

**LEZIONI**

**DI**

**GESTIONE KNOW HOW**

**MANAGEMENT DELLE TECNOLOGIE**

**Agosto 2001**

**Angelo BONOMI**

# PARTE I

## BASI TEORICHE

### 1. DEFINIZIONE DI TECNOLOGIA

La parola tecnologia è largamente usata accanto ad altre come scienza e tecnica per indicare un'attività umana che esiste dagli albori della civiltà e che si è sviluppata attraverso la produzione di manufatti, prodotti e servizi. Le conoscenze che permettono all'uomo di realizzare prodotti e servizi rappresentano il suo saper fare e sono generalmente indicate con il termine inglese di "know how".

Nel nostro contesto utilizzeremo la parola Tecnologia con la T maiuscola per indicare l'insieme delle tecnologie originate dall'attività umana. Nonostante che nel linguaggio corrente, soprattutto nei nostri tempi, si confonda ampiamente Tecnologia e Scienza esse sono due attività umane ben distinte che hanno obiettivi differenti pur essendo in stretta relazione. Mentre la Tecnologia ha come obiettivo l'arte di produrre beni e servizi, la Scienza ha l'obiettivo di aumentare le nostre conoscenze sulla natura nel senso più ampio di questa parola. Mentre la Tecnologia si è sviluppata nel corso di alcuni millenni della storia dell'uomo, la Scienza, e il metodo scientifico che la caratterizza, è nata solo da alcuni secoli fa ed ha influenzato, attraverso processi che descriveremo più avanti, in maniera molto forte lo sviluppo della Tecnologia.

Per dare una dimostrazione di come la Tecnologia sia sempre stata un'attività umana indipendente e con sue specifiche caratteristiche abbiamo riportato alla Pagina 3 il testo di una legge della Repubblica di Venezia emanata il 19 marzo 1474, novant'anni prima della nascita di Galileo Galilei considerato universalmente uno dei padri fondatori del "metodo scientifico". Questa legge, la prima emanata in occidente per proteggere le attività inventive, contiene praticamente tutti gli aspetti moderni con cui la Tecnologia interagisce con la Società, come: caccia ai cervelli, protezione delle invenzioni, utilità dell'innovazione tecnologica per la nazione, criteri di definizione di novità tecnica relativa a un territorio, diritti di sfruttamento esclusivo e sua durata, lotta alla contraffazione e privilegio di sfruttamento delle innovazioni da parte dello Stato.

Le tecnologie sono in continua evoluzione con velocità di cambiamento che possono variare a seconda dei settori industriali considerati. Per questo, quando si parla di gestione di know how o management di tecnologie, si intende in realtà *la gestione ed il management del cambiamento di know how e tecnologie*. La gestione e il management di know how o tecnologie fissate nel tempo appartiene invece al campo del management e gestione della produzione.

La definizione convenzionale di Tecnologia parla in generale di scienza applicativa dedicata alla produzione di beni o servizi. Nella Pagina 4 abbiamo riportato due definizioni di Tecnologia provenienti da due enciclopedie, una della fine del XIX Secolo e l'altra della fine del XX Secolo. Le due definizioni sono molto simili, a parte il riconoscimento di un aspetto evolutivo e sociale nella definizione più moderna. Si può quindi osservare che la visione convenzionale della Tecnologia non è cambiata negli ultimi secoli ma questa visione non ci aiuta molto a capire la natura e i processi evolutivi della Tecnologia.

## LEGGE DELLA REPUBBLICA DI VENEZIA del 19 marzo 1474

Ci sono in questa città e ne vengono ogni giorno temporaneamente a causa della sua grandezza e bontà, degli uomini di luoghi diversi con uno spirito molto acuto, in grado di pensare e trovare ogni specie di invenzioni ingegnose (caccia ai cervelli). E se si considerasse che il loro lavoro e le loro invenzioni (attività inventiva), se chiunque altro le vedesse non potesse effettuarle levandogli così l'onore (protezione delle invenzioni), questi uomini eserciterebbero il loro talento e inventerebbero e farebbero delle cose che sarebbero di considerabile utilità e vantaggio per il nostro Stato (utilità delle innovazioni tecnologiche per la nazione).

E' per questo che si decide che per autorità di questo Consiglio, chiunque farà in questa città una nuova e ingegnosa invenzione, mai messa in esecuzione prima d'ora nel nostro territorio (criteri di novità relativa al territorio), come essa sarà portata a compimento (completamento dell'invenzione) in maniera da poterla usare (prodotto) ed esercitare (processo), sarà tenuto a darla in nota al nostro ufficio (deposito dell'invenzione) dei "Provveditori de Comun". Restando proibito a chichessia e non importa chi dei nostri territori (diritto di sfruttamento esclusivo) di fare tutt'altra invenzione che abbia la forma e somiglianza a questa senza il consenso preventivo e la licenza (cessione dei diritti di utilizzazione) dell'autore e questo per dieci anni (durata limitata dello sfruttamento esclusivo).

E allo stato delle cose, se qualcuno farà questo, l'autore e inventore soprannominato avrà la libertà di poterlo citare davanti a qualsiasi ufficio (denuncia di contraffazione) di questa città e il detto ufficio obbligherà il sopraddetto che avrà contraffatto pagargli la somma di cento Ducati e l'invenzione sarà distrutta immediatamente (danni, interessi e confisca). Tutto restando libero per la nostra Signoria, a suo giudizio, di prendere e usare per i suoi bisogni qualsiasi degli strumenti o invenzioni suddette (privilegio di sfruttamento per lo Stato), alla condizione tuttavia che alcuna altra persona salvo l'autore possa esercitarli.

## DEFINIZIONI DI TECNOLOGIA

*Enciclopedia Universale (fine XIX Secolo)*

Scienza delle arti industriali ..... Scopo suo precipuo è quello di procurare agli artefici ed agli industriali le cognizioni teorico-pratiche necessarie a ben riuscire e perfezionare le loro produzioni

*Enciclopedia Generale De Agostini (fine XX Secolo)*

Complesso delle macchine, degli strumenti, dei processi produttivi e delle conoscenze applicate di una società in un determinato periodo. Sottintende l'esistenza delle organizzazioni sociali e produttive che permettono l'effettuazione di quei processi. In senso più stretto si intende per tecnologia qualsiasi applicazione scientifica alla produzione di beni o servizi

*Santa Fe Institute, Anni 90, (B. Arthur, S. Kauffmann, J. Lobo, W.G. Macready, P. Auerswald, K. Shell)*

Ecosistema composto dalle innumerevoli tecnologie che cooperano o competono tra di loro in funzione della loro efficienza. Una tecnologia può essere considerata come una sequenza di operazioni, ognuna caratterizzata da un possibile insieme di istruzioni. Ogni tecnologia può essere definita attraverso le operazioni e le istruzioni che la caratterizzano ed il valore della sua efficienza. Essa può essere così rappresentata in uno spazio multidimensionale chiamato Paesaggio Tecnologico.

Il Paesaggio Tecnologico è un paesaggio dinamico che riflette la natura di ecosistema nel quale opera la tecnologia e la cui efficienza relativa è il risultato della competizione o cooperazione tra la varie tecnologie.

Le tecnologie utilizzate cambiano con il tempo ed il processo alla base del cambiamento è chiamato innovazione tecnologica. Lo sviluppo di un'innovazione tecnologica può essere rappresentato da un percorso nel paesaggio tecnologico che, da un assetto iniziale innovativo di operazioni tecnologiche, si incammina, attraverso opportune modifiche delle istruzioni, verso una posizione di efficienza ottimale relativa della nuova tecnologia

Verso la fine degli anni 80 presso il Santa Fe Institute, fondazione nata alla metà degli anni 80 e dedicata allo sviluppo della nuova Scienza della Complessità nello stato americano del New Mexico, nasceva una nuova visione della natura della Tecnologia portata avanti poi da ulteriori studi negli anni 90 che, accanto a una visione della tecnologia come insiemi di operazioni e istruzioni pratiche, ne riconosceva la natura di ecosistema spiegando in questo modo l'evoluzione e l'interazione delle varie tecnologie. Questa visione innovativa è in grado di fornire un modello generale della Tecnologia, adatto a interpretare i suoi vari aspetti e, in una certa misura, anche suscettibile di essere elaborato attraverso modelli di simulazione su calcolatore in grado di riprodurre molti comportamenti evolutivi tipici delle tecnologie. Questa nuova definizione di Tecnologia è anch'essa riportata alla Pagina 4. Come si può vedere, la nuova definizione di Tecnologia comprende anche una sua rappresentazione grafica nel cosiddetto "Paesaggio Tecnologico" e una nuova definizione di "Innovazione Tecnologica" che saranno sviluppati in seguito.

## 2. LA TECNOLOGIA COME INSIEME

Consideriamo la Tecnologia come insieme di operazioni ciascuna caratterizzata da un insieme di istruzioni e poniamoci la domanda se il numero delle possibili operazioni e istruzioni è finito. Consideriamo allora ragionevole l'ipotesi che questo numero, pur estremamente elevato e sconosciuto, sia finito, allora anche il numero di tutte le combinazioni possibili di operazioni e istruzioni sarà ancora molto più grande ma comunque finito. Questo numero rappresenterà quindi tutte le possibili tecnologie che si possano immaginare che costituiscono l'insieme T. Questo insieme può essere considerato composto da:

- L'insieme delle tecnologie esistenti e quindi utilizzate attualmente U
- L'insieme delle vecchie tecnologie non più in uso V e realizzate dall'uomo dagli inizi della civiltà ad oggi
- L'insieme delle tecnologie sconosciute S ancora da scoprire o comunque definibili come combinazioni di operazioni ed istruzioni possibili non ancora utilizzate.

Questi tre insiemi U, V ed S sono complementari e potremo scrivere:

$$T = U \cup V \cup S \quad (1)$$

Quindi la somma degli insiemi U, V ed S rappresenta l'insieme T di tutte le tecnologie possibili che esse siano in uso, abbandonate, ancora da scoprire o comunque risultato di combinazioni di operazioni e istruzioni possibili non ancora utilizzate.

Il sistema costituito dall'insieme T comprendente gli insiemi complementari U, V e S non è statico ma evolve nel tempo. Tecnologie dapprima sconosciute sono studiate e diventano tecnologie utilizzate dell'insieme U, queste tecnologie si possono definire appartenenti all'insieme delle tecnologie nascenti N. Altre tecnologie dell'insieme U sono abbandonate ed entrano a far parte dell'insieme delle tecnologie vecchie V e costituiscono l'insieme A delle tecnologie in abbandono. Se l'insieme N è maggiore di A, l'insieme delle tecnologie in uso U aumenta e si assiste quindi al ben conosciuto fenomeno dello "sviluppo tecnologico".

L'attività più diffusa che permette la nascita di tecnologie che in seguito entrano a far parte dell'insieme U consiste sovente in un apprendimento ottenuto attraverso il fare ed è generalmente

indicato con il termine inglese “Learning by Doing” abbreviato con LbyD. Con lo sviluppo delle conoscenze scientifiche si è affermato negli ultimi secoli un’altra attività molto efficace per far nascere nuove tecnologie e che si chiama “Ricerca & Sviluppo” abbreviata con R&S, e che è alla base del grande sviluppo tecnologico degli ultimi decenni. In linea generale l’attività di R&S per un’innovazione tecnologica (tecnologia nascente) precede una fase di LbyD di ottimizzazione della tecnologia nella sua applicazione pratica.

Il processo di accrescimento del numero di tecnologie esistenti è accompagnato non solo dall’affermarsi di nuove tecnologie ma anche dalla sostituzione di tecnologie esistenti che diventano obsolete. Questo processo avviene nel quadro dell’ecosistema tecnologico ed è accompagnato da fenomeni di competizione e cooperazione che provocano la scomparsa di vecchie tecnologie e l’apparizione di nuove. Ad esempio la tecnologia dell’automobile ha sostituito quella del cavallo nel trasporto umano. Accanto alla sparizione dell’uso del cavallo, sconfitto nella competizione, sono sparite anche molte tecnologie associate come quella del maniscalco o della posta per il rifornimento di cavalli. D’altra parte lo sviluppo della tecnologia dell’automobile ha portato allo sviluppo di altre tecnologie cooperanti con quella dell’automobile come quella della benzina, dei motel autostradali e delle officine di riparazione.

### 3. EFFICIENZA DELLE TECNOLOGIE

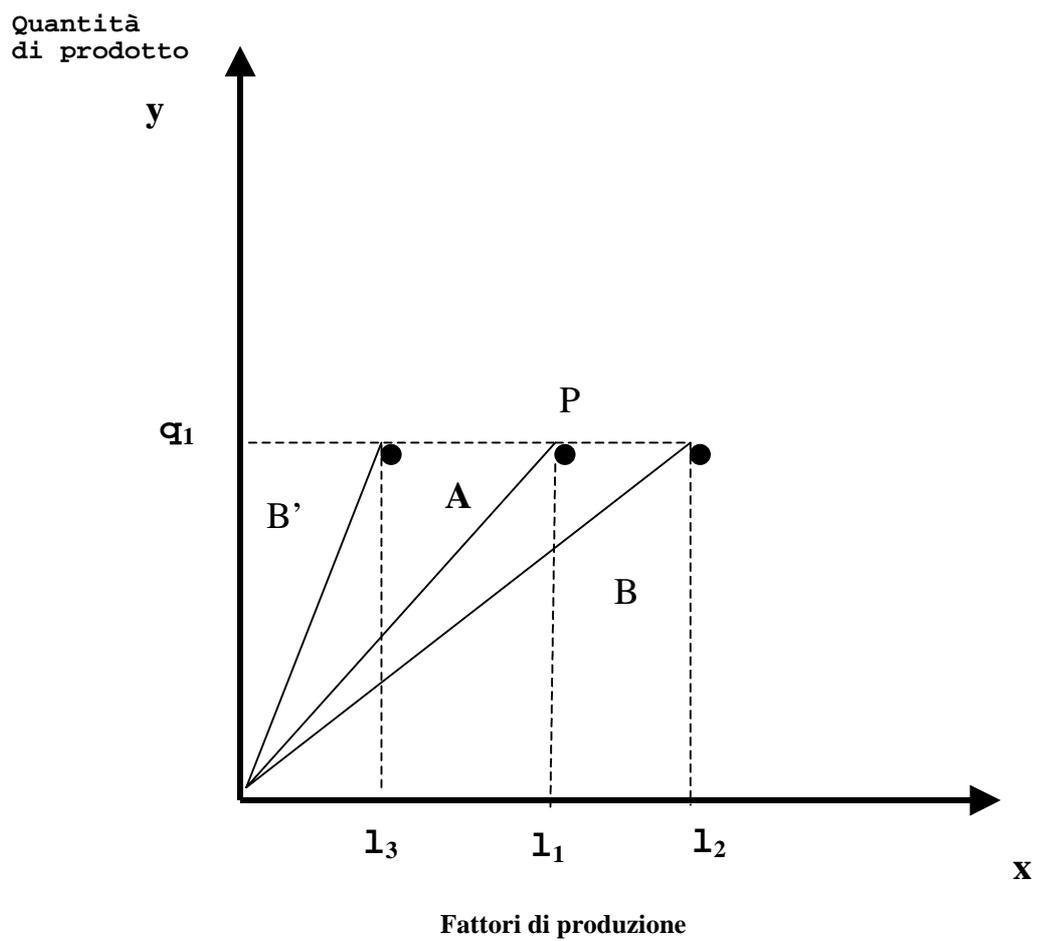
L’efficienza di una tecnologia rappresentata il suo grado di competitività nell’ecosistema. La definizione di efficienza di una tecnologia è un argomento complesso poiché dipende dal tipo di attività umana coinvolta, basti pensare all’importanza quasi esclusiva degli aspetti tecnici nella definizione di efficienza di una tecnologia in campo militare o spaziale e perfino scientifico. Nel campo industriale l’aspetto economico delle tecnologie diventa importante per la definizione di efficienza anche se vi sono eccezioni come ad esempio nell’industria farmaceutica dove l’efficienza in campo medico può risultare più importante del costo di produzione.

Noi ci limiteremo a discutere l’efficienza di tecnologie sviluppate in campo industriale per le quali è possibile effettuare valutazioni di natura economica. Per questo scopo è utile considerare come generalmente l’economia vede la tecnologia in termini microeconomici nel quadro del cosiddetto “piano di produzione”.

Consideriamo un diagramma cartesiano  $xy$  dove sull’asse delle  $x$  è riportato l’*input* dei fattori di produzione. Questi fattori possono essere costituiti da materie prime, semilavorati, manodopera, capitali ecc. come pure fattori manageriali organizzativi che, attraverso una tecnologia meglio definita come “ricetta di produzione”, indicata con la lettera  $A$ , permettono di produrre un *output* di prodotto indicato sull’asse delle  $y$ . Se tutti i fattori di produzione possono essere tradotti in costi essi formeranno un costo totale  $l$  necessario per produrre la quantità  $q$  di prodotto. Il punto  $P$  del grafico  $xy$  rappresentato nella Fig. 1 e corrispondente alle coordinate  $l_1, q_1$  rappresenta il piano di produzione  $P$  che utilizza la tecnologia  $A$  per produrre una quantità di prodotto  $q_1$  con il costo di produzione  $l_1$ . Il costo unitario  $c_1$  del prodotto sarà dato da:

$$c_1 = l_1/q_1 \quad (2)$$

Sul piano industriale è comune considerare che una ricetta di produzione è tanto più efficiente quanto più basso risulta il costo unitario di produzione e quindi è naturale definire come efficienza  $\theta_A$  della tecnologia o meglio della ricetta di produzione  $A$ , riferita al piano di produzione  $P$ , il rapporto:



**Fig. 1. Rappresentazione del piano di produzione**

$$\theta_A = q_1 / l_1 \quad (3)$$

Se ora immaginiamo un piano di produzione che preveda una quantità più grande di prodotto, essa necessiterà una quantità di fattori di produzione con un costo normalmente più grande ma non necessariamente proporzionale poiché ad esempio effetti di economia di scala potrebbero ridurre il bisogno di  $l$  rispetto al valore proporzionale, ne segue che il valore di costo unitario  $c$  risulterebbe più piccolo pur utilizzando la stessa tecnologia. In altri casi particolari al contrario il bisogno di  $l$  potrebbe essere invece maggiore rispetto al valore proporzionale aumentando così il costo unitario  $c$ . L'efficienza  $\theta$  risulterebbe quindi variabile per una stessa tecnologia in funzione della  $q$  prodotta.

Per ovviare a questo problema si può allora ricorrere a una funzione  $\pi$  che rappresenta il profitto aziendale del prodotto. Se definiamo  $c$  il costo unitario e  $p$  il prezzo medio unitario di vendita del prodotto di un certo piano di produzione avremo allora:

$$\pi = p - c \quad (4)$$

in linea generale  $\pi$  sarà una funzione della quantità prodotta  $q$  e del costo unitario  $c$ . Come abbiamo visto precedentemente il costo  $l$  non ha necessariamente un andamento lineare rispetto a  $q$  e si ritiene in generale che esista, per il campo dei piani di produzione realizzabili, un valore di  $q$  indicato con  $q^*$  che minimizza il costo unitario  $c$  e potremo quindi scrivere che:

$$\pi = f(q^*, c) \quad (5)$$

questa funzione mostra in generale un andamento di  $\pi$  caratterizzato da una curva concava continua decrescente con il crescere di  $c$ .

Il valore del profitto aziendale  $\pi$ , che tiene conto anche dei livelli di produzione, può quindi rappresentare in maniera più generale l'efficienza di una tecnologia. Per evitare comunque di considerare gli andamenti complessi della funzione (5) noi continueremo per semplicità a considerare il valore  $\theta$  come efficienza di una tecnologia tenendo conto che ciò significa paragonare un'efficienza riferita sempre a uno stesso piano di produzione.

Consideriamo ora una seconda tecnologia o meglio ricetta di produzione B che risulta meno efficiente di A. In questo caso  $\theta_B$  sarà inferiore a  $\theta_A$  e per produrre la stessa quantità di prodotto  $q_1$  saranno necessari fattori di produzione con un costo  $l_2$  maggiore come si può vedere nella Fig. 1. Da un punto di vista economico quindi la tecnologia da scegliere è la A poiché risulta la meno costosa, ciò però non è necessariamente vero da un punto di vista tecnologico. Infatti, se la tecnologia B, a differenza di A, è recente, essa può avere possibili miglioramenti dovuti a un ben conosciuto fenomeno detto di "apprendimento" che, attraverso un'attività di LbyD, riesce a ridurre i costi unitari di produzione. La curva che esprime questa riduzione dei costi nel tempo è chiamata "curva di apprendimento", in inglese "learning curve", e sarà studiata più in dettaglio nel campo del trasferimento e introduzione di nuove tecnologie. Tutto questo si traduce, come si vede nella Fig. 1, in una riduzione del costo dei fattori di produzione, per una stessa quantità  $q_1$  prodotta, a un valore  $l_3$  inferiore e in una efficienza  $\theta_{B'}$  superiore indicando con B' la nuova tecnologia più efficiente ottenuta da B attraverso l'attività di LbyD.

Bisogna comunque sottolineare che le definizioni di efficienza date per  $\theta$  o  $\pi$  possono non riflettere la competitività reale della tecnologia nell'ecosistema poiché si possono avere altri fenomeni come variazione dei fattori produttivi, competizione sui mercati, effetti di lock-in, ecc. che modificano il

valore reale di efficienza al di là delle considerazioni economiche fatte nelle definizioni di efficienza fatte precedentemente.

#### 4. RICETTE DI PRODUZIONE

Come abbiamo visto precedentemente le tecnologie si possono modificare nel quadro dell'attività di LbyD alla ricerca di migliori condizioni di produzione e poiché, per definizione, esse possono essere descritte come sequenze di operazioni ciascuna caratterizzata da un insieme di possibili istruzioni, è necessario essere più precisi definendo la cosiddetta "ricetta di produzione" in inglese "production recipe". *Una ricetta di produzione rappresenta una lista completa di istruzioni per un certo numero di operazioni necessarie per produrre un certo output di prodotto  $\alpha$  a partire da un input di fattori di produzione con costo 1 ed è in generale indicata con la lettera  $\omega$ .* Per operazioni intendiamo ad esempio: riscaldare, miscelare, mettere in forma, inscatolare, trasportare (all'interno dell'impianto), ecc. Per istruzione intendiamo la scelta fatta nel quadro di un'operazione da un insieme di istruzioni possibili caratteristiche dell'operazione. Essa può essere sia qualitativa, come ad esempio scegliere tra l'uso di un nastro trasportatore o di un montacarichi, ovvero quantitativa, come ad esempio la scelta di una temperatura di riscaldamento. In ogni caso *la scelta è considerata sempre discreta* e, ad esempio, scegliere una temperatura significa quindi eseguire un certo numero di scatti di una manopola o fissare una certa temperatura su uno schermo attraverso opportuni tocchi su una tastiera di un termoregolatore. Mentre le operazioni possono essere di vari tipi ed eventualmente gerarchizzate in operazioni principali che a loro volte sono composte da più operazioni secondarie e così via, le istruzioni sono specifiche di ogni operazione e *le scelte possono essere identificate semplicemente da un numero 0, 1, 2, 3... fino al numero totale di istruzioni che possono essere scelte per una data operazione.*

Supponiamo che una produzione sia caratterizzata da un numero N di operazioni, una qualsiasi ricetta  $\omega_i$  può essere rappresentata da un insieme:

$$\omega_i = \{ \omega_i^1, \dots, \omega_i^j, \dots, \omega_i^N \} \quad (6)$$

dove ad esempio  $\omega_i^j$  rappresenta una delle istruzioni dell'insieme di istruzioni possibili per l'operazione j e dove j può variare da 1 a N. Assumiamo ora che per ogni operazione l'insieme delle possibili istruzioni sia discreto ed eguale a S in maniera che si possa stabilire:

$$\omega_i^j \in \{0, 1, \dots, S-1\} \quad (7)$$

dove S è un numero intero positivo. Ogni operazione  $\omega_i^j$  della ricetta di produzione  $\omega_i$  può dunque occupare uno degli S stati.

L'assegnamento specifico degli stati ad ogni operazione di una ricetta di produzione è denominato "configurazione". L'insieme di tutte le ricette possibili (configurazioni) ottenute permutando gli S stati delle N operazioni è indicato con la lettera  $\Omega$ . Se si effettua un'assunzione semplificante per la quale il numero S degli stati è lo stesso per tutte le operazioni avremo che il numero degli elementi (ricette di produzione) dell'insieme  $\Omega$  è dato da:

$$\#\Omega = S^N \quad (8)$$

L'insieme  $\Omega$  può essere considerato vicino a quanto si intende comunemente per tecnologia. *Una tecnologia può quindi essere considerata l'insieme delle possibili ricette di produzione ottenute combinando in tutti i vari modi possibili le istruzioni delle operazioni che caratterizzano la stessa*

*tecnologia*. Una tecnologia sarà differente da un'altra se almeno un tipo di operazione che la caratterizza è differente.

Ad ogni configurazione delle ricette di produzione si avrà una corrispondente efficienza  $\theta$  che potrà variare secondo la validità delle istruzioni corrispondenti. Ogni operazione contribuirà, a seconda dell'insieme di istruzioni che possiede, alla formazione del valore di  $\theta$  della ricetta attraverso il suo costo specifico di operazione. Indicando con  $\phi$  questo contributo, l'efficienza  $\theta$  della ricetta  $\omega_i$  sarà quindi data dalla somma dagli  $N$  contributi delle sue varie operazioni. In linea generale il contributo  $\phi_i^j$  dell' $j$ -esima operazione non dipenderà solo dalla scelta delle istruzioni che caratterizzano questa operazione  $\omega_i^j$  ma anche dalla scelta delle istruzioni che caratterizzano le altre operazioni per una configurazione data e che indicheremo come  $\omega_i^{-j}$ . Avremo quindi in generale che:

$$\phi_i^j = f(\omega_i^j, \omega_i^{-j}) \quad (9)$$

In conclusione l'efficienza  $\theta$  della ricetta  $\omega_i$  sarà data dalla sommatoria:

$$\theta(\omega_i) = 1/N * \sum \phi_i^j = 1/N * \sum f(\omega_i^j, \omega_i^{-j}) \quad \text{per } j=1 \text{ fino a } j=N \quad (10)$$

## 5. PAESAGGIO TECNOLOGICO

Per descrivere cosa è un "Paesaggio Tecnologico" occorre anzitutto definire cosa si intende per distanza tra ricette di produzione  $\omega$  appartenenti all'insieme  $\Omega$  discusso precedentemente. Questa distanza non è basata sulla misura dell'efficienza ma piuttosto sulla similitudine tra le ricette. *Si intende per distanza  $d$  tra due ricette  $\omega$  e  $\omega'$  il minimo numero di istruzioni che devono essere cambiate nella configurazione per rendere  $\omega$  identica a  $\omega'$* . Poiché queste operazioni sono simmetriche avremo che:

$$d(\omega, \omega') = d(\omega', \omega) \quad (11)$$

Un'altra importante definizione per la descrizione del Paesaggio Tecnologico è quella di "insieme di vicini"  $N$ . Esso rappresenta l'insieme delle configurazioni  $\omega'$  esistenti a una certa distanza fissata dalla ricetta  $\omega$ . Considerando una distanza  $\delta$  l'insieme dei vicini sarà dato da:

$$N_\delta(\omega) = \{\omega' \in \Omega \mid d(\omega, \omega') = \delta\} \quad (12)$$

Essendo  $\delta$  un numero intero  $\in \{1, \dots, n\}$ . E' facile a questo punto costruire un grafico  $\Gamma$  detto "Grafico Tecnologico" costituito dall'insieme  $V$  dei nodi rappresentanti le varie ricette  $\omega$  alle varie distanze  $d$  e da un insieme di spigoli  $E$  che connettono le varie ricette dell'insieme  $V$  che si trovano alla distanza  $d = 1$ . Si può dimostrare che, dato un insieme  $\Omega$  contenente ricette con  $N$  operazioni ognuna caratterizzata da  $S$  stati (istruzioni), il numero di vicini che si trovano alla distanza  $d = 1$  è dalla ricetta  $\omega_i$  è dato da:

$$\# N_1(\omega_i) = (S - 1)N \quad (13)$$

Questo numero rappresenta anche la “dimensionalità” del Grafico Tecnologico. Se adesso ai nodi del Grafico Tecnologico  $\Gamma$  che rappresentano le varie ricette associamo anche il corrispondente valore di efficienza  $\theta$  avremo un nuovo grafico  $L$  che è chiamato “Paesaggio Tecnologico”.

*Un Paesaggio Tecnologico è quindi una rappresentazione grafica dell'insieme delle ricette di produzione di una tecnologia  $\Omega$  e del loro valore rispettivo di efficienza.*

Come abbiamo già visto l'efficienza di una particolare ricetta di produzione non è semplicemente la sommatoria dell'efficienza parziale di ciascuna operazione poiché questa efficienza parziale dipende in generale anche dallo stato delle istruzioni di tutte o parte delle altre operazioni come espresso nell'equazione (10).

Consideriamo ad esempio due operazioni  $\omega^k$  e  $\omega^j$  delle ricette di produzione della tecnologia  $\Omega$ , possiamo definire una grandezza scalare chiamata “intranalità di produzione”  $e^j_k$  che è funzione di  $\omega^k$  e  $\omega^j$ :

$$e^j_k = e(\omega^k, \omega^j) \quad (14)$$

in cui si stabilisce che:

$e^j_k = 1$  se le istruzioni dell'operazione  $j$  influenzano il costo e quindi conseguentemente il contributo  $\phi$  dell'operazione  $k$  all'efficienza  $\theta$ .

$e^j_k = 0$  se non esiste alcuna influenza

rimane evidente che si ha sempre:

$$e^k_k = 1 \quad (15)$$

infine, dato che il numero delle operazioni è uguale a  $N$ , il numero delle operazioni  $e_k$  che influenzano il costo dell'operazione  $k$  sarà dato da:

$$e_k = \sum e_k^j \text{ dove } j = 1 \text{ fino a } j = N \quad (16)$$

Il parametro di intranaltà di produzione  $e$  è molto importante poiché il suo uso permette di determinare la cosiddetta “struttura di correlazione” di un Paesaggio Tecnologico. *La struttura di correlazione di un Paesaggio Tecnologico rappresenta una misura del grado di quanto le ricette di produzione vicine nel paesaggio possiedono valori di efficienza  $\theta$  simili.* Se tutte le efficienze sono simili il Paesaggio Tecnologico apparirà “piatto” o quasi, se invece le efficienze sono molto differenti il Paesaggio Tecnologico apparirà molto “rugoso” e “frastagliato”. Senza entrare in merito nei calcoli necessari a determinare la struttura di correlazione attraverso il valore dei parametri  $e$  e delle operazioni di una tecnologia si può però dare un'indicazione dei risultati ottenibili:

- Se le operazioni sono poco influenzate tra di loro ( $e_k^j = 0$  nella maggior parte dei casi e quindi  $e_k$  nullo o molto basso), la struttura risulta altamente correlata e il paesaggio sarà pianeggiante con la presenza in generale di un solo “picco” o di “pochi picchi” di efficienza corrispondente a una ricetta di produzione che ha un valore ottimale di efficienza.

- Se le operazioni si influenzano molto tra di loro ( $e_k^j = 1$  in molti casi e quindi  $e_k$  molto elevato) il paesaggio risulterà molto rugoso e frastagliato con la presenza di moltissimi “picchi” ovvero moltissimi casi di ricette che hanno efficienze ottimali locali.
- Nel caso intermedio il paesaggio si presenta in parte pianeggiante e in parte con “picchi” di efficienza raggruppati (cluster),.

Il parametro  $e$  non determina direttamente il valore di efficienza  $\theta$  ma può dare attraverso il calcolo indicazioni sulle efficienze relative tra le ricette. Si può così dimostrare che tanto più il paesaggio è rugoso e poco correlato tanto più le efficienze relative dei “picchi” si assomigliano mentre in un paesaggio poco rugoso con cluster di “picchi” questi tendono ad avere efficienze relative più differenziate del caso precedente. La forma del Paesaggio Tecnologico, pur se compresa in maniera solo indicativa, è molto importante per spiegare molti fenomeni evolutivi delle tecnologie e in particolare il processo di innovazione tecnologica descritto più avanti.

#### 4. INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Prima di affrontare la definizione di Innovazione Tecnologica dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico è bene riassumere alcune conseguenze del modello generale della Tecnologia descritto precedentemente sul piano pratico. Come abbiamo visto una tecnologia può essere definita come una sequenza di operazioni caratterizzate ciascuna da un insieme di istruzioni discrete possibili. Una ricetta di produzione è definita come una sequenza di operazioni per le quali si è fatta una scelta precisa di istruzioni che danno in questo modo una configurazione specifica alla ricetta. L'insieme di tutte le possibili ricette di produzione ottenibili combinando le varie scelte di istruzioni per le operazioni costituisce per definizione una tecnologia. Una tecnologia sarà quindi differente da un'altra se esiste almeno un tipo di operazione differente ma non lo sarà nel caso in cui siano differenti solo le istruzioni. In quest'ultimo caso è la ricetta di produzione e non la tecnologia ad essere differente.

Una prima conseguenza è che a seguito di questa possibile variabilità delle ricette nella grande maggioranza dei casi si osserva che non esistono impianti di produzione che, pur adottando la stessa tecnologia, hanno anche la stessa identica ricetta di produzione. Le ragioni di questo possono essere molteplici: prima di tutto gli impianti non sono necessariamente nati allo stesso tempo e hanno probabilmente evoluzioni diverse dovute al diverso lavoro di LbyD alla ricerca della ricetta ottimale; d'altra parte le condizioni dei fattori di produzione sono spesso differenti tra un impianto e l'altro e questo può portare a configurazioni ottimali differenti; infine occorre osservare che spesso in pratica differenti ricette di produzione possono portare a leggere differenze nel prodotto che nella maggior parte dei casi però non danno conseguenze sul mercato del prodotto stesso.

Come abbiamo visto precedentemente l'attività di LbyD tende a modificare le configurazioni delle ricette di produzione alla ricerca di condizioni ottimali. Questo avviene nella maggior parte dei casi attraverso prove od errori casuali che avvengono sugli impianti. In linea generale se la modifica delle istruzioni porta a un miglioramento dell'efficienza si adotta la nuova ricetta, se invece si ha un peggioramento si ritorna alla vecchia ricetta rifacendo poi eventualmente altri tentativi che naturalmente tengono conto dell'esperienza passata. Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico *il processo di LbyD che porta verso la formulazione di ricette di produzione ottimali può essere rappresentato da un percorso esplorativo nel paesaggio che, di ricetta in ricetta, arriva su un “picco ottimale”*. In questa posizione qualsiasi cambiamento di ricetta porterebbe a una riduzione di efficienza.

Questo discorso è valido per un Paesaggio Tecnologico strutturalmente molto correlato che, come abbiamo visto precedentemente, possiede un solo picco ottimale. Se le operazioni della tecnologia si influenzano molto tra di loro da un punto di vista dei costi abbiamo nel Paesaggio Tecnologico molti “picchi” ed *il raggiungimento di uno di questi costituisce solo il raggiungimento di un valore ottimale locale di efficienza*. Infatti facendo un’esplorazione di ricette a distanza relativamente elevata potremmo ritrovare in questo tipo di paesaggio altri “picchi” di efficienza ottimale locale più o meno elevati rispetto a quello di partenza. Questo fatto spiega come nella pratica due ricette di produzione anche molto differenti possano essere ambedue economicamente efficienti mentre spesso ricette poco differenti possano presentare forti differenze nel costo di produzione.

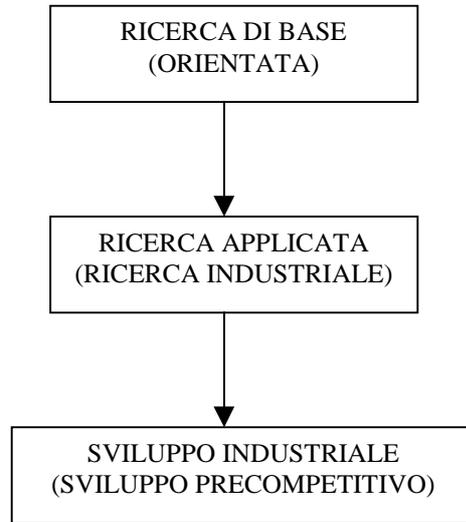
L’Innovazione Tecnologica non è rappresentata solo dall’attività di LbyD ma può comprendere anche attività di R&S che porta non solo a miglioramenti della tecnologia in termini di ricette di produzione ma anche a cambiamenti di tecnologia e cioè all’uso di operazioni e non solo di istruzioni differenti. In questo caso ogni cambiamento nelle operazioni corrisponde a un cambiamento di tecnologia rappresentata da un nuovo Grafico e quindi da un nuovo Paesaggio Tecnologico. L’attività di R&S corrisponde quindi per un certo tempo a un lavoro di esame comparativo di efficienze di ricette corrispondenti a varie tecnologie, e quindi a varie combinazioni di operazioni, seguito da una selezione di una tecnologia sulla quale si dovrà sviluppare la ricerca di una ricetta ottimale. Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico, una volta selezionata la tecnologia da sviluppare, si avrà una posizione iniziale probabilmente ancora lontana, in termini di efficienza, da una situazione ottimale e la necessità di condurre un lavoro per la sua ricerca in maniera di raggiungere una posizione eventualmente competitiva con le tecnologie convenzionali. All’inizio del lavoro di ricerca potranno essere considerate combinazioni di istruzioni anche molto differenti tra di loro saltando nel Paesaggio Tecnologico anche tra punti molto distanti tra di loro per trovare quelle che sembrano più adatte e poi indirizzarsi in un lavoro di sintonizzazione di istruzioni delle varie operazioni a corta distanza alla ricerca della ricetta di produzione ottimale che alla fine può avvenire attraverso un’attività di LbyD sull’impianto industriale *L’Innovazione Tecnologica può quindi essere considerata composta da un lavoro iniziale di ricerca e selezione di una combinazione di operazioni ottimale seguito da un percorso esplorativo in termini di istruzioni nel Paesaggio Tecnologico di questa combinazione di operazioni che conduce verso un “picco” corrispondente a una ricetta di produzione ottimale*.

Un problema interessante che ci si può porre nel campo dell’esplorazione del Paesaggio Tecnologico è quello di sapere se esiste una distanza ottimale di ricerca di una ricetta ottimale in funzione del valore di efficienza relativa di partenza. Studi di simulazione effettuati su calcolatore hanno dimostrato che se l’efficienza relativa della ricetta di partenza è alta conviene ricercare la ricetta ottimale a distanze ravvicinate. Se invece l’efficienza relativa della ricetta di partenza è bassa conviene ricercare la ricetta ottimale a grandi distanze.

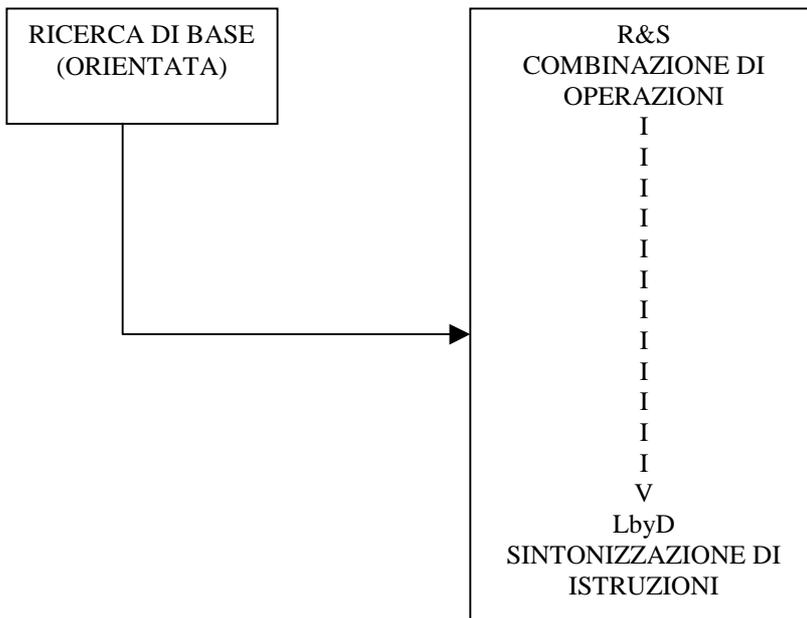
Altre considerazioni possono poi essere fatte riguardo il processo di esplorazione nel Paesaggio Tecnologico. Per quanto riguarda il LbyD abbiamo visto che esso può avere un carattere prevalentemente casuale ferma restando l’influenza dell’esperienza passata sulla scelta del percorso. Nel caso della R&S entrano invece prevalentemente in gioco le conoscenze scientifiche che servono a indicare operazioni innovative e a trovare condizioni di istruzioni ottimali per la nuova tecnologia. Possiamo quindi affermare che *il processo di selezione della combinazione di operazioni ottimale e di esplorazione nel Paesaggio Tecnologico per lo sviluppo di un’Innovazione Tecnologica avviene all’inizio con l’aiuto prevalente delle conoscenze scientifiche e verso la fine con una prevalenza di ricerche casuali aidate dall’esperienza*. Da questo punto di vista si può osservare una netta distinzione tra la Tecnologia, come attività che evolve attraverso l’Innovazione

Tecnologica, e la Scienza, come attività che mette a disposizione conoscenze scientifiche per l'innovazione. In definitiva lo sviluppo della Scienza negli ultimi secoli ha permesso la messa a disposizione di una grande quantità di conoscenze scientifiche che hanno catalizzato a loro volta un grande sviluppo delle tecnologie che fino allora erano obbligate a svilupparsi solamente attraverso processi casuali e sulla base dell'esperienza.

Terminando quanto detto sull'innovazione tecnologica è interessante osservare come il modello generale della Tecnologia presentato possa modificare certe visioni convenzionali dell'attività di R&S come quella definita dall'OCSE. Nella visione convenzionale l'attività della R&S, e quindi l'innovazione tecnologica, è vista come un processo diviso in tre fasi e che inizia con una fase di "ricerche scientifiche di base" o già orientate per possibili applicazioni, seguita da una fase intermedia di "ricerca applicata", ora nell'Unione Europea indicata come "ricerca industriale", e infine da una fase di "sviluppo industriale" che porta l'innovazione all'applicazione pratica, ora indicata nell'Unione Europea come "sviluppo precompetitivo". Nella visione del Paesaggio Tecnologico l'innovazione è invece vista come un'attività continua che all'inizio si occupa prevalentemente di combinazioni di operazioni e alla fine prevalentemente di sintonizzazione di istruzioni alla ricerca di una ricetta di produzione ottimale e comprendendo in questa anche l'attività di LbyD sull'impianto industriale. La ricerca di base e le conoscenze scientifiche possono intervenire utilmente lungo tutto lo sviluppo dell'innovazione rendendo più rapida l'esplorazione del percorso da fare verso il "picco" di efficienza della tecnologia. La Fig. 2 presenta per confronto questi due schemi di processo di innovazione. Questa nuova visione continua del processo di innovazione tecnologica spiega meglio le realtà osservate poiché spesso l'innovazione si sviluppa senza seguire il processo convenzionale in tre fasi, non è necessariamente legata all'esistenza di laboratori di ricerca e può avere bisogno di nuove conoscenze scientifiche, e quindi di ricerca di base, a tutti i livelli del suo sviluppo.



**MODELLO OCSE DELLA RICERCA & SVILUPPO**



**MODELLO DI INNOVAZIONE DEL PAESAGGIO TECNOLOGICO**

**Fig. 2. Modelli di innovazione tecnologica**

# PARTE II

## APPLICAZIONI

### 1. TECNOLOGIA E STRATEGIA INDUSTRIALE

La tecnologia è da sempre un fattore importante delle strategie industriali e noi ci occuperemo in particolare di come le strategie industriali impongano cambiamenti nella tecnologia e viceversa di come i cambiamenti di tecnologia influenzino le strategie industriali.

In linea generale l'influenza sulla tecnologia da parte delle strategie industriali può essere vista attraverso quattro tipi di strategie che indicheremo con le lettere A, B, C e D.

#### STRATEGIA A

Questa strategia è tipica di un'attività industriale stabile riguardante un vecchio prodotto in un mercato già ben stabilito. In linea generale in queste condizioni si cerca di massimizzare i profitti ottenibili per gli anni in cui prodotto e mercato rimarranno ancora validi. Questa strategia non comporta praticamente attività innovative interne importanti se non un possibile LbyD che potrebbe essere fatto per migliorarne l'efficienza della produzione mentre l'interesse per la R&S resta piuttosto limitato. L'acquisto di nuove tecnologie riguardanti il processo di produzione (innovazione di processo) potrebbe diventare utile per mantenere la competitività dell'azienda, anche l'acquisto di azienda potrebbe entrare in considerazione per aumentare la propria quota di mercato o per restare su posizioni di leader nel segmento di attività dell'azienda.

#### STRATEGIA B

Questa strategia riguarda l'introduzione di un vecchio prodotto in un nuovo mercato e quindi corrisponde a un'espansione dell'attività dell'azienda attraverso la penetrazione in nuovi mercati. Anche in questo caso le attività innovative interne possono essere limitate a un LbyD per migliorare il processo di produzione ed eventualmente per portare modifiche minori al prodotto per meglio adattarlo al nuovo mercato mentre l'interesse per la R&S resta scarso. Le altre azioni possibili possono essere l'acquisto di nuove tecnologie per restare competitivi, l'acquisto di aziende, reti distributive o accordi di distribuzione per migliorare la penetrazione nel nuovo mercato.

#### STRATEGIA C

Questa strategia riguarda l'introduzione di un nuovo prodotto in un vecchio mercato e quindi realizzare un'espansione dell'attività attraverso un'innovazione di prodotto. La realizzazione di un nuovo prodotto necessita in ogni caso anche un'innovazione di processo per fabbricarlo ed è quindi realizzabile attraverso un'attività interna di LbyD e di R&S che però si può ridurre a una semplice attività di imitazione. Tuttavia lo sviluppo interno del prodotto non è la sola alternativa possibile alla strategia. Il nuovo prodotto può essere fabbricato acquistando un'opportuna tecnologia o addirittura acquistando un'azienda che lo produce o ancora si può pensare di limitarsi ad accordi di distribuzione nel vecchio mercato del nuovo prodotto fatto da altri produttori.

#### STRATEGIA D

Questa strategia riguarda lo sviluppo contemporaneo di un nuovo prodotto e di un nuovo mercato da distinguere da nuovo mercato in senso geografico come citato nella strategia B. Questa strategia, realizzando un nuovo mercato è fortemente espansiva ma allo stesso tempo è anche quella più rischiosa. L'attività interna di LbyD e R&S necessaria per l'innovazione di processo e di prodotto

può essere molto importante ma anche qui sono possibili le alternative già riportate per la Strategia C e cioè: l'acquisto di tecnologia, l'acquisto di azienda e gli accordi di distribuzione, tuttavia, lo sviluppo interno ha in questo caso certi vantaggi dovuti a una migliore relazione tra questo e lo sviluppo contemporaneo del mercato che occorre realizzare. Anche in questo caso l'attività interna di sviluppo si può ridurre a una semplice attività d'imitazione di una strategia innovante di un'altra impresa. Le quattro strategie descritte si possono rappresentare schematicamente da aree nel diagramma superiore riportato nella Fig. 3 dove appaiono come il risultato del grado di innovazione di prodotto e di mercato che si desidera effettuare mentre le azioni possibili sono espresse in funzione del grado di competizione e di innovazione esistente nel settore industriale dell'azienda.

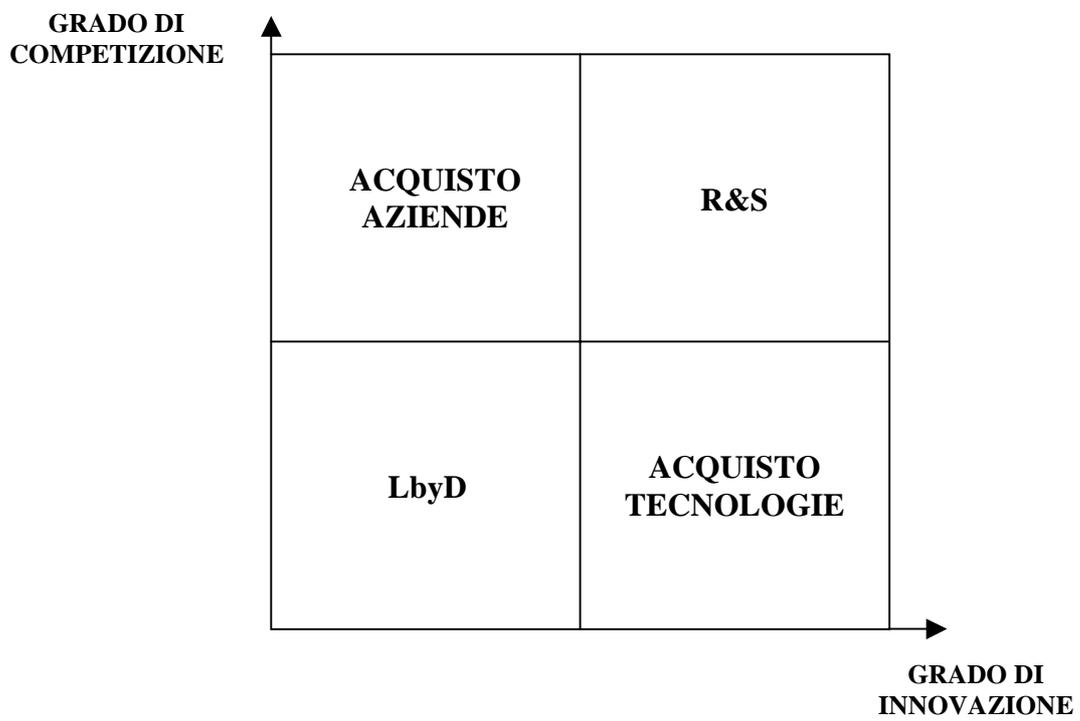
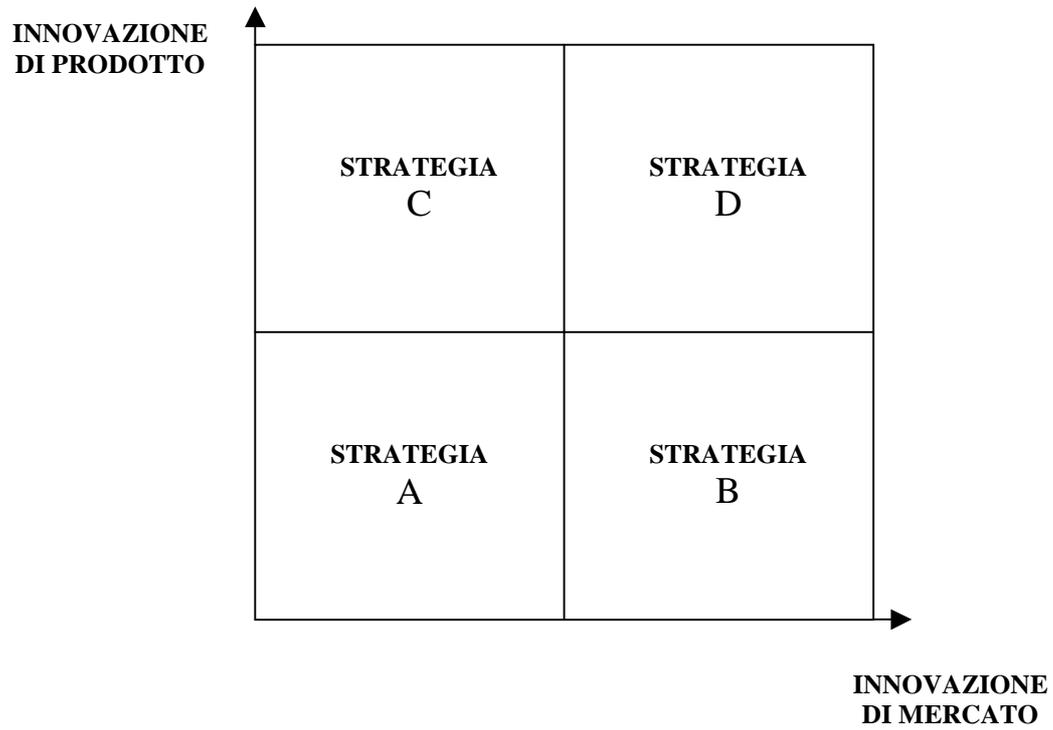
Se adesso consideriamo la descrizione delle precedenti strategie possiamo osservare che il cambiamento di tecnologia può essere gestito attraverso varie attività che possiamo riassumere come segue:

- R&S e LbyD per lo sviluppo interno di innovazioni di prodotto e/o processo anche attraverso l'imitazione di innovazioni esterne all'azienda (si noti che l'attività di R&S può anche essere esterna su contratto o eseguita in cooperazione con altre aziende)
- LbyD per migliorare produzioni e prodotti
- Acquisto di tecnologia per innovazioni di processo ovvero di processo e prodotto
- Acquisto di azienda per avere nuove produzioni e prodotti

*Gestire correttamente una tecnologia significa essenzialmente condurre i tipi di attività per il suo cambiamento che meglio rispondono alla strategia aziendale scelta.*

La scelta ottimale del tipo di attività da condurre sul cambiamento della tecnologia dipende da molti fattori ma si può comunque dare delle indicazioni di massima secondo la situazione ambientale che vive l'azienda in termini di innovazione e competitività come si vede nel diagramma inferiore della Fig. 3 e che si possono riassumere nei punti:

- Se l'ambiente in cui opera l'azienda è caratterizzato da un basso livello di innovazione e competitività un buon lavoro di LbyD per migliorare prodotto e processo di produzione può essere sufficiente per mantenere competitiva l'azienda, naturalmente queste condizioni corrispondono ad una scelta di strategia del tipo A.
- Se l'ambiente in cui opera l'azienda è caratterizzato da un elevato grado di competizione tra le aziende senza però essere grandemente innovativo sarà probabilmente difficile avere disponibili tecnologie da acquistare, vista la forte competitività, e potrebbe essere più interessante considerare l'acquisto di aziende con i loro mercati ed eventualmente le loro tecnologie e prodotti. Questa situazione è tipica della Strategia B.
- Se l'ambiente in cui opera l'azienda è caratterizzato da un buon grado di innovazione senza però essere accompagnato da forte competitività tra le aziende è possibile in molti casi sia facile avere la possibilità di acquistare nuove tecnologie di produzione eventualmente per nuovi prodotti. Questa situazione è tipica dei distretti industriali, dove la competitività tra le aziende è bassa, e corrisponde ad una strategia aziendale di tipo C ed eventualmente D.
- Se l'ambiente in cui opera l'azienda è caratterizzato sia da forte competitività che da innovazione potrebbe essere difficile trovare nuove tecnologie da acquistare e conseguentemente obbligare l'azienda ad effettuare R&S per restare competitivi sul mercato con le dovute innovazioni. L'acquisto di azienda potrebbe comunque essere un'alternativa alla R&S. Questo caso corrisponde tipicamente alla Strategie D e B



**Fig. 3. Strategie aziendali e cambiamenti tecnologici**

Un discorso a parte poi meritano le attività di LbyD, ma anche di R&S, tipicamente imitative nel quadro del miglioramento o sviluppo di nuovi processi e prodotti. Premesso che una strategia imitativa è possibile solo se comunque esistono aziende che perseguono strategie innovative, l'esperienza, come pure risultati ottenuti su modelli di simulazione, mostrano che le attività imitative sono in media economicamente più vantaggiose di quelle innovative, salvo nel caso in cui esistano forti ostacoli a poter eseguire imitazioni. Queste attività saranno discusse in dettaglio più avanti nel campo della diffusione delle tecnologie.

Abbiamo discusso finora di come gestire al meglio il cambiamento tecnologico in funzione della strategia industriale scelta. Esiste però anche il problema inverso di come nuove tecnologie impongano cambiamenti nelle strategie aziendali. Questo avviene poiché nell'ecosistema delle tecnologie possono apparire nuove tecnologie e rispettivi prodotti più competitivi in grado di rendere obsoleti vecchi prodotti e quindi le tecnologie a loro associate. D'altra parte, l'apparizione di nuovi prodotti induce la nascita e sviluppo di altre nuove tecnologie associate (vedi esempi già citati al Paragrafo 2).

Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico questo si traduce in una situazione dinamica nella quale "picchi" di efficienza relativa di una tecnologia convenzionale e delle tecnologie collegate si appiattiscono con l'apparizione di "picchi" della nuova tecnologia e di altre nuove tecnologie complementari. *E' quindi molto importante per la gestione di una tecnologia di ben identificarla nel suo Paesaggio Tecnologico e conoscere i Paesaggi Tecnologici di altre tecnologie con cui è associata ovvero di quelli di tecnologie con cui potrebbe entrare in competizione.*

La competizione tra tecnologie è un fenomeno reso alquanto complesso dal fatto che tecnologie coevolvono con altri sistemi in particolare con quello economico. La definizione di efficienza  $\theta$ , utile per paragonare ricette di produzione, perde di validità poiché al di là del costo di produzione entrano in gioco anche altri aspetti legati al mercato e alla scelta dei consumatori, che possono considerare più o meno valido il prodotto e fare le scelte conseguenti mentre, nella definizione ristretta di efficienza  $\theta$  finora usata, si sottintende che il prodotto sia sempre accettato dal mercato. L'utilizzazione del parametro  $\pi$  di profitto aziendale come efficienza è in questo caso sicuramente più consona poiché tiene conto degli aspetti del mercato essendo influenzato dal prezzo di vendita  $p$  e dalla quantità prodotta (ovvero venduta) attraverso i parametri del costo unitario  $c$  e della quantità ottimale di produzione  $q^*$  presenti nell'equazione (5). Tuttavia, il calcolo di  $\pi$  è molto più complesso di quello dei fattori di produzione che determinano il parametro  $\theta$  e quindi poco pratico nello studio delle efficienze di una tecnologia.

Oltre agli aspetti di mercato possono influire sulla competizione dei prodotti e quindi sulle tecnologie anche altri fattori come l'utilizzazione di tecnologie di origine non industriale i cui costi di sviluppo possono pesare in maniera minore del reale sul prodotto ed altri fenomeni tra cui il più interessante è certamente quello detto "lock in". Questo fenomeno si ha quando due tecnologie in competizione all'inizio della penetrazione sul mercato dei loro rispettivi prodotti, molto vicine in termini di efficienza, subiscono una fluttuazione in favore di una che provoca una cascata di ripercussioni sulle tecnologie associate creando condizioni che, per scelta dei consumatori o per economie di scala, ne sviluppano una rendendo perdente l'altra. Tipico esempio è stata la competizione tra i sistemi di videoregistrazione Betamax e VHS. Una fluttuazione iniziale in favore del VHS ha influenzato la tecnologia associata di produzione di cassette che, facendo apparire sul mercato una migliore disponibilità di film con questo sistema, ha innescato un processo in cascata che ha favorito l'acquisto di questo sistema da parte del consumatore mettendo fuori gioco il sistema Betamax.

## 2. VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE

La valutazione di una tecnologia è utile in molti casi come ad esempio: l'acquisto di tecnologie, l'acquisto di aziende (e delle loro tecnologie), come pure durante lo sviluppo della stesse in particolare quando si devono decidere investimenti importanti per l'industrializzazione della tecnologia o più semplicemente per decidere della realizzazione di impianti pilota o prototipi. In molti casi la valutazione di una tecnologia comprende anche un paragone con altre tecnologie concorrenti esistenti o in sviluppo.

Nel campo industriale l'aspetto economico di una tecnologia è molto importante per la sua valutazione ma non è il solo. Un altro aspetto è costituito dalla sua affidabilità e dalla possibilità di migliorare la sua economia attraverso l'attività di LbyD. Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico significa che non è sufficiente valutare l'efficienza  $\theta$  attuale di una tecnologia ma bisogna anche considerare la sua posizione nel paesaggio se già su un "picco" ovvero in scalata verso un "picco" e, in quest'ultimo caso, qual è la sua possibile "altezza"  $\theta$  di efficienza raggiungibile. Un altro aspetto di valutazione che sta diventando in campo industriale sempre più importante è quello ambientale. Questo è dovuto al fatto che non sempre il rispetto delle normative ambientali è sufficiente per dare un giudizio positivo alla tecnologia ma occorre considerare le possibili evoluzioni di queste norme confrontandole con gli impatti ambientali delle varie tecnologie di produzione considerati. La valutazione ambientale di una tecnologia industriale non è facile poiché normalmente essa influenza a differenti livelli l'ecosistema terrestre. Questa influenza può essere diretta (ad es. per gli aspetti tossicologici delle sue emissioni), locale (ad es. inquinamento ambientale, eutrofizzazione dei laghi) e globale (ad es. effetto serra, buco di ozono). D'altra parte è ancora più arduo tradurre queste influenze in termini economici rendendo molto difficile l'integrazione di questa valutazione con le altre citate.

Come abbiamo visto precedentemente una tecnologia non può essere valutata solo sulla base della sua efficienza attuale ma occorre considerare anche il suo eventuale potenziale di miglioramento, per questa ragione la prima osservazione che deve essere fatta in una valutazione di una tecnologia riguarda il suo stadio di sviluppo. In linea generale possiamo da questo punto di vista considerare tre stadi possibili:

- Stadio di sviluppo industriale (prototipo, impianto pilota, ecc.)
- Stadio di prima industrializzazione (impianto o prototipo dimostrativo)
- Stadio industrializzato (impianto in produzione)

### *Stadio di sviluppo industriale*

In questo stadio non esiste ancora una precisa posizione della tecnologia poiché essa deve essere ancora sviluppata attraverso una sintonizzazione di istruzioni o addirittura ridefinendo le operazioni. Per queste ragioni a questo stadio non è la tecnologia che può essere valutata ma il Progetto di R&S. Parlare di acquisto di tecnologia in questo caso è improprio poiché in realtà si acquisterebbero semplicemente risultati di R&S. La valutazione di un Progetto di R&S richiede metodi specifici differenti da quelli utilizzabili per le tecnologie e non sarà qui trattata essendo nel campo della gestione della R&S.

### *Stadio di prima industrializzazione*

In questo stadio la tecnologia è stata sviluppata ma non esiste ancora un know how industriale che deve essere messo a punto con un'attività di LbyD sul primo impianto industriale. La valutazione della tecnologia in questo caso è molto delicata poiché presuppone che l'impianto industriale funzioni secondo quanto si può dedurre dal lavoro fatto durante lo sviluppo, cosa che non è sempre

confermata nella realtà. Questa situazione è tipica nel quadro di uno sviluppo interno di un'innovazione in un'azienda mentre è meno frequente nel quadro di acquisto di tecnologie o di aziende, valutazione che deve tener conto in questo caso del rischio dovuto alla mancanza di esperienza industriale per la tecnologia.

### *Stadio industrializzato*

In questo stadio la tecnologia esiste ed ha avuto un certo tempo per sviluppare un know how industriale e può quindi essere valutata sulla base dell'esperienza fatta. Il know how sarà tanto più ottimale quanto più lunga è quest'esperienza. Un punto importante da considerare nel caso di valutazione per l'acquisto di tecnologia riguarda le possibili differenze che possono esistere nelle condizioni di produzione che si utilizzeranno per la tecnologia in acquisto. Se le differenze sono importanti si potrebbero rendere necessarie modifiche nel know how e quindi un'attività di LbyD per renderla efficiente. Questo problema non si presenta generalmente nel caso di acquisto di azienda.

Premessa l'identificazione dello stadio di sviluppo delle tecnologie e le considerazioni conseguenti, la loro valutazione può essere fatta sulla base di tre criteri:

- Criterio economico (costi di produzione)
- Criterio tecnico (affidabilità e potenzialità di miglioramento)
- Criterio ambientale (impatto, normative e percezione ambientale)

Ognuno di questi criteri deve essere analizzato seguendo le metodologie appropriate.

## **2.1. Valutazione economica delle tecnologie**

La valutazione economica di una tecnologia consiste in genere nella determinazione di un costo di produzione che la caratterizza e quindi comprende la determinazione dei costi dei vari fattori di produzione (materie prime o semilavorati, energia, manodopera, oneri finanziari, costi di manutenzione, spese generali, ammortamenti, ecc.). In molti casi non ci si limita a valutare una tecnologia ma si effettua anche un confronto tra più tecnologie ed è indispensabile in questo caso sintonizzare i vari fattori scelti affinché i costi calcolati siano comparabili. Infine, in altri casi, può essere necessario valutare le tecnologie per differenti livelli di produzione. La variazione dei livelli di produzione influenza l'economia di una tecnologia in maniera differenziata. Alcuni fattori come le materie prime e l'energia possono essere proporzionali alla produzione, altri fattori come la manodopera, gli ammortamenti hanno un andamento complesso e la manodopera, in particolare può avere un costo costante in certi campi di capacità di produzione. Gli ammortamenti sono il riflesso del valore degli investimenti fatti che a loro volta sono una funzione non proporzionale della capacità produttiva. Per molti casi di impianti, e quindi per le tecnologie corrispondenti, e per certi campi di variazione della produzione, si ammette che l'investimento segua empiricamente una legge di questo tipo:

$$I = KP^n \quad (17)$$

Dove I rappresenta il valore dell'investimento, P il valore corrispondente della capacità di produzione, n un esponente in genere inferiore a 1 e in molti casi compreso tra 0,9 e 0,6 a seconda del tipo di impianto e K una costante. I valori di n e di K si possono determinare conoscendo almeno due coppie di valori di I e di P per un impianto determinato. L'equazione (17) prevede un andamento degli investimenti che aumenta in maniera meno che proporzionale che la capacità di

produzione. Tutto ciò si comprende ad esempio considerando di poter aumentare una capacità di produzione aumentando il volume di un contenitore o di un'attrezzatura. In questo caso il materiale necessario per il contenitore o attrezzatura aumenta proporzionalmente meno poiché la sua quantità è legata alla superficie non al volume. I volumi non possono però, per ragioni tecniche, essere aumentati indefinitamente e l'esistenza di questi limiti rende necessario per certi valori di capacità di produzione uno sdoppiamento delle attrezzature. La conseguenza è che per un dato impianto, e quindi per una certa tecnologia, esistono sovente campi di capacità di produzione in cui gli investimenti aumentano in misura inferiore che la capacità di produzione ed altri invece in cui essi aumentano in maniera più che proporzionale rispetto alla produzione.

### *Utilizzazione di modelli*

Quando è necessario valutare una tecnologia a vari livelli di produzione è utile elaborare dei modelli di impianto su calcolatore, ad esempio utilizzando un foglio elettronico. I modelli sono in genere basati su un bilancio di input/output dei vari tipi di materie ed energie che entrano ed escono dall'impianto ed i cui flussi sono proporzionali alla produzione. Associando poi i flussi considerati ai loro costi unitari è possibile avere anche i loro rispettivi costi. La metodologia usata per il foglio elettronico consiste nell'elaborazione di tabelle con le necessarie formule di calcolo che comprendono:

- Scenari di produzione con i dati di input per la produzione
- Parametri che collegano i dati di input con quelli di output
- Risultati dei dati calcolati di output
- Costi/Ricavi dei flussi
- Tabella degli investimenti in funzione della scala di produzione
- Tabella dei bisogni/costi di manodopera in funzione della scala di produzione
- Tabella ricapitolativa con il calcolo del costo totale di produzione

In questo modo è facile generare molti scenari di studio sommando poi i costi proporzionali con quelli ad andamento complesso (manodopera, ammortamenti, ecc.) per avere un costo totale corrispondente ai vari scenari da sottoporre alla valutazione.

## **2.2. Valutazione tecnica delle tecnologie**

La valutazione tecnica di una tecnologia comprende due aspetti collegati che sono:

- L'affidabilità
- Il potenziale miglioramento possibile con LbyD

L'affidabilità di una tecnologia riguarda la riproducibilità dei piani di produzione e quindi il controllo che si ha su di essa attraverso il know how disponibile. L'affidabilità è molto importante poiché la sua mancanza genera problemi sia sul lato economico che sulla qualità del prodotto con possibili influenze negative sul mercato. L'affidabilità di una tecnologia tende ad aumentare con il lavoro di LbyD sull'impianto che migliora continuamente il know how. Ne consegue che in linea generale che l'affidabilità di una tecnologia è maggiore quanto più lunga è l'esperienza industriale di una tecnologia. Tuttavia, nel caso di nuove tecnologie, è possibile che un più basso grado di affidabilità e costi più elevati siano solo la conseguenza di una corta esperienza industriale e che, una volta proseguito il lavoro di LbyD si raggiungano gradi di affidabilità più elevati e costi più competitivi che non nel caso di tecnologie convenzionali concorrenti, che ormai sono stabilizzate, e per le quali non ci si attende ulteriori importanti miglioramenti. L'esperienza mostra che

statisticamente il lavoro di LbyD su una nuova tecnologia industrialmente valida può far cadere il costo di produzione di un valore dell'ordine del 20%. Non sempre le nuove tecnologie industrializzate si mostrano competitive ed allora vengono abbandonate con conseguenti importanti perdite finanziarie. Questi aspetti, e in particolare il processo di LbyD, sono trattati in dettaglio nel capitolo dedicato al trasferimento e diffusione delle tecnologie.

Per quanto riguarda il problema del confronto tra valutazione economica e valutazione tecnica di una tecnologia è in linea di principio possibile tradurre quest'ultima valutazione in termini monetari considerando in maniera quantitativa i possibili guadagni con il LbyD e traducendo in costi le differenze esistenti o ipotizzabili riguardo l'affidabilità, tuttavia, molto spesso, ed in particolare nel caso di nuove tecnologie, la valutazione quantitativa può risultare molto incerta e quindi si preferisce dare un giudizio più qualitativo o semiquantitativo da confrontare con la valutazione economica con una metodologia che esporremo in seguito.

### *Metodologie di valutazione tecnologica*

Le metodologie di valutazione tecnologica sono usate soprattutto nel campo della gestione della R&S ma possono essere di aiuto anche per la valutazione di nuove tecnologie che devono essere industrializzate. Queste metodologie si basano sul fatto che una tecnologia si compone di una serie di operazioni caratterizzate da un insieme di istruzioni. In linea generale per le operazioni che compongono una tecnologia esiste un'esperienza passata nell'ambito di altre tecnologie esistenti o che sono comunque esistite. Data una tecnologia, il primo lavoro consiste nel suddividerla nelle varie operazioni ricercando allo stesso tempo altre tecnologie che includono le operazioni identificate e che hanno una storia di applicazione industriale con risultati conosciuti. E' possibile allora effettuare previsioni riguardo l'affidabilità, e considerazioni su altri aspetti che possono influenzare i costi della tecnologia in esame, sulla base dei risultati industriali conosciuti delle altre tecnologie che includono le operazioni della tecnologia studiata. E' però indispensabile in questa valutazione tener conto di un punto importante che riguarda il fatto che le varie operazioni combinate nella nuova tecnologia si possono influenzare tra di loro. Questo comporta sovente che le istruzioni per una data operazione in una nuova tecnologia sono differenti e possono portare considerazioni sull'affidabilità e sui costi differenti da quanto già sperimentato in altre tecnologie.

### **2.3. Valutazione ambientale delle tecnologie**

Come abbiamo già detto in precedenza la valutazione ambientale di una tecnologia è complessa poiché gli effetti della tecnologia sull'ambiente agiscono a livelli diversi di cui è difficile valutarne il peso reciproco. Possiamo in effetti considerare tre livelli di impatto ambientale per una tecnologia che sono:

- Impatto diretto dovuto a effetti tossicologici delle emissioni sull'uomo attraverso l'inquinamento di aria, acqua e suolo.
- Impatto locale come le piogge acide, l'eutrofizzazione dei laghi e la formazione di smog
- Impatto globale come l'effetto serra e l'assottigliamento dello strato di ozono

L'interesse di procedere ad una valutazione ambientale dettagliata di una tecnologia, al di là del rispetto delle norme vigenti sulla protezione dell'ambiente, dipende molto da fattori locali dove la tecnologia è destinata ad essere impiegata. Sono noti i problemi di insediamenti industriali con utilizzazione di tecnologie contro le quali sorge l'opposizione della popolazione che in certi casi riesce a bloccare l'insediamento se non addirittura a far chiudere impianti. Occorre subito notare che la popolazione reagisce sulla base di una sua "percezione ambientale" e non su dati obiettivi di

impatto. Questo fa sì che tecnologie relativamente inquinanti siano accettate in certe zone ed altre meno inquinanti rifiutate in altre zone. In ogni caso tutte le volte che si procede ad una valutazione di tecnologie che possono essere utilizzate in zone con forte sensibilità ambientale è bene procedere a un'analisi dettagliata degli impatti ambientali al di là delle esigenze di rispetto delle normative. Esistono varie metodologie per le valutazioni ambientali alcune volte troppo complesse o arbitrarie per essere di interesse pratico, noi ne esporremo due, la prima, chiamata LCA (Life Cycle Assessment), utile per un confronto degli impatti e la seconda, chiamata AHP (Analytic Hierarchy Process), di interesse per una valutazione globale dell'inquinamento a partire dai valori di impatto determinati.

#### *Metodo LCA*

Il metodo LCA consiste in un bilancio materiale ed energetico di un impianto utilizzante una data tecnologia di tipo input/output, simile a quanto già descritto per le valutazioni economiche, e a cui è associata la determinazione delle emissioni di inquinanti attraverso ulteriori parametri di collegamento tra input ed output. Le applicazioni si fanno su calcolatore utilizzando un foglio elettronico o un software specifico. L'impatto ambientale è misurato in generale a partire dalle concentrazioni dei vari inquinanti nelle emissioni per il volume emesso ed è quindi tanto più grande quanto sono le emissioni ovvero il livello produttivo dell'impianto. Va sottolineato che un livello di concentrazione di inquinante non è di per sé un impatto poiché esso va integrato con la quantità di emissione in un certo lasso di tempo per dare il valore di impatto. In molti casi, quando gli inquinanti emessi sono simili, il confronto dei risultati di impatti ambientale tra due tecnologie può già essere decisivo per la valutazione ma in altri casi la differenza non è così netta anche perché ogni inquinante ha un suo effetto tossicologico ed ambientale specifico e può essere difficile trarre un giudizio quando gli inquinanti sono differenti e agiscono sull'ambiente a vari livelli. In questi casi si può ricorrere a metodi più complessi come l'AHP.

#### *Metodo AHP*

Il metodo AHP permette di valutare un indice globale di impatto ambientale che tiene conto degli effetti di tutti gli inquinanti e a tutti i livelli di inquinamento. Si parte in genere dal valore degli impatti ambientali di ogni tipo di inquinante calcolati ad esempio con il metodo LCA. Gli impatti vengono classificati e pesati in una maniera gerarchica prestabilita. L'effetto dei vari inquinanti viene classificato in genere su tre livelli di impatto, come già presentato precedentemente, e questo per i vari indicatori ambientali come:

#### *Indicatori di impatto diretto sull'uomo*

- Classificazione tossicologica per l'aria
- Classificazione tossicologica per le acque

Per quanto riguarda gli inquinanti nel suolo si ammette che essi siano veicolati sull'uomo attraverso l'aria (polveri) o l'acqua (falda acquifera)

#### *Indicatori di impatto locale:*

- Acidità (piogge acide)
- Eutrofizzazione dei laghi
- Formazione di smog

#### *Indicatori di impatto globale:*

- Effetto serra
- Assottigliamento dello strato di ozono

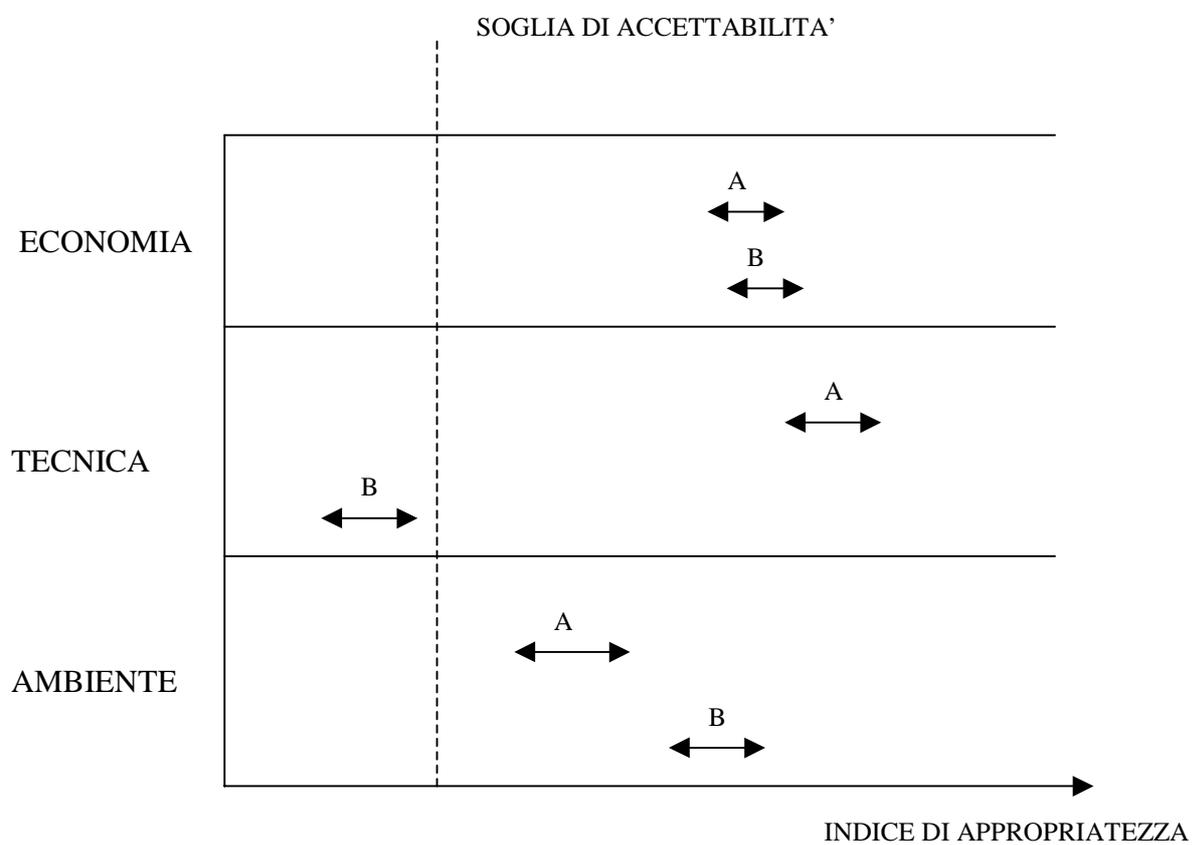
Nel caso in cui vari inquinanti agiscano contemporaneamente su uno stesso impatto vengono utilizzati opportuni coefficienti di equivalenza che tengono conto della diversa incidenza sull'impatto. Ad esempio considerando l'eutrofizzazione dei laghi, l'impatto, espresso convenzionalmente in kg di  $\text{NO}_3^-$  deve essere moltiplicato per un coefficiente pari a 32,03 se si considerano emissioni di fosfati in termini di kg di P. Si procede quindi a classificare gli effetti dei vari indicatori ambientali sulla base di un valore di dominanza tra tutte le coppie di indicatori. Questo valore è in genere compreso tra 1 e 10 per il dominante mentre il valore del dominato è rappresentato dall'inverso del valore del dominante. In questo modo è possibile costruire una matrice che riporta tutti i valori di dominanza definiti in questo modo e calcolare per ogni indicatore ambientale un valore medio normalizzato. Non esistono per questa analisi gerarchica convenzioni particolari sui valori di dominanza e l'attribuzione di questi valori nella matrice resta alquanto soggettiva. Si procede quindi a determinare, per la serie di tecnologie in valutazione, i valori di impatto normalizzati per ogni indicatore ambientale associati ad ogni tecnologia formando così una seconda matrice di valori. Moltiplicando questa matrice con la matrice formata dai valori medi normalizzati degli indicatori avremo come risultato una serie di valori di impatto globale, uno per ogni tecnologia. Tanto più basso è il valore di impatto globale di una tecnologia, tanto più la tecnologia è ambientalmente preferibile.

#### **2.4. Valutazione globale delle tecnologie**

Condurre una valutazione globale delle tecnologie significa tradurre i risultati dei tre tipi di valutazione fatta: economica, tecnica ed ambientale in termini integrabili che possano permettere di calcolare un qualche indice unico di valutazione. Come sappiamo la valutazione economica porta a risultati quantitativi precisi, la valutazione tecnica può anch'essa essere tradotta in termini economici anche se con incertezze più o meno grandi mentre la valutazione ambientale porta a giudizi qualitativi o ad indici il cui calcolo resta comunque molto soggettivo.

Esistono vari metodi per eventualmente monetizzare impatti ambientali o stabilire regole di analisi decisionali in ambito di valutazioni basati su criteri multipli. La maggior parte di questi metodi contiene aspetti di valutazione molto soggettivi che generalizzati possono indurre in valutazioni errate. Noi descriveremo un metodo semplice di valutazione globale basato su indici di appropriatezza che possono essere facilmente applicati e fornire risultati utili in molti casi.

Poiché non è possibile trasformare i dati delle valutazioni secondo i vari criteri in valori compatibili ad esempio monetizzandoli, si ricorre alla stima di un indice di appropriatezza relativa delle varie tecnologie studiate e per i vari criteri considerati utilizzando una scala arbitraria, ad esempio di 10 o 100, in funzione dei risultati di valutazione ottenuti per ognuno dei criteri. Gli indici non sono necessariamente rappresentati da un punto ma possono essere costituiti da un segmento che riporta il campo di variabilità possibile dell'indice dovuto a eventuali incertezze presenti nella sua determinazione. Allo stesso tempo si determina, sulla base del caso studiato, una soglia di accettabilità rappresentata da un valore di indice al di sotto del quale la tecnologia valutata è da considerare non appropriata, e questo per tutti i criteri. Per le tecnologie i cui indici si trovino tutti nel campo dell'accettabilità il loro grado di appropriatezza è tanto più elevato quanto i loro indici sono lontani dalla soglia di accettabilità. Nella Fig. 4 si è riportato un esempio di rappresentazione indicativa di questo metodo globale per due tecnologie A e B. Nel caso specifico la tecnologia B risulta non accettabile poiché il suo indice di appropriatezza tecnica risulta al di sotto della soglia di accettabilità.



**Fig. 4. Valutazione globale secondo l'indice di appropriatezza**

### 3. TRASFERIMENTO E DIFFUSIONE DELLE TECNOLOGIE

Per poter ben comprendere i processi di trasferimento e diffusione delle tecnologie occorre definire con precisione cosa sia il “know how” ovvero il saper utilizzare una certa tecnologia. Essenzialmente il know how costituisce una conoscenza pratica che risiede negli operai e nei tecnici che utilizzano una certa tecnologia in un impianto di produzione. Si può parlare di know how anche per tecnici ed operai che fanno funzionare un impianto pilota o che hanno fatto funzionare un prototipo o perfino un know how a livello di esperienze di laboratorio. Un know how è legato all’esperienza in un certo ambito operativo e ne consegue che, anche riferendosi alla stessa tecnologia in sviluppo, il know how di laboratorio è differente dal know how di impianto pilota che ha sua volta è differente da quello per l’impianto industriale; se non fosse così non ci sarebbero mai problemi per trasferire tecnologie sviluppate in laboratorio sul piano industriale cosa che è smentita correntemente dai fatti. La conseguenza è che un know how non è trasferibile in un nuovo impianto ma deve essere sviluppato ogni volta sulla base di informazioni su esperienze precedenti.

Il discorso effettuato sul know how vale anche per le tecnologie e, quando si parla di trasferimento di tecnologia, in realtà si adotta nella maggior parte dei casi un termine improprio poiché, come abbiamo già visto nel capitolo dedicato all’innovazione tecnologica, difficilmente una ricetta di produzione ottimale è uguale per due impianti diversi anche se effettuano la stessa produzione. Un trasferimento di tecnologia è quindi in realtà composto da due processi:

- Un trasferimento di informazioni da un impianto già in funzione
- Un processo di imitazione della tecnologia già utilizzata accompagnato da un lavoro di LbyD per ricercare la ricetta ottimale di produzione

Un trasferimento di tecnologia propriamente detto riguarda in realtà un trasferimento di impianti e personale che li fanno funzionare, avvenimento relativamente raro che può però avvenire ad esempio nel caso di acquisto di azienda. In questo caso si diviene proprietari non solo della tecnologia dell’azienda acquistata ma si ha a disposizione impianti e personale con il know how per farla funzionare.

Sia che si tratti di una nuova tecnologia che deve essere industrializzata o che si tratti di un trasferimento di tecnologia per l’avviamento di un nuovo impianto, l’attività principale del trasferimento è costituita dal LbyD che permette di sviluppare un know how efficiente e trovare le ricette ottimali di produzione. Nel caso di industrializzazione di una nuova tecnologia molto importante è il lavoro di LbyD per avviare l’impianto poiché in questo caso non esistono informazioni riguardo al know how industriale della tecnologia. Questa attività può essere considerata ancora come innovazione tecnologica. Noi ci interesseremo in particolare del LbyD relativo a tecnologie industrializzate e cioè che sono già utilizzate in altri impianti o, nel caso di nuove tecnologie, che hanno già superato la fase di avviamento industriale.

#### 3.1. Learning by Doing

Il Learning by Doing è un’attività essenziale nel trasferimento o prima industrializzazione di una tecnologia poiché permette di trovare ricette di produzione ottimali che possono ridurre sensibilmente i costi di produzione. Benchè il LbyD esista da sempre come attività umana ed anzi ha costituito dall’inizio della civiltà la sola forma di sviluppo tecnologico prima che la scienza e le conoscenze scientifiche permettessero di accelerare in maniera straordinaria e in altro modo questo sviluppo. La sua esistenza e influenza economica venne però riconosciuta solo negli anni 30,

studiando l'industria della componentistica aeronautica, da T.P. Wright con una pubblicazione del 1936 che presentava anche una legge empirica su questo fenomeno e che ha preso il suo nome. Negli anni 60, un economista americano e Premio Nobel Kenneth Arrow ne rilevava poi l'importanza anche a livello macroeconomico.

Per definire la Legge di Wright sul LbyD occorre riconsiderare il diagramma dei piani di produzione già presentato nella Fig.1. In un impianto la produzione fatta può essere considerata come la somma della produzione realizzata da una serie temporale di piani di produzione successivi a partire da un primo piano, indicato con un costo dei fattori di produzione  $l_0$ , fino al piano corrente, con il costo  $l_t$ . Questo piano precede a sua volta i piani con costi corrispondenti  $l_{t-1}$ ,  $l_{t-2}$ , ecc. A questi corrispondono poi le quantità di prodotto  $q_0$ ,  $q_t$ ,  $q_{t-1}$ , ecc. come rappresentato nella Fig. 5. Se ora indichiamo con Y il totale della produzione definita come:

$$Y_{t-1} = \sum q_i \text{ per } q_i = q_0 \text{ fino a } q_i = q_{t-1} \quad (18)$$

Possiamo scrivere la seguente equazione:

$$l_t = a Y_{t-1}^{-b} \quad (19)$$

che rappresenta la Legge di Wright dove a è una costante e b un coefficiente chiamato di "apprendimento" ambedue rappresentati da un valore positivo. La Legge di Wright può essere scritta anche in forma logaritmica come:

$$\log l_t = \log a - b \log Y_{t-1} \quad (20)$$

Si definisce inoltre "grado di progresso" (progress rate) il coefficiente p definito come:

$$p = 2^{-b} \quad (21)$$

ovvero:

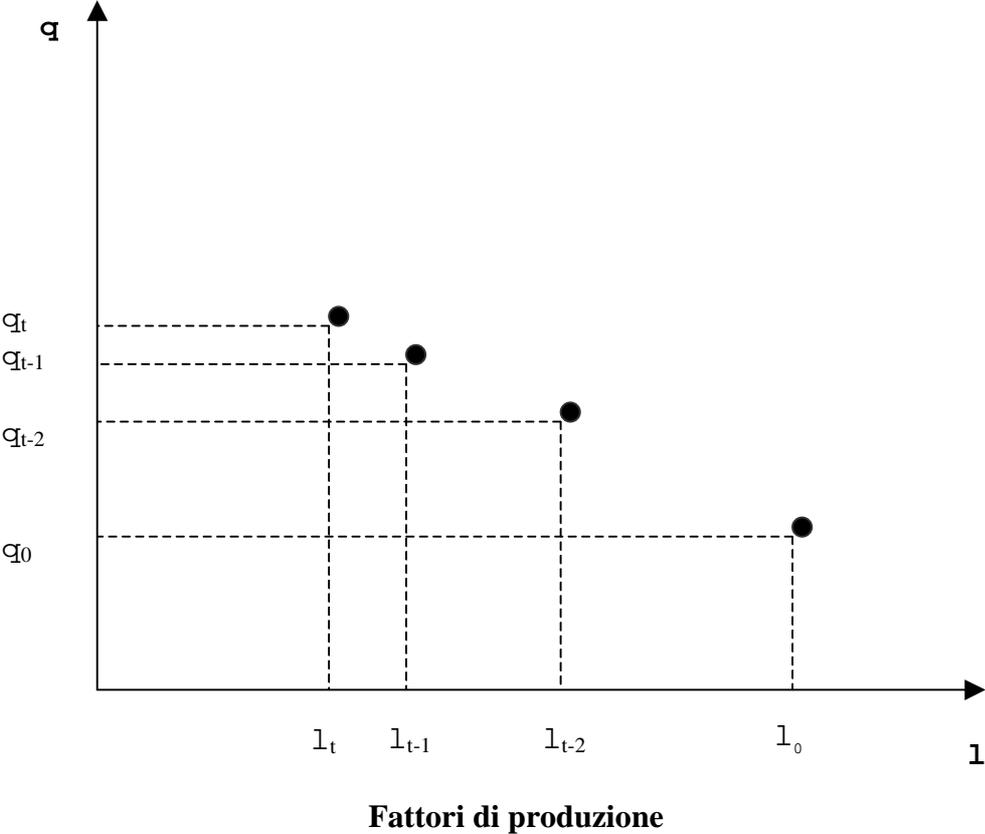
$$b = -\log_2 p \quad (22)$$

In pratica, quando una produzione Y è raddoppiata, la percentuale di riduzione del costo l corrispondente sarà data, per la Legge di Wright, da:  $1 - p$ . D'altra parte più elevato è il coefficiente b e più rapida è la riduzione dei costi l.

Nella Tabella 1 abbiamo riportato alcuni valori di b e p caratteristici di varie industrie calcolati in studi su vari settori industriali e del loro grado di correlazione con la Legge di Wright.

Si può notare nella Tabella 1 che per la maggior parte dei settori industriali studiati si ha un grado di progresso p dell'ordine dell'80% che ha comportato una riduzione dei costi l dell'ordine del 20%. Inoltre, quasi la metà dei casi studiati presentano coefficienti di correlazione con la legge superiori a 0,9 e solo in un caso il coefficiente è nettamente basso e pari a 0,47. D'altra parte si noti come il coefficiente di apprendimento b sia più elevato per settori industriali con un alto grado di innovazione dovuto alla R&S come i semiconduttori, il nucleare e il chimico rispetto a settori tradizionalmente meno innovativi come il tessile o le fabbricazioni metalliche.

**Quantità di prodotto**



**Fig. 5. Rappresentazione dell'attività di learning by doing**

**TABELLA 1. Legge di Wright applicata a vari settori industriali**

Settore Industriale	Grado di progresso medio p in %	Coefficiente di apprendimento medio b	N° di casi studiati	Coefficiente di correlazione R2	Tipo di misura del costo	Riferimento
Semiconduttori	79	0,34	42	0,77	prezzo	Gruber (1994)
Semiconduttori	75	0,41	127	0,95	prezzo	Webbink (1977)
Semiconduttori	81	0,42	257	0,94	prezzo	Irwin et al. (1994)
Energia nucleare	73	0,46	41	N.D.	costo totale	Zimmerman (1982)
Processi chimici	77	0,38	300	N.D.	valore aggiunto	Lieberman (1987)
Prodotti metallici	90	0,15	200	0,47	valore aggiunto	Didley (1972)
Tessile (iuta)	94	0,09	243	0,82	valore aggiunto	Kibria et al. (1985)
Strumenti musicali	89	0,17	78	0,95	ore di lavoro	Baloff (1971)
Ricami	77	0,37	33	0,94	ore di lavoro	Baloff (1971)
Diamanti	93	0,10	212	0,70	ore di lavoro	Levhari et al. (1973)
Fabbricazioni	89	0,17	438	0,75	valore aggiunto	Sheshinski (1967)
Fabbricazioni	98	0,03	1281	0,81	ore di lavoro	Bahk et al. (1993)
Veicoli industriali	91	0,14	99	0,98	ore di lavoro	Epple et al. (1991)

Benché, come si può vedere dalla Tabella 1, a grandi linee la Legge di Wright è stata dimostrata valida per vari settori industriali, un esame più dettagliato dei dati disponibili da vari studi mostra alcune deviazioni tipiche. In particolare, se si esamina l'andamento del logaritmo dei costi  $l$  con il logaritmo del numero di batch (cumulativo della produzione  $q$ ), si osserva spesso la formazione di plateaux come riportato nella Fig. 6. Questi plateaux corrispondono a periodi di tempo in cui non si osserva nessun progresso nella riduzione del costo di produzione. Se si considera, non un impianto specifico, ma un intero settore industriale, questi plateaux tendono però a scomparire. Un'altra deviazione osservata, che permane anche nel caso di studi di interi settori industriali, riguarda la linearità che la Legge di Wright prevede tra il logaritmo del costo  $l$  ed il logaritmo del numero di batch (cumulativo della produzione  $q$ ) come dall'equazione (20). Nella realtà si osserva spesso che i valori di  $l$  sono all'inizio (primi batch) più bassi della retta per divenire, con l'aumento del numero di batch, più alti e infine di nuovo più bassi per alti numeri di batch formando una specie di S che si sviluppa attorno alla retta come riportato nella Fig. 7. In altre parole è come se il miglioramento di  $l$  a seguito dell'attività di LbyD avvenisse in tre fasi in un processo all'inizio lento per diventare poi veloce e quindi ritornare lento.

Occorre notare che risultati ottenuti recentemente su modelli che simulano l'attività di LbyD usando il concetto di ricetta di produzione come insieme di operazioni e scelte di istruzioni che evolvono nel Paesaggio Tecnologico alla ricerca di configurazioni ottimali sono stati in grado di riprodurre questo tipo di deviazione nella forma in cui è normalmente osservata nella realtà.

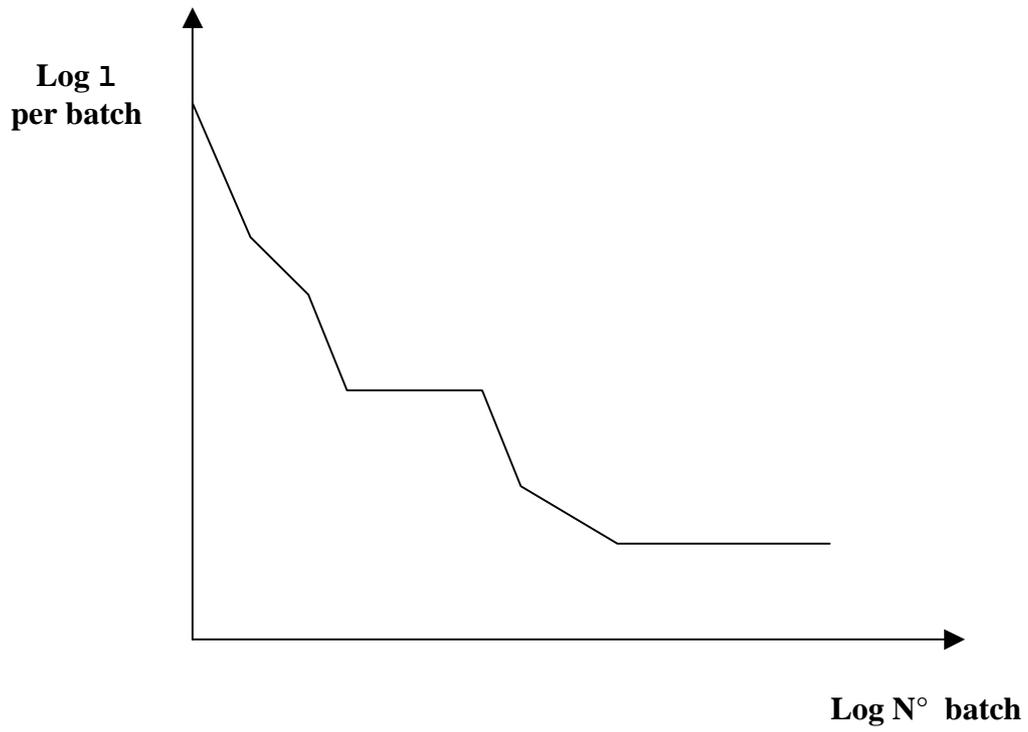
### 3.2. Diffusione delle tecnologie

La diffusione di una tecnologia può avvenire per trasferimento, sia interno ad un'impresa da un impianto ad un altro impianto, sia esterno per acquisto di tecnologia, ovvero per imitazione. Come abbiamo già visto per il trasferimento delle tecnologie, questo processo è costituito da un trasferimento di informazioni e da un processo di imitazione. Lo stesso quindi avviene per la diffusione che si realizza attraverso due processi che possono essere in parte anche contemporanei e cioè:

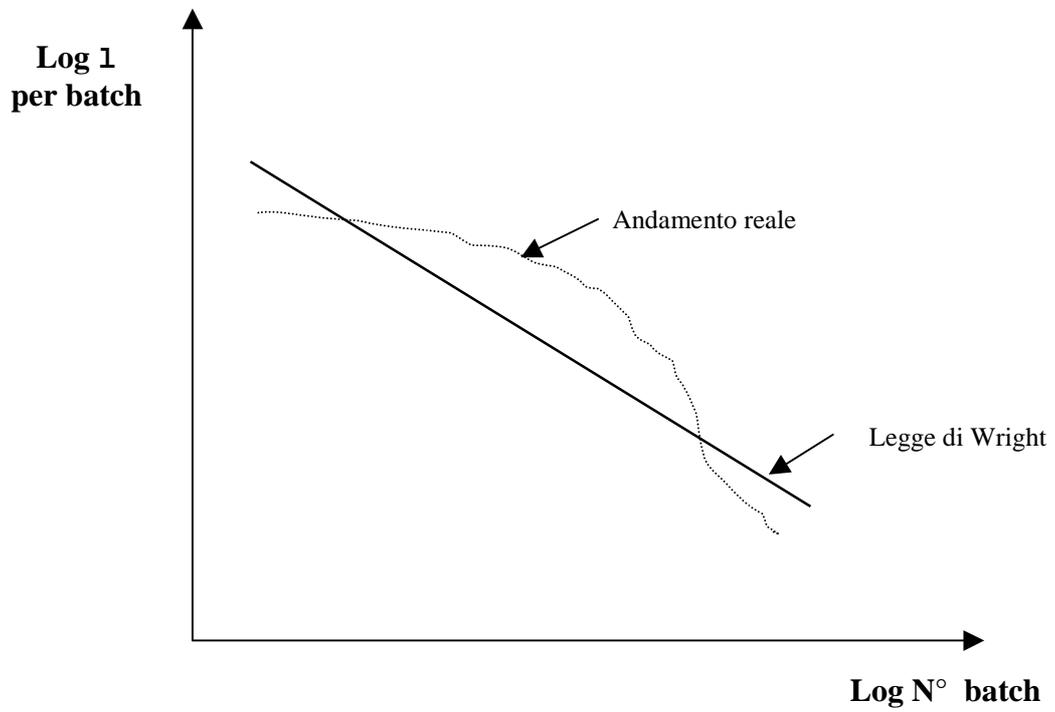
- Un processo di diffusione dell'informazione
- Un processo di decisione per adottarla
- Un processo di imitazione

Da questo punto di vista il processo di diffusione è lo stesso, sia che avvenga in un trasferimento interno od esterno, sia che avvenga per imitazione. Nel caso della diffusione per imitazione è probabile che la disponibilità di informazioni sia nettamente inferiore che nel caso del trasferimento, questo rende il lavoro di LbyD necessario più importante e, nel caso in cui la tecnologia sia molto innovativa, potrebbe anche rendere necessaria un'attività di R&S, inoltre, l'esistenza di brevetti può fare da ostacolo alla diffusione delle tecnologie per imitazione e questo aspetto sarà trattato in dettaglio più avanti discutendo l'argomento dei brevetti e delle licenze.

Una tecnologia in diffusione può essere inoltre di due tipi: *interna* e cioè specifica di un certo settore industriale od *esterna* e cioè utilizzabile da più settori industriali come ad esempio l'uso del calcolatore che trova utilizzazioni praticamente in tutti i settori.



**Fig. 6. Fenomeno di formazione di plateaux**



**Fig. 7. Deviazione dalla Legge di Wright**

La diffusione delle tecnologie riguarda interi insiemi di aziende tra le quali avviene il fenomeno. Il processo di diffusione è quindi essenzialmente determinato dalle aziende che, in funzione della loro situazione decidono di innovare, acquistare, imitare tecnologie o non fare nulla. Questo sistema di aziende può essere descritto convenientemente come Sistema Complesso Adattativo, concetto derivato dalla Scienza della Complessità e definito come: *un sistema composto da attori individuali, nel nostro caso le aziende, che hanno la libertà di agire in maniera non totalmente prevedibile e le cui azioni sono interconnesse in maniera che una certa azione di un attore (azienda) possa influenzare le azioni degli altri attori (aziende) che, allo stesso tempo, adattandosi all'ambiente in cui operano, perseguono i propri scopi*. Il comportamento di un Sistema Complesso Adattativo emerge quindi come risultato dell'interazione tra i vari attori. Analogamente il processo di diffusione delle tecnologie emerge come il risultato dell'interazione tra le aziende e il loro comportamento verso le nuove tecnologie che può essere caratterizzato da strategie innovanti o di imitazione.

Si possono considerare vari tipi di sistemi di aziende coinvolte nei processi di diffusione di tecnologie ed in particolare ne possiamo citare tre:

- Sistema costituito da aziende che hanno lo stesso tipo di produzione ma che possono anche essere lontane geograficamente (settore industriale)
- Sistema costituito da aziende che appartengono a diversi settori industriali ma che sono vicine geograficamente (zona industriale)
- Sistema costituito da aziende che appartengono allo stesso settore industriale e che sono anche vicine geograficamente. Questo sistema è chiamato comunemente “distretto industriale”

Discuteremo prima di tutto la diffusione delle tecnologie in un distretto industriale che, per le sue peculiari caratteristiche, presenta aspetti di comportamento ben conosciuti e che possono essere in parte estesi agli altri tipi di sistemi di aziende che discuteremo in seguito.

### **3.3. La diffusione della tecnologia nei distretti industriali**

Un distretto industriale è costituito da aziende di piccola o media dimensione, che hanno lo stesso tipo di produzione che, per il loro numero, hanno raggiunto una massa critica da generare numerosi comportamenti comuni e che le rende particolarmente competitive. Senza voler entrare in una descrizione completa dei comportamenti caratteristici di un distretto è interessante vedere alcuni aspetti importanti per la diffusione delle tecnologie. I comportamenti dei distretti sono spesso il risultato di equilibri stazionari o in lenta evoluzione di vari fattori che ne assicurano la stabilità e lo sviluppo, due sono particolarmente importanti per la diffusione della tecnologia e riguardano gli aspetti di cooperazione/competizione e gli aspetti di innovazione/imitazione.

#### *Cooperazione/Competizione*

In un distretto le imprese tendono ad evitare la proliferazione di conflitti la cui estensione potrebbe danneggiare il distretto senza alcun vantaggio per i vari competitori. Ne consegue in generale un comportamento competitivo prudente e un'apertura verso possibili cooperazioni. Il risultato di questo equilibrio tra competizione e cooperazione lo si vede sovente tra le imprese più importanti di un distretto che tendono a minimizzare la sovrapposizione e quindi la competizione sui mercati differenziandosi in termini di nicchie di mercato per i prodotti o di zone geografiche per l'attività commerciale. D'altro canto le imprese più piccole tendono a coprire marginalmente i mercati dominati dalle più grandi senza provocare conflitti ed ottenendo in cambio una certa tolleranza.

Gli equilibri tra cooperazione e competizione sono molto importanti per la strutturazione delle imprese in una data zona geografica e quindi in un distretto. Se la competizione permette di espandere le proprie attività a scapito dell'altro, la cooperazione permette invece di realizzare rendimenti locali crescenti tra le imprese che si uniscono. Studi in questo senso sono stati fatti con l'aiuto di modelli che sono stati in grado tra l'altro di riprodurre distribuzioni statistiche delle dimensioni delle imprese simili a quelle reali in una data regione geografica che obbediscono alla cosiddetta "Legge esponenziale" (in inglese Power Law) e cioè che il logaritmo della frequenza del numero di aziende di una certa dimensione è inversamente proporzionale al logaritmo della dimensione stessa.

#### *Innovazione/Imitazione*

In un distretto industriale esiste in generale una situazione più o meno equilibrata tra le strategie di innovazione ovvero di imitazione che perseguono le imprese per le attività di R&S e di LbyD riguardanti innovazione di processi o di prodotti. In linea generale un distretto è caratterizzato da un numero limitato di imprese che adottano strategie innovanti ed un numero molto maggiore di imprese che adottano strategie imitative. Sono le imprese maggiori che adottano più sovente ma non esclusivamente le strategie innovanti. L'innovazione può avere origine da uno sviluppo interno o essere esterna e quindi adottata ma non sviluppata dall'impresa innovante. In un distretto dopo o anche durante la realizzazione di un'innovazione si assiste a una diffusione di informazioni più o meno estese su questa e sul suo successo che può accendere attività di imitazione dell'innovazione nelle altre aziende assistendo quindi a una diffusione della nuova tecnologia. Nella realtà la situazione della nuova tecnologia adottata nelle varie aziende può essere molto varia a causa del diverso sviluppo e successo del lavoro di LbyD sull'innovazione. L'impresa innovante che ha realizzato per prima l'innovazione può conservare vantaggi in termini di avanzamento del LbyD che si traduce in costi di produzione inferiori. Non è però da escludere che altre imprese, nel loro lavoro di imitazione, possano raggiungere rapidamente risultati migliori poiché i risultati del lavoro di sintonizzazione delle istruzioni per la nuova tecnologia hanno in buona parte un carattere aleatorio. E' interessante notare che spesso le imprese innovanti dei distretti fanno un uso prudente delle loro innovazioni per la competizione e questo per conservare nel distretto il giusto equilibrio tra cooperazione e competizione citato precedentemente. Questo si traduce spesso in politiche sui brevetti poco sviluppate e una certa tolleranza nella diffusione dell'informazione

La diffusione delle tecnologie è quindi fortemente influenzata dagli equilibri stazionari tra competizione e cooperazione e tra innovazione ed imitazione che esistono nei distretti. Il livello contenuto della competitività nei distretti e la struttura a rete di diffusione dell'informazione rende particolarmente facile la diffusione di tecnologie per imitazione e lo stabilirsi di un equilibrio tra un numero limitato di imprese innovanti e un maggior numero di imprese imitanti. Studi su modelli di simulazione della competizione tra strategie innovative e imitative dimostrerebbero che la strategia imitativa è in genere più economica di quella innovativa a meno che esistano fortissime barriere alla diffusione dell'imitazione. Le imprese innovanti possono comunque conservare vantaggi sull'efficienza della tecnologia per la loro esperienza maggiore accumulata nel loro lavoro di LbyD.

### **3. 4. La diffusione della tecnologia in altri settori e aree industriali**

Considerando il caso di aziende appartenenti a settori industriali specifici, la diffusione può avere aspetti simili a quelli descritti per i distretti industriali, tuttavia, si possono notare delle differenze legate a un diverso rapporto tra le aziende rispetto alla situazione nei distretti. Le differenze principali osservabili rispetto ai distretti sono due:

- Maggiore competitività tra le aziende
- Diffusione dell'informazione meno veloce e sviluppata

La maggiore competitività tra le aziende collegata a una diffusione delle informazioni sulle innovazioni meno efficace rende l'attività di imitazione meno favorita che nei distretti mentre prende più importanza il trasferimento di tecnologie, eventualmente per acquisto di aziende, ed il lavoro di R&S.

Nel caso di aree industriali con industrie appartenenti a vari settori la diffusione di tecnologie riguarda essenzialmente tecnologie esterne comuni a vari settori industriali. In questo caso la diffusione della tecnologia avviene essenzialmente per imitazione ed è favorita dall'eventuale esistenza di una rete di diffusione delle informazioni efficace.

Un'ultima osservazione riguardante le aree industriali concerne la possibile esistenza di gruppi di aziende dello stesso settore, vicine geograficamente, ma non in numero e con dimensioni sufficienti a innescare comportamenti tipici dei distretti. Questi gruppi possono comunque avere comportamenti intermedi tra quelli dei distretti e dei settori industriale in funzione dello sviluppo delle relazioni esistenti.

### **3.5. Modelli di simulazione e diffusione delle tecnologie**

Prima di entrare in merito nel campo dei modelli di simulazione che, attraverso l'uso del calcolatore, permettono di avere risultati e comportamenti di sistemi complessi è bene fare alcune osservazioni preliminari. La ricerca di risultati attraverso l'uso di modelli di simulazione è in un certo senso un approccio che è opposto al normale metodo analitico-deduttivo utilizzato nelle scienze che tende piuttosto a trovare leggi generali che valgono per i sistemi studiati. L'uso di modelli di simulazione è stato sovente criticato come risultato di un atteggiamento che vuole evitare un più profondo esame analitico dei problemi. Inoltre si rimprovera il fatto che spesso un modello di simulazione possa in molti casi dimostrare qualsiasi cosa semplicemente modificando gli assiomi del modello. Per queste ragioni i modelli di simulazione hanno spesso avuto cattiva fama in sociologia ed particolarmente in economia.

Resta comunque il fatto che molti sistemi sono troppo complessi per poter tentare un approccio analitico-deduttivo e l'utilizzazione di modelli di simulazione su calcolatore resta praticamente il solo metodo utile per studiarli. Al fine di evitare le critiche sopra citate è importante che i modelli elaborati siano molto trasparenti, sia sul piano dell'algoritmo che delle ipotesi usate, in maniera che il lavoro fatto sul calcolatore sia esattamente ripetibile, come un vero e proprio esperimento scientifico, tenendo conto che un modello di simulazione è normalmente un'ipersemplificazione della realtà.

Senza entrare in descrizioni di dettaglio è interessante citare lo sviluppo di modelli generali sulla diffusione che possono riguardare informazione, mode, innovazioni o anche epidemie. Questi fenomeni sono studiati soprattutto nel campo della geografia economica e particolarmente importanti sono i lavori di Haegerstrand, uno studioso svedese che per primo si è occupato di modelli di simulazione della diffusione utilizzabili su calcolatore. Per comprendere il modello di base della diffusione elaborato da Haegerstrom e la sua applicabilità alla diffusione dell'innovazione tecnologica, occorre precisare alcuni aspetti del processo diffusione. Prima di tutto occorre osservare che questi modelli si riferiscono alla *diffusione spaziale*, cioè alla diffusione che avviene nel quadro di uno spazio geografico.

Da un punto di vista fenomenologico la diffusione spaziale considerata da Haegerstrand può essere divisa in quattro stadi e precisamente:

1. *Stadio iniziale del processo di diffusione.* Nel caso della diffusione di innovazione tecnologica questo stadio corrisponde in genere ad una fase di dimostrazione industriale e verifica dell'efficienza di una tecnologia e avviene spesso in uno o pochi altri impianti industriali.
2. *Stadio di diffusione vera e propria dell'innovazione che ha dimostrato la sua validità.* In questa fase il numero di impianti che adottano la tecnologia aumenta fortemente nel tempo.
3. *Stadio di consolidamento* nel quale l'innovazione si diffonde marginalmente ad ulteriori utilizzatori in ritardo riguardo alla decisione di adottare l'innovazione. In questo periodo il numero di impianti che adottano l'innovazione nel tempo è molto più ridotto rispetto allo stadio precedente.
4. *Stadio di saturazione.* In questa fase l'innovazione ha conquistato praticamente tutto il suo spazio e non si ha praticamente più diffusione ulteriore.

La diffusione inoltre può avvenire per *espansione* nel caso in cui la tecnologia che si diffonde resta comunque in uso nelle aree iniziali da cui si è diffusa proseguendo per tutti i quattro stadi citati. Se invece i processi di innovazione tecnologica sono rapidi rispetto alle velocità di diffusione di una tecnologia è possibile che le aree iniziali di diffusione abbandonino la tecnologia in diffusione per una nuova tecnologia migliore, in questo caso si ha diffusione per *spostamento* e, dal punto di vista spaziale, si forma un'onda di diffusione della tecnologia senza raggiungere in questo caso lo stadio di saturazione o addirittura neanche lo stadio di consolidamento.

Il modello di base elaborato da Haegerstrand simula assai bene alcuni tipi di diffusione ed è basato sulle regole principali seguenti:

1. L'area di diffusione è coperta da un reticolo piano ed omogeneo di punti di diffusione collegati ordinatamente tra di loro come in una rete.
2. Il tempo è diviso in intervalli uguali chiamati generazione
3. I punti di diffusione possono essere emittenti o trasmettenti di messaggi. Un singolo punto iniziale emittente è all'origine della diffusione
4. I punti emittenti trasmettono messaggi in periodi di tempo ben distinti
5. La trasmissione avviene esclusivamente attraverso le connessioni tra i punti e non esiste alcuna trasmissione diffusa dei messaggi
6. La probabilità che un punto riceva un messaggio si riduce con la distanza relativa dal punto di origine
7. In ogni punto il messaggio ricevuto è adottato e trasmesso alla generazione successiva
8. I messaggi ricevuti ma già adottati precedentemente non hanno nessun effetto

Come abbiamo già detto questo modello di base di Haegerstrand spiega abbastanza bene i processi di diffusione dell'informazione in generale ma non la complessa diffusione delle tecnologie. La critica principale a questo modello riguarda in particolare il punto 7. In effetti se un'informazione su una tecnologia è ricevuta e può essere facilmente ritrasmessa essa non è necessariamente adottata in termini di tecnologia poichè la scelta di adottarla ha una grande importanza strategica e può risultare in una risposta positiva o negativa o anche in una risposta positiva ritardata. Un altro punto controverso è dato dal punto 1 nel quale l'area geografica è coperta da un reticolo piano ed omogeneo di punti. Nella realtà della diffusione delle tecnologie le aziende, che corrispondono ai punti di diffusione del modello, sono collegate fra di loro in una maniera casuale che riflette solo in

parte l'area geografica e che può contenere connessioni anche molto lontane dal punto di vista spaziale.

Il fatto che i reticoli di trasmissione tra aziende siano casuali ha importanti riflessi sulla diffusione delle tecnologie. Studi recenti hanno dimostrato che in un reticolo reale con connessioni casuali la maggior parte dei punti del reticolo può essere raggiunta con un numero sorprendentemente limitato di punti di passaggio. Ciò ha come conseguenza, ad esempio nei distretti industriali, una diffusione estremamente rapida dell'informazione sull'esistenza di una nuova tecnologia. La diffusione della tecnologia non può però essere altrettanto rapida poiché dipende dalla decisione delle varie aziende di adottarla o no e dalla loro scelta di acquistarla, se esiste sul mercato, o di svilupparla in proprio. In conclusione lo stadio limitante della diffusione delle tecnologie non risulta dalla fase della diffusione dell'informazione sulla tecnologia ma piuttosto dai tempi di decisione aziendale di accettare o no la nuova tecnologia.

## 4. BREVETTI E LICENZE

I brevetti e le licenze rappresentano il modo con cui si regolano vari aspetti legali riguardo allo sfruttamento e trasferimento delle tecnologie. Nella realtà i brevetti e le licenze assumono grande importanza nel quadro delle strategie dell'impresa che vanno ben al di là degli aspetti legali e normativi ad essi collegati e che vedremo in seguito.

### 4.1. Brevetti

Un brevetto rappresenta *un titolo giuridico descritto in un linguaggio tecnico, rilasciato da un'amministrazione, e che stabilisce un diritto reale su un'invenzione*. Una "invenzione" rappresenta un'innovazione tecnologica che permette di migliorare tecnologie esistenti e creare nuove pratiche, essa si distingue da una "scoperta" che rivela cose che già preesistono o che arricchiscono la conoscenza in generale abitualmente di natura scientifica.

Dal punto di vista della definizione di tecnologia come sequenza di operazioni ciascuna associata ad un insieme di istruzioni un'invenzione può essere considerata come uno spazio del Paesaggio Tecnologico nel quale sono incluse le istruzioni che caratterizzano l'innovazione e che sono indicate negli esempi e rivendicazioni del brevetto. Si noti l'efficienza di una ricetta di produzione considerata nel Paesaggio Tecnologico di un brevetto è di natura essenzialmente poiché un brevetto generalmente non indica direttamente aspetti economici quantitativi dell'invenzione (efficienza  $\theta$ ) ma parla di miglioramenti tecnici che possono essere il risultato di nuove pratiche ottenute modificando operazioni ed istruzioni (cambiamento di tecnologia) od anche solo istruzioni in maniera comunque che la ricetta o l'insieme di ricette di produzione che rappresentano l'invenzione abbiano un'efficienza tecnica superiore a quelle in uso precedentemente. Questa rappresentazione dell'invenzione la rende nettamente differente da una scoperta che non è caratterizzata da operazioni ed istruzioni tecniche ma da un aumento delle conoscenze, in genere scientifiche, che si hanno riguardo a un certo fenomeno. Un'invenzione è quindi tipicamente il risultato di un'attività tecnica mentre la scoperta è tipicamente il risultato di un'attività scientifica. Una scoperta scientifica può però costituire la base di conoscenze per immaginare applicazioni pratiche che possono costituire l'invenzione. Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico questo corrisponde a definire le operazioni utili e indicare efficacemente un percorso che porta verso ricette di produzione ottimali.

L'utilità di brevettare un'invenzione è molteplice e si può riassumere nei punti:

- Proteggere l'invenzione da contraffazioni
- Servire da oggetto per una concessione d'uso dell'invenzione (licenza)
- Migliorare l'immagine tecnologica dell'impresa in generale

Brevettare un'invenzione può anche avere aspetti negativi come:

- Rendendo pubblica l'invenzione con il brevetto questo può dare spunti per sviluppi di altre invenzioni, eventualmente migliori, presso la concorrenza o anche a contraffazioni molto difficili da scoprire
- L'operazione di brevettare un'invenzione può essere molto costosa soprattutto se si vuole coprire l'invenzione in un'ampia zona geografica costituita da molti paesi.

Per queste ragioni la decisione di brevettare un'invenzione deve essere considerata con molta attenzione nel quadro della strategia dell'impresa.

Affinché un'invenzione possa essere brevettata essa deve obbedire a due caratteristiche essenziali che sono:

- Novità rispetto a quanto è già stato fatto (stato dell'arte)
- Miglioramento riguardo ai risultati tecnici che sono già stati ottenuti

Dal punto di vista tecnologico questo significa che non basta trovare un nuovo insieme di ricette di produzione non contemplate in precedenti brevetti ma occorre dimostrare che queste ricette siano più efficaci. Ad esempio: non è sufficiente trovare una nuova formulazione differente da quanto brevettato per eseguire un certo trattamento ma occorre dimostrare, per poterla brevettare, che essa dia risultati migliori della precedente.

La struttura di un brevetto (patent) è composta essenzialmente da tre parti:

- Una descrizione generale dell'invenzione (invention)
- Il riporto di uno o generalmente più esempi (examples) di applicazione dell'invenzione
- Una lista di rivendicazioni (claims) dedotta dagli esempi riportati

Le rivendicazioni riportate in un brevetto, strettamente collegate agli esempi, sono la parte più importante del brevetto poiché sono in genere queste che vengono contestate riguardo la brevettabilità (esistenza dell'invenzione) o l'anteriorizzazione (esistenza di brevetti anteriori) dell'invenzione.

Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico un brevetto copre, attraverso le rivendicazioni, un insieme di ricette di produzione del paesaggio tra le quali dovrebbe esistere quella corrispondente ad un massimo (locale) di efficienza tecnologica. Le istruzioni riguardo le ricette dell'invenzione che appaiono nelle rivendicazioni, vengono in genere definite in un campo il più possibile largo, sia perché al momento della redazione del brevetto non si hanno conoscenze sufficienti per essere più precisi (sviluppo ancora limitato dell'innovazione e del LbyD su di essa) ma si desidera coprire tutto il campo in cui si pensa si trovino le ricette specifiche più efficienti, sia perché non si vuole rendere pubbliche le condizioni reali ottimali di esecuzione dell'invenzione e, al contrario, si vuole estendere il più possibile il campo della protezione per comprendere possibili ricette che possono trovarsi su altri massimi locali di efficienza. Occorre notare che, in caso di contestazione, la dimostrazione che le ricette desunte dagli esempi e rivendicazioni del brevetto non apportino le migliori rivendicate può costituire causa di limitazione o invalidità del brevetto. Un altro aspetto che la descrizione di un brevetto deve rispettare, pena l'invalidità, è che l'uomo dell'arte sia in grado, attraverso la descrizione generale e gli esempi del brevetto, di mettere in esecuzione l'invenzione e verificare le migliori rivendicate. La natura e l'ampiezza delle rivendicazioni costituiscono quindi i punti essenziali di un brevetto. Sul piano legale, in caso di contestazioni, i giudizi possono essere più o meno restrittivi andando da una parte ad accettare come campo dell'invenzione solo le ricette riportate negli esempi e non quelle desumibili dalle estensioni riportate nelle rivendicazioni, d'altra parte possono essere accettate nel campo dell'invenzione estensioni non riportate ma desumibili naturalmente dagli esempi da parte dell'uomo dell'arte purché questo non comporti ulteriore attività inventiva.

Un caso interessante è quello di un brevetto che oltre proteggere le ricette dell'invenzione che operano in certi campi di istruzioni protegge anche come attività inventiva la sequenza delle

operazioni. In questo caso la realizzazione di un'invenzione che riguarda ricette di produzione con configurazioni di istruzioni fuori del campo di questo brevetto ma che utilizzano la stessa sequenza di operazioni (stessa tecnologia) è brevettabile ma crea una cosiddetta dipendenza tra i due brevetti. Si rende quindi necessaria una licenza per lo sfruttamento del brevetto dipendente. Anche se le legislazioni di molti paesi prevedono, in caso di disaccordo sulla cessione della licenza per lo sfruttamento del brevetto dipendente, la possibilità di sfruttarlo ugualmente pagando dei diritti legali abbastanza contenuti, la dipendenza non è mai in genere desiderata per varie ragioni come la conseguente mancanza di segretezza sulle proprie attività verso un eventuale concorrente che si viene a creare attraverso il pagamento dei diritti. Una possibilità di uscita dalla dipendenza è quella di trovare altre sequenze simili di operazioni non brevettabili poiché già conosciute da molto tempo e costruire un brevetto come miglioramento di queste.

Un'altra possibilità importante di brevetto esistente in alcuni paesi importanti come gli USA è la facoltà di effettuare brevetti ad esempio su una composizione materiale senza necessariamente citarne l'applicazione. In questo caso il brevetto crea dipendenze su tutte le possibili applicazioni che potrebbero essere trovate per quel materiale. Un'estensione analoga di questa possibilità riguarda la brevettabilità di nuovi organismi biologici realizzabili in laboratorio, come ad esempio gli organismi geneticamente modificati (OGM), senza citarne l'utilizzazione.

La procedura di deposito di una domanda di brevetto comincia di solito con una verifica della brevettabilità dell'invenzione attraverso un controllo dei brevetti esistenti nello stesso campo. Questa operazione non è obbligatoria ma fortemente consigliabile, essa vuole verificare l'eventuale esistenza di brevetti che anteriorizzano o creano dipendenze per l'invenzione esaminata. Si noti che non è necessario che esista un brevetto anteriore valido per impedire la brevettabilità di un'invenzione. Anche un brevetto non più valido, poiché esiste già da un tempo superiore a quello in cui è assicurata la protezione legale, o qualsiasi pubblicazione, articolo tecnico od opuscolo che descriva una tecnologia e che sia stato divulgato può costituire anteriorizzazione per l'invenzione esaminata. Naturalmente nei casi in cui non esiste un brevetto valido ma vi è anteriorizzazione è comunque possibile utilizzare l'invenzione ma non brevettarla.

Sulla base dei documenti trovati nella ricerca di anteriorità e della descrizione tecnica ed esempi riguardanti l'invenzione si effettua la redazione del brevetto scegliendo gli esempi e la natura e l'ampiezza delle rivendicazioni in modo da ritagliarsi un nuovo campo inventivo rispetto a quello già esistente in altri brevetti preesistenti ed evitando se possibile una dipendenza. Una volta redatto il brevetto farà oggetto di una domanda presso un'amministrazione di un paese ovvero presso l'European Patent Office (EPO) di Monaco ovvero presso il World Patent Office (WPO) di Ginevra. Molte legislazioni prevedono l'obbligatorietà di deposito prioritario nel paese in cui avviene l'invenzione, anche per esercitare eventuali diritti nazionali di priorità di sfruttamento dell'invenzione stabiliti dalla legge. Mentre la domanda presentata all'EPO può trasformarsi dopo esame favorevole in un vero proprio brevetto che necessita solo la registrazione nei paesi europei che fanno parte dell'EPO, la domanda presso il WPO costituisce solo un esame di brevettabilità e deve poi essere eventualmente seguita da una procedura normale di deposito della domanda di brevetto nei paesi desiderati. La data di deposito della domanda è molto importante poiché essa costituisce la data prioritaria alla quale ci si riferisce per le questioni di anteriorità e quindi di validità di eventuali brevetti in concorrenza. In generale la domanda di brevetto è valida come priorità per tutto un insieme di paesi che fanno parte dell'Unione (Convenzione di Parigi). Questi rappresentano quasi tutti i paesi esistenti. Trascorso il termine di un anno è necessario estendere la domanda a tutti i paesi in cui si desidera proteggere il brevetto, pena il decadimento della protezione nel paese per il quale non si effettua l'estensione. L'esistenza di un periodo di un anno in cui una domanda di brevetto possiede una priorità ma non è allo stesso tempo di pubblico dominio fa sì che

le ricerche di anteriorità non possono assicurare l'inesistenza di brevetti anteriorizzanti l'invenzione considerata nell'anno che precede la ricerca e fino alla data della domanda di brevetto.

A seconda delle amministrazioni la domanda di brevetto è sottoposta o no ad un esame di brevettabilità con ricerca di eventuali anteriorità. L'esame è previsto ad esempio all'EPO, in Germania e negli USA mentre non è fatto ad esempio in Francia ed in Italia. A parte i vizi formali che possono essere sollevati da parte delle amministrazioni, nel caso di esame possono arrivare osservazioni riguardo all'accettabilità delle rivendicazioni fatte. Questo può portare a modifiche più o meno importanti al testo e al campo delle rivendicazioni per rendere accettabile il brevetto ovvero, nel caso in cui non sia possibile rispondere validamente o che le modifiche proposte non siano poi accettate, al rigetto della domanda di brevetto. Questo esame varia a seconda del paese considerato e, ad esempio, lo stesso brevetto accettato negli USA può essere rigettato in Giappone. Il lavoro di discussione con le amministrazioni e la conseguente revisione del brevetto costituisce una parte importante dell'attività di protezione e dei costi di un brevetto. La concessione di un brevetto in un paese con esame non costituisce una garanzia della validità del brevetto verso possibili anteriorizzazioni. Ad esempio negli USA circa il 20% dei brevetti concessi ma sottoposti ulteriormente a procedimenti di contestazione sono alla fine giudicati non validi.

Una volta accordato il brevetto inizia il periodo di validità della protezione che, a seconda dei paesi, dura da 15 a 20 anni. Il brevetto è assoggettato nei vari paesi in cui è protetto ad una tassa annuale, in genere più alta nei primi anni e meno negli ultimi anni. Il non pagamento della tassa in un paese oltre certi limiti di ritardo può provocare la perdita irreversibile dei diritti di protezione in quel paese.

Come si può comprendere il deposito di un brevetto e la sua protezione nei vari paesi è un processo complesso e costoso che necessita l'intervento di un buon ufficio di consulenza per la proprietà industriale che conosce tutti gli aspetti legali e procedurali nei vari paesi che sono tra l'altro sottoposti a frequenti cambiamenti. Senza entrare nel dettaglio di questa attività di consulenza è utile invece considerare il problema dei brevetti nel quadro delle strategie industriali esistenti in un'impresa e più precisamente i criteri che si devono considerare per decidere se procedere o no alla protezione di un'invenzione. Naturalmente la prima domanda da chiedersi è se l'innovazione considerata ha le caratteristiche di attività inventiva, novità e miglioramento tecnico. In caso di risposta positiva bisogna allora considerare l'interesse o no di procedere al deposito di una domanda di brevetto nel quadro della strategia d'impresa attuata considerando una serie di fattori riassunti nella Tabella 2.

**TABELLA 2. Fattori per la decisione sulla protezione di un'invenzione**

FATTORI A FAVORE DELLA PROTEZIONE	FATTORI CONTRO LA PROTEZIONE
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Intenzione di cedere il brevetto o licenze</li> <li>2. Facile difesa contro le contraffazioni</li> <li>3. Rinforzo di brevetti già posseduti</li> <li>4. Possibile apertura per ulteriori brevetti</li> <li>5. Immagine per l'impresa</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Difficoltà a proteggersi dalle contraffazioni</li> <li>2. Volontà di mantenere la più grande segretezza sul know how dell'invenzione</li> <li>3. Insicurezza riguardo a possibili anteriorizzazioni</li> <li>4. Costo elevato della protezione rispetto ai benefici ottenibili</li> </ol>

## 4.2. Licenze

La licenza costituisce un accordo per il quale il possessore dei diritti di sfruttamento di un brevetto concede all'acquirente, in cambio di una contropartita, l'utilizzazione di tutto o parte dell'invenzione protetta da un brevetto. Da un punto di vista legale si tratta quindi essenzialmente di un contratto.

Il campo e la durata della licenza può essere più o meno ampio. La licenza può essere totale o parziale (limitata solo a una parte delle applicazioni del brevetto), può essere globale o limitata a una zona geografica di sfruttamento ed inoltre può essere esclusiva o non esclusiva se il possessore dei diritti si riserva di cedere anche ad altri tutto o parte dei diritti.

Una licenza può inoltre riguardare i soli diritti del brevetto o anche la cessione del know how. Si noti che se un contratto prevede la sola cessione del know how (per l'inesistenza di un brevetto valido) ci si ritrova nel campo della sola cessione di tecnologia.

Sul piano della contropartita gli accordi possibili sono i più vari e si possono dividere in due grandi categorie:

- Pagamento di una somma fissa (lump sum) eventualmente rateizzata
- Pagamento di royalties collegate al livello di sfruttamento dell'invenzione (produzione)

Il primo caso è interessante quando non si vuole entrare in merito a controlli sulla produzione perché difficili o fastidiosi per ragioni di segretezza. La somma è il risultato in genere di un compromesso tra le due parti in cui il cedente rinuncia a maggiori introiti in caso di grande successo dello sfruttamento mentre l'acquirente prende il rischio di pagare comunque delle somme anche in caso di mancato o debole sfruttamento dell'invenzione. Nel secondo caso l'introito del cedente e il costo corrispondente per l'acquirente sono più aderenti al successo dello sfruttamento dell'invenzione ma necessita di controlli che, come abbiamo visto, possono essere incerti o non desiderati. Questo problema non esiste nel caso di cessione di licenze tra società appartenenti a uno stesso gruppo.

Concludendo è utile fare qualche riferimento all'aspetto del LbyD nel quadro delle licenze. Come abbiamo già discusso precedentemente il trasferimento di tecnologia, che avviene nel quadro di una licenza, comporta un lavoro di LbyD per la messa a punto dello sfruttamento industriale dell'invenzione da parte dell'acquirente. Questo lavoro, come l'abbiamo già segnalato, potrebbe portare a miglioramenti sostanziali della ricetta di produzione che risulterà quindi più efficiente di quella usata dal cedente l'invenzione. Per queste ragione molto spesso nei contratti di licenza e cessione di tecnologia si introducono clausole che obbligano l'acquirente a informare il cedente delle migliorie e, nel caso che queste possano fare oggetto di brevetto, a rilasciargli una licenza gratuita non esclusiva.