collaborazione aperta con l'Università o con i centri di ricerca è meno centrale e quasi inesistente quanto ai brevetti in collaborazione (Aggeri et al. 2009; Lissoni, 2012) Tuttavia altre forme di collaborazione, centrate sull'interazione tra formazione universitaria/ricerca e imprese possono essere molto diffuse, in particolare in sistemi fortemente integrati come quello tedesco.

Benché il settore automobilistico sia considerato un settore a media intensità di ricerca e sviluppo, la spesa in R&D in valore assoluto lo porta in testa alla graduatoria mondiale. Infatti nei primi 10 posti della graduatoria vi sono tre gruppi automobilistici: Volkswagen (prima nel 2013 e nel 2014), Toyota e Daimler (Tavola 1). Google e Daimler entrano tra le top ten nel 2014 (European Scoreboard, 2015).

Tavola 1. Graduatoria mondiale delle imprese per valore degli investimenti in R&D (prime 11 posizioni)

Posizione	Denominazione	Nazionalità	Settore
1	VOLKSWAGEN	Germany	Automobili e parti
2	SAMSUNG	South Korea	App.Elettroniche ed elettriche
3	MICROSOFT	US	Servizi Software & Computer
4	INTEL	US	App. e tecnologie Hardware
5	NOVARTIS	Switzerland	Farmaceutico e Biotecnologie
6	ROCHE	Switzerland	Farmaceutico e Biotecnologie
7	TOYOTA MOTOR	Japan	Automobili e parti
8	JOHNSON & JOHNSON	US	Farmaceutico e Biotecnologie
9	GOOGLE	US	Servizi Software & Computer
10	DAIMLER	Germany	Automobili e parti
11	GENERAL MOTORS	US	Automobili e parti

Fonte: European R&D Scoreboard (2015)

Tavola 2. Graduatoria mondiale delle imprese per valore degli investimenti in R&D (prime 11 posizioni)

Posizione	Denominazione	Nazionalità	Settore
1	VOLKSWAGEN	Germany	Automobili e parti
2	DAIMLER	Germany	Automobili e parti
3	BMW	Germany	Automobili e parti
4	SANOFI-AVENTIS	France	Farmaceutico e Biotecnologie
5	ROBERT BOSCH	Germany	Automobili e parti
6	SIEMENS	Germany	App.Elettroniche ed elettriche
7	GLAXOSMITHKLINE	UK	Farmaceutico e Biotecnologie
8	AIRBUS	The Netherlands	Aerospazio e difesa
9	ERICSSON	Sweden	App. e tecnologie Hardware
10	NOKIA	Finland	App. e tecnologie Hardware
11	FIAT	Italy	Automobili e parti

Fonte: European R&D Scoreboard (2015)

Se consideriamo l'Europa, l'importanza del settore automobilistico è ancora più elevata: le imprese del settore guidano i ranking e, al quinto posto, compare Bosh il più importante produttore europeo di componenti (Tavola 2).

Una misura dell'attività inventiva delle compagnie automobilistiche (ed anche della corsa in atto sulle nuove tecnologie) si ottiene guardando ai brevetti. Come era da attendersi, l'attività delle imprese dominanti appare molto intensa e, nel periodo 2007-2013, fortemente dinamica. L'industria automobilistica è il terzo settore al mondo per numero di brevetti (dopo le telecomunicazioni e dell'informatica; computer and peripherals) ed è anche quello che ha sperimentato la crescita più elevata, in particolare nell'area della propulsione. Le imprese leader assolute per numero di brevetti complessivo sono, nell'ordine, Toyota, Bosch e Hyundai, mentre nell'area tecnologica della propulsione, Toyota, sempre in testa, è seguita da Bosch e da Denso e da GM (Thompson e Reuters, 2015, su dati WIPO). Un altro aspetto molto interessante che emerge dai brevetti è che, nel campo della guida autonoma, fa il suo ingresso Google accanto ai produttori di automobili che, in quest'area tecnologica, sono nell'ordine GM (di cui si osserva un'accelerata decisa nell'ultimo periodo) Toyota e Hyundai.

Guardando ai dati sulle imprese è facile anche costruire un'immagine di quali sono i paesi leader nella produzione. Le imprese giapponesi hanno un ruolo dominante in diretta competizione con le imprese tedesche (Bosh, Daimler), mentre gli USA sembrano avere una posizione meno dominante. Le imprese cinesi non hanno ancora raggiunto una dimensione tale da entrare nella graduatoria mondiale, tuttavia la Cina non ha solo un enorme potenziale dal lato della domanda (OECD, 2014) ma pare determinata a raggiungere posizioni molto significative anche sul fronte dell'offerta di tecnologia, come si sottolineerà più avanti.

Risulta chiaro che il settore è particolarmente forte anche sul piano dell'innovazione, ma può essere molto costoso per gli incumbents transitare verso un nuovo sistema essendo almeno in parte anche intrappolati nella "vecchia" traiettoria tecnologica.

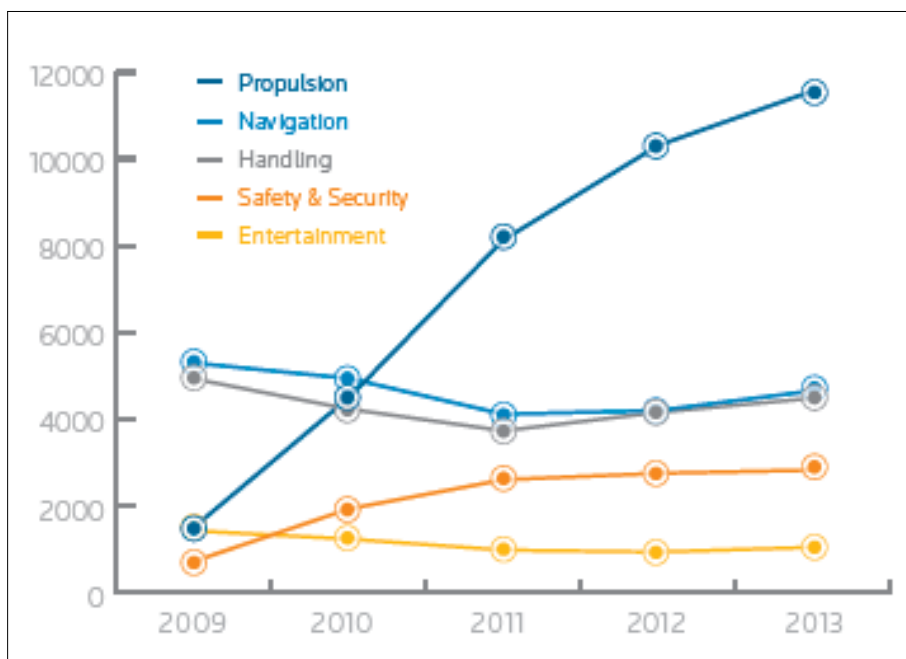


GRAFICO 1 – Numero di invenzioni brevettate per anno nel settore automotive
Fonte Thompson Reuters (2015)

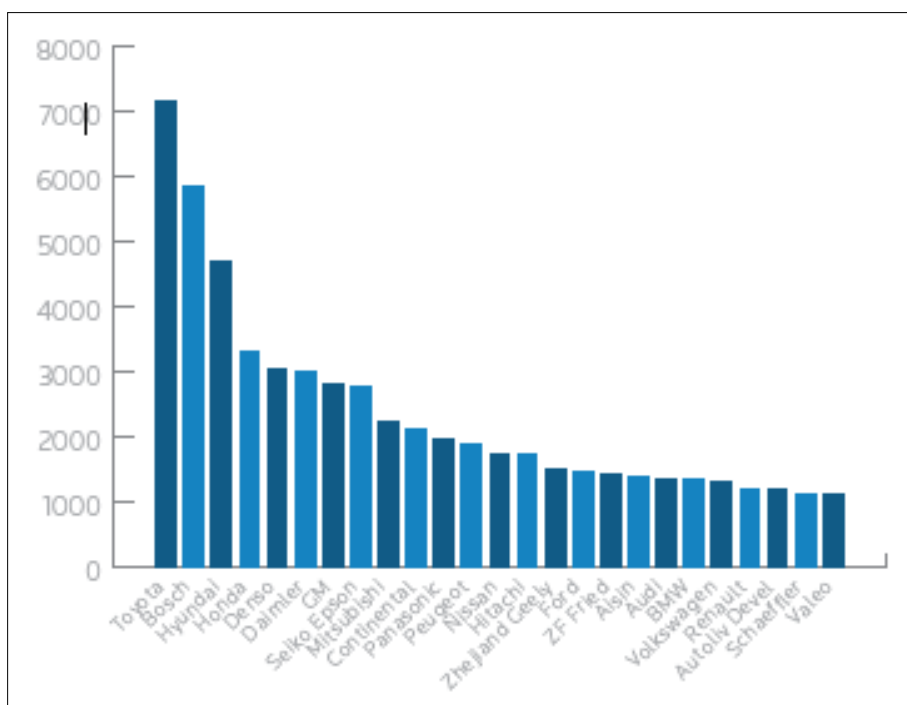


GRAFICO 2 – Top assignees 2009-2013
Fonte Thompson Reuters (2015)

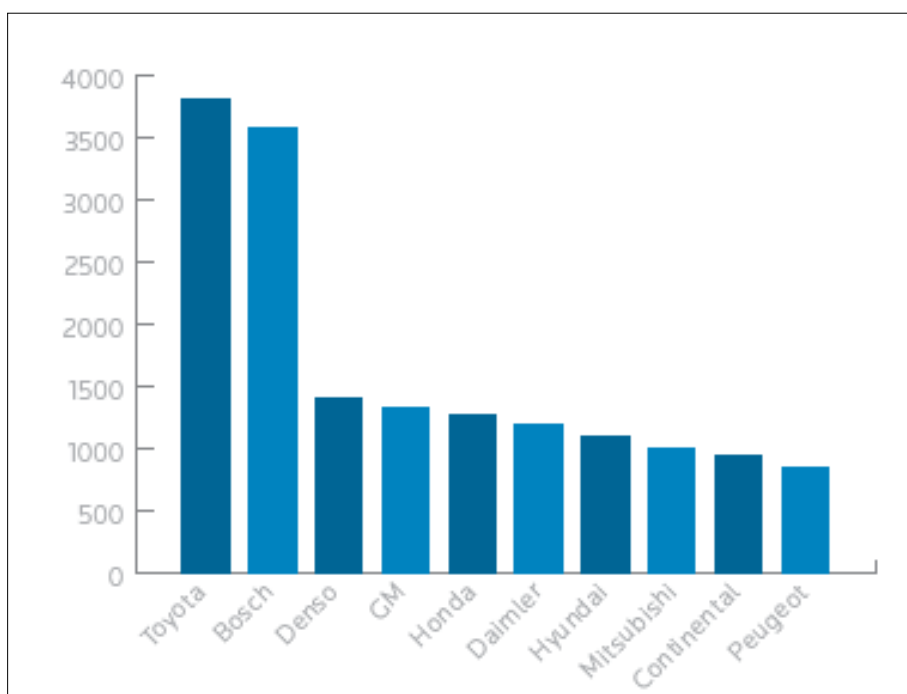


GRAFICO 3 – Top assignees nella propulsione
Fonte Thompson Reuters (2015)

In questo contesto, la questione dei brevetti è tornata prepotentemente alla ribalta, di recente, con la dichiarazione di Tesla Motors – una start up del settore in grande crescita, importante produttore mondiale di auto elettriche e soprattutto impresa produttrice di auto solo elettriche – di mettere a disposizione di tutti il proprio patrimonio brevettuale rinunciando a perseguire chi li utilizzi – “All Our Patent Are Belong To You”, dichiarazione di E. Musk 12 giugno 2014:

“Noi crediamo che Tesla, e le altre aziende che fanno auto elettriche, e il mondo intero, trarrebbero più vantaggi da una piattaforma tecnologica in rapida evoluzione comune”. “La nostra vera concorrenza non è il piccolo rivolo di auto elettriche Tesla non in produzione, ma piuttosto l’enorme flusso di auto a benzina che escono dalle fabbriche di tutto il mondo ogni giorno”.

Tavola 3 – I principali brevetti di Tesla

Brevetto	Titolo	Imprese che hanno citato i brevetti di Tesla
US7698078 (2007)	Electric vehicle communication interface	IBM, Daimler Benz, Denso
US7671565 (2006)	System and method for fusibly linking batteries	Panasonic, Tesla, Audi
US7890218 (2007)	Centralized multi-zone cooling for increased battery efficiency	Tesla, Ferrari, Renault
US8696051 (2012)	System for absorbing and distributing side impact energy utilizing a side sill assembly with a collapsible sill insert	Renault
US7923144 (2007)	Tunable frangible battery pack system	Audi, Panasonic
US7683570 (2007)	Systems, methods, and apparatus for battery charging	Tesla, Toyota
US8720968 (2012)	Charge port door with electromagnetic latching assembly	Tesla, Nissan, Toyota
US8402776 (2012)	Thermal management system with dual mode coolant loops	Hyundai
US8664907 (2011)	Fast switching for power inverter	Tesla, GE
US7841431 (2009)	Electric vehicle thermal management system	Bosch, GM, Renault

Fonte: Ambercite (2015)

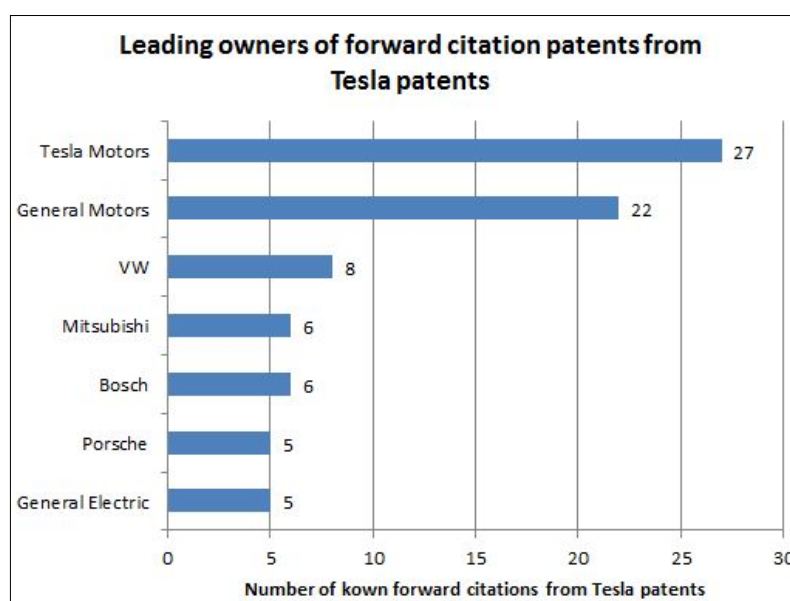


GRAFICO 4 – Le citazioni forward dei brevetti di Tesla Motors
Fonte: Ambercite (2015)

I più importanti brevetti di Tesla Motors, sono tutti piuttosto recenti e sono stati citati fino ad oggi in modo importante General Motors e, a grande distanza da Volkswagen, Mitsubishi e Bosh.

Tesla Motors, evidentemente, spera che i benefici prodotti dalla massiccia diffusione delle auto elettriche saranno maggiori degli svantaggi che possono giungere dal rafforzamento della concorrenza e, aspetto probabilmente centrale, spera in questo modo di imporre uno standard e di beneficiare di un'economia di rete nel momento in cui verranno condivise abbastanza conoscenze da creare una piattaforma tecnologica comune.

In questa scelta Tesla è stata seguita in maggio da Ford, sia pur con una modalità "più protetta". Ford ha annunciato alla fine di maggio 2015 di rendere disponibili agli altri produttori di automobili i brevetti riguardanti le tecnologie dell'auto elettrica, sia pur in cambio di un "compenso" non ancora definito. Ha annunciato, inoltre, che prevede di assumere 200 ingegneri dedicati a risolvere le questioni tecnologiche che rallentano il progresso del settore dell'auto elettrica.

3. I BREVETTI NELL'AUTO ELETTRICA E GLI ELEMENTI DI APERTURA DEL SISTEMA INNOVATIVO

La dinamica tecnologica nell'auto elettrica viene analizzata sulla base dei dati sui brevetti elaborati dall'OECD e confrontata con l'andamento dell'innovazione nelle altre tecnologie ambientali da Hašič e Migotto (2015)¹. Confrontando l'andamento del numero di invenzioni brevettate nei diversi ambiti emerge con tutta evidenza che l'innovazione nel campo delle automobili ha avuto, negli anni più recenti, un andamento molto dinamico, superato solo dalle tecnologie per l'energia eolica² (Grafico 5).

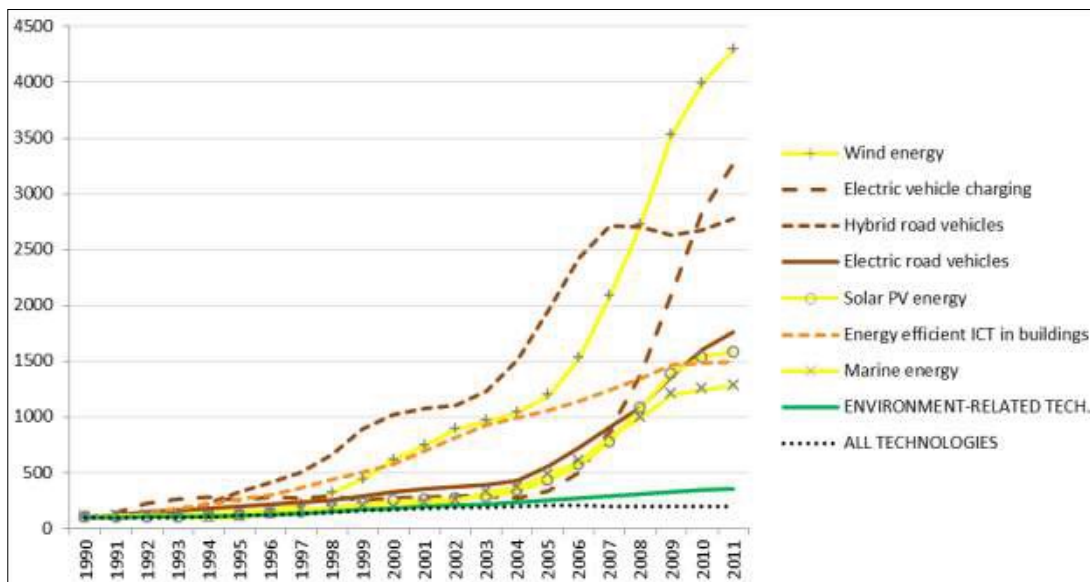


GRAFICO 5 – Andamento delle invenzioni nell'auto elettrica e nelle altre tecnologie ambientali
Fonte: Hašič e Migotto (2015)

1 I dati OECD sui brevetti misurano l'intera popolazione di invenzioni brevettate nel mondo (e non solo quelle assegnate attraverso il Patent Cooperation Treaty (PCT)), consentono una differenziazione per qualità dei brevetti stessi ed anche di distinguere tra le invenzioni "nuove" e le estensioni della protezione brevettuale in altri mercati (Hašič e Migotto, 2015).

2 Si osservi dal grafico che l'innovazione nelle tecnologie ambientali ha comunque un andamento molto più sostenuto della media.

L'innovazione dell'auto elettrica, in particolare, ha avuto un'accelerazione molto significativa a partire dal 2004. Dal 2006, si osserva un'impennata nella brevettazione di invenzioni nell'area delle batterie con un andamento che, alla fine del periodo, permette al settore di superare, in valore assoluto, il numero di invenzioni nelle auto ibride (grazie anche ad una flessione dell'attività inventiva in quest'ultimo settore).

Dall'analisi di Haščič e Migotto (2015) risulta anche che, diversamente da quanto emerso precedentemente, non vi è una dominanza molto forte di un paese sugli altri, anche se il Giappone si pone indubbiamente come un (il) paese leader. L'indice di specializzazione relativa nelle invenzioni legate all'auto elettrica ed ibrida costruito dagli autori, infatti, non assume valori particolarmente elevati: è superiore ad 1 solo per il Giappone (1,8) e per la Germania (1,1) mentre per gli USA è pari a 0,9. Interessante osservare anche i paesi di localizzazione della produzione di auto elettriche e di batterie. Qui emerge con grande forza la posizione della Cina che supera di gran lunga Giappone, Germania e Stati Uniti.

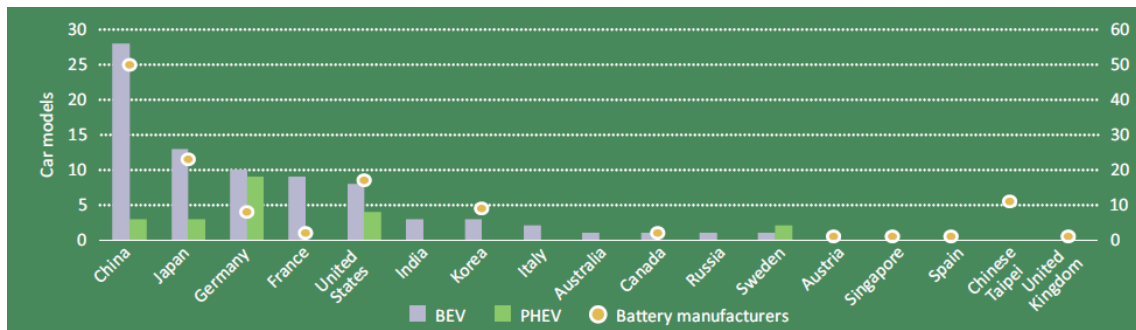


GRAFICO 6 – Modelli di auto elettrica disponibili e produttori di batterie
Fonte: IEA (2015)

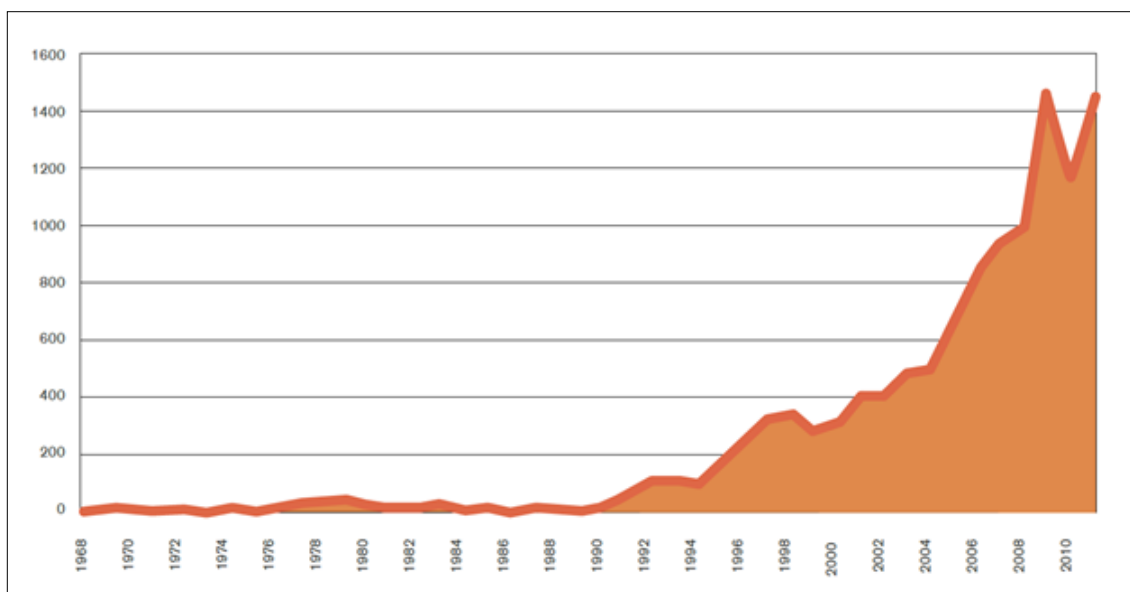


GRAFICO 7 – Pubblicazioni in co-authorship nelle automobili elettriche e ibride.
Fonte: Sarasini et al., 2013

Il passaggio all'auto elettrica sembra richiedere anche da un punto di vista strettamente tecnico, una maggiore apertura del sistema alla collaborazione. L'area delle competenze tecniche nelle innovazioni per l'auto elettrica, in particolare per la batteria, coinvolge non solo la meccanica e l'elettronica ma anche la chimica (mech-chem-tronics).

Complessivamente, la produzione di auto diviene più vicina alla ricerca di base ed anche alla produzione accademica. Evidenze in questa direzione emergono considerando le pubblicazioni realizzate in co-authorship (Grafico 2).

Se le co-brevetazioni con il settore della ricerca pubblica (Università e Centri di ricerca) sono ancora limitate, tuttavia è prevedibile che tendano a crescere grazie ai progetti di R&D in collaborazione incentivati dalle politiche pubbliche. Secondo uno studio della Commissione europea (Zubaryeva e Thiel 2013) che ha fatto un censimento dei progetti di R&D&D per l'auto elettrica messi in campo nei paesi europei per gli anni dal 2007 al 2015 con il supporto di fondi pubblici, la collaborazione tra produttori e università e centri di ricerca appare di una certa importanza anche se obiettivamente non centrale. Tuttavia le università come partner sono particolarmente presenti nell'area delle batterie (Grafico 8). In quest'ambito c'è un forte coinvolgimento delle Università tedesche e qualche presenza delle università inglesi (Surrey, Cambridge e Sheffield) e, infine, per l'Italia il centro di ricerche Fiat e l'università di Genova.

Complessivamente la situazione dei diversi paesi europei è piuttosto variegata (la Germania fa lo sforzo più rilevante per impegno profuso nella R&D&D) sia per le aree in cui si concentra la ricerca ed sia per le specifiche strategie, legate in alcuni casi a progetti che riguardano le grandi città metropolitane tra cui Berlino.

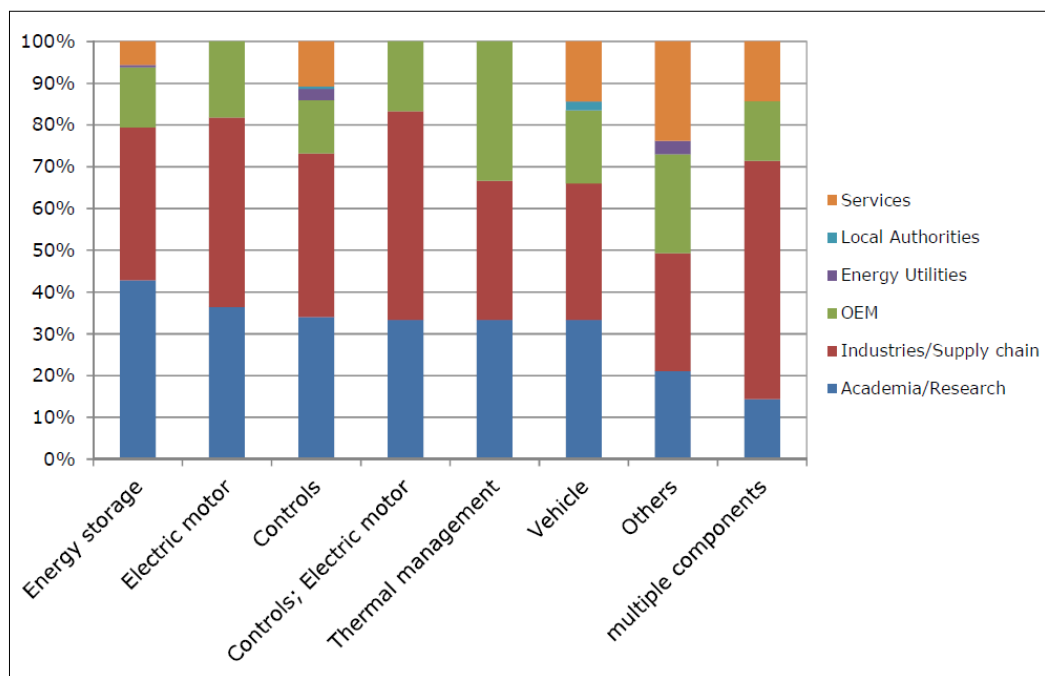


GRAFICO 8 – Progetti R&D in cooperazione nei paesi europei
Fonte: Zubaryeva e Thiel (2013)

4. ALCUNE CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'introduzione nel mercato di innovazioni radicali sembra richiedere, alla luce della teoria così come dell'esperienza storica, sistemi innovativi più aperti di quelli che dominano i mercati già strutturati attorno a grandi imprese come quello dell'automobile. Essa, infatti, richiede lo sviluppo di investimenti complementari (come quelli nella rete) e la definizione di uno standard dominante che renda possibile la creazione di un mercato ampio che generi il potenziale per una riduzione dei costi produzione grazie alle economie di scala. La situazione che emerge dalla analisi proposta in questo lavoro mostra una situazione che appare ancora problematica.

Il primo elemento che appare evidente è che il mercato è ancora fortemente dominato dalle grandi case automobilistiche che sembrano partecipare ad una corsa all'innovazione anche nel settore dell'auto elettrica con modalità molto competitive. La rottura introdotta di recente da Tesla Motors segnala che il contesto presente non è in grado di produrre la quantità di investimenti complementari necessari a permettere il passaggio ad una produzione di massa, ma non sembra, da solo, sufficiente a favorire l'emergere di una piattaforma tecnologica comune, benché la mossa di Ford lasci pensare che un effetto di rottura dello status quo si sia prodotto.

Sul fronte delle invenzioni, segnali di cambiamento del "sistema innovativo" vengono dal fatto che l'innovazione nell'auto elettrica coinvolge aree scientifiche più ampie (Mech-chem-tronics) e più aperte alla collaborazione di quelle che caratterizzano la produzione delle automobili tradizionali.

D'altra parte la dinamica della brevettazione mostra che il piano delle invenzioni è stato in questi anni particolarmente produttivo (grazie anche ad importanti finanziamenti pubblici alla ricerca) e che gli ostacoli principali sembrano trovarsi più a valle, in particolare nella scelta tra tecnologie alternative e nella definizione di standard che possano diventare dominanti.

Questo aspetto interagisce con il fatto che la diffusione dell'auto elettrica genera benefici per l'ambiente in modo territorialmente non uniforme (recentemente, tra gli altri, Holland et al. 2015; Cambing et al. 2015), poiché i benefici sono maggiori della media nelle aree congestionate come quelle metropolitane. L'incentivazione pubblica all'uso dell'auto elettrica si è realizzata perciò a macchia di leopardo, concentrandosi in alcune aree ed in alcune grandi città (ad esempio, Parigi, Berlino e in alcune città cinesi), dove i vantaggi sono maggiori, spesso con una pluralità di scelte tecnologiche, con la coesistenza di più standard, con costi diretti probabilmente rilevanti e, soprattutto, con una riduzione dell'ampiezza potenziale del mercato.

Vi è da chiedersi se questa caratteristica "locale" dei benefici dell'auto elettrica non ne costituisca un aspetto strutturale tale da rendere probabile un persistere, nello spazio, di soluzioni tecnologiche differenziate che possono alla fine competere sulla base della dimensione dei singoli mercati. In questo scenario il ruolo che la Cina potrebbe assumere come produttore sarebbe certamente non marginale.

Riferimenti bibliografici

- AGGERI F., ELMQUIST M., POHL H. (2009), “Managing learning in the automotive industry – The innovation race for electric vehicles”, *International Journal of Automotive Technology and Management* 9 (2), pp. 123-147.
- BESSEN J. (2014), “History Backs Up Tesla’s Patent Sharing”, *Harvard Business Review*, June 15.
- BESSEN, J.E., NUVOLARI A. (2011), “Knowledge Sharing Among Inventors: Some Historical Perspectives in Revolutionizing Innovation: Users, Communities And Open Innovation”, MIT Press, 2012; *Boston Univ. School of Law, Law and Economics Research Paper* No. 11-51; LEM Working Paper 2011/21.
- CANBING LI, YIJIA CAO, MI ZHANG, JIANHUI WANG, JIANGUO LIU, HAIQING SHI, YINGHUI GENG (2015), “Hidden Benefits of Electric Vehicles for Addressing Climate Change Nature Scientific Report 5”, Macmillan.
- CHRISTENSEN C.M. (1997), *The innovator’s dilemma: when new technologies cause great firms to fail*, Boston, Massachusetts, USA: Harvard Business School Press.
- CHRISTENSEN C. M., BOWER J. L. (1995), “Disruptive technologies: catching the wave”, *Harvard Business Review*. January–February.
- ENRIETTI A., PATRUCCO P.P. (2010), “Open Innovation and Systemic reconfiguration in the car industry: the case of electric vehicles”, *Bureau of research in innovation*.
- European Commission (2014), *The 2014 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*, Bruxelles.
- HAŠČIČ I., MIGOTTO M., (2015), “Measuring Environmental Innovation Using Patent Data: Policy Relevance”, *OECD Environment Working Papers*.
- HOLLAND S.P., MANSUR E.T., MULLER N.Z., YATES A.J. (2015), “Environmental Benefits from Driving Electric Vehicles?” *NBER Working Paper* No. 21291.
- KATZ M.L., SHAPIRO C. (1985), “Network Externalities, Competition and Compatibility”, *The American Economic Review*, 75 (3), pp. 424-40.
- KATZ M.L., AND SHAPIRO C. (1992), “Product Introduction with Network Externalities”, *The Journal of Industrial Economics*, 40 (1), pp. 55-83.
- International Energy Agency (2015), *Tracking clean energy progress*, Geneva.
- LISSONI F. (2012), “Academic patenting in Europe: An overview of recent research and new perspectives”. *World Patent Information*, 34, pp.197-205.

- MOSER P. (2013), “Patents and Innovation: Evidence from Economic History”, *Journal of Economic Perspectives*, 27(1): 23-44.
- OECD (2014), *CHINA – The Case of Electric Vehicles*, Parigi.
- ZUBARYEVA, A. THIEL C. (2013), “Paving the way to electrified road transport – publicly funded research, development and demonstration projects on electric and plug-in vehicles in Europe”, *JRC Scientific and Technical report*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.