



Dipartimento di Impresa e Management

Cattedra di Microeconomia

**Analisi del mercato della Lampada a induzione:
confronto con il mercato del LED**

RELATORE

Prof. Marco Spallone

CANDIDATO

Elvira Bruno

192301

ANNO ACCADEMICO

2016/2017

Ai miei genitori

Indice

Introduzione	1
Capitolo 1	
Lampada a induzione: il segreto dell'industria	2
1.1 Storia della lampada a induzione	2
1.1.1 Caratteristiche della lampada	3
1.1.2 Modelli e usi	4
1.1.3 Pro e contro	4
1.2 Bene sostituto : lampada a LED	5
1.2.1 Pro e contro	6
1.3 Confronto: LED vs Lampada a induzione	7
1.4 Teoria del consumatore	8
1.4.1 Preferenze	11
1.4.2 Curve d'indifferenza	12
1.4.3 Forme delle curve d'indifferenza	13
1.4.4 Proprietà delle preferenze	15
1.4.5 Saggio marginale di sostituzione	16
1.5 Analisi del mercato	17
1.5.1 Stadio del ciclo di vita	17
1.5.2 Segmentazione della domanda	18
Capitolo 2	
Intervista alle imprese cinesi	21
2.1 Teoria della produzione	21
2.2 Vincoli naturali	22
2.2.1 Prodotto marginale	22
2.2.2 Rendimenti di scala	24
2.3 Massimizzazione del profitto	24

2.3.1 Costi	25
2.3.2 Profitto nel breve periodo	25
2.3.3 Statica comparata	26
2.3.4 Profitto nel lungo periodo	27
2.3.5 Profittabilità rivelata	27
2.4 Minimizzazione dei costi	28
2.4.1 Rendimenti di scala e funzioni di costo	29
2.4.2 Costi di lungo e breve periodo	30
2.4.3 Curve di costo	30
2.5 Il campione	34
2.6 Questionario: prima parte	36
Capitolo 3	
Perché scegliere l'induzione	43
3.1 Questionario: seconda parte	43
3.2 Studi: i danni del LED sull'uomo	45
3.3 Inquinamento luminoso	48
3.4 Migliorie dell'induzione	51
Conclusioni	51

Introduzione

Questo elaborato tratterà il confronto tra due tecnologie di illuminazione, da un lato, il LED, la lampada a basso consumo che negli ultimi anni sta rivoluzionando l'illuminazione globale, un mercato che da qui a meno di dieci anni varrà oltre 200 miliardi di dollari.

Dall'altro, la **lampada a induzione magnetica**, una più *vecchia* tecnologia ancora sconosciuta a molti, che sta tendendo di porsi sempre più sullo stesso livello della precedente, con forti limitazioni.

Nel primo capitolo verranno introdotte le due lampade, dando una visione completa della loro storia e metodologia di funzionamento, nonché dei loro vantaggi e svantaggi.

Sarà effettuato anche un confronto sulle caratteristiche principali su cui un individuo si basa per poter scegliere una tecnologia piuttosto che l'altra, per questo motivo successivamente sarà dato spazio ad una trattazione teorica dei comportamenti dei soggetti che prendono la decisione d'acquisto.

Il secondo capitolo si concentrerà invece sulle imprese produttrici e quindi sulla teoria della produzione, per poi esporre l'analisi effettuata direttamente su un campione di aziende cinesi che si occupano della produzione di entrambe le lampade.

La prima parte del questionario darà una visione di insieme della situazione attuale del mercato delle due tecnologie, motivando la preferenza nei confronti di una delle due in particolare.

Il terzo capitolo infine tratterà la seconda parte del questionario che invece mostrerà le aspettative future dei soggetti intervistati e aprirà il cammino per la trattazione della reale problematica che riguarda l'utilizzo dei Led.

Infatti saranno esposti diversi studi effettuati sugli individui, ma anche sull'ambiente circostante, che hanno dato risultati sconcertanti in merito alle conseguenze che l'utilizzo dei Led comporta.

La tesi tenderà perciò di ribaltare la situazione, ponendo la lampada a induzione magnetica, svantaggiata sul campo produttivo, su una posizione di preferenza.

Lampada a induzione: il segreto dell'industria

1.1 Storia della lampada a induzione

Le lampade a induzione nascono all'inizio del diciottesimo secolo in Inghilterra. Nel 1705 uno scienziato inglese di nome Francis Hauksbee dimostrò che una lampadina in vetro poteva illuminarsi se, svuotata dell'aria, fosse stata caricata elettrostaticamente e riempita di mercurio.

Ma il primo vero prototipo di lampada a induzione, a cui è stato riconosciuto nel 1891 il brevetto USA 454.622, è stato messo a punto dall'inventore e fisico serbo Nikola Tesla. Nel 1893 egli diede la prima dimostrazione del suo funzionamento alla *World Columbian Exposition* a Chicago, comprovando la possibilità di generare la ionizzazione di gas fluorescenti senza l'uso di elettrodi, quindi senza scarica.

In sostanza un "tubo vuoto", come egli stesso lo definì in un articolo pubblicato dal "The World" nel 1929, in questa stessa lettera, che Tesla scrisse all'editore del giornale, venne evidenziato l'astio con il suo contemporaneo, l'imprenditore americano Thomas Edison, inventore della lampada a incandescenza, sostenendo che la lampada a induzione, inventata trentotto anni prima, avrebbe sostituito la tecnologia ormai obsoleta di quella a incandescenza, "anche se migliorata, con passi in avanti a livello chimico, metallurgico e di competenza degli artigiani, essa rimane ancora inefficiente", scriveva Tesla.

Inoltre egli affermava che l'abbagliamento prodotto dal corpo luminoso fosse responsabile dell'emanazione di raggi luminosi "colpevoli di numerose teste calve ed occhi viziosi"

Infine concludeva sostenendo che la lampada a induzione era in grado di emettere una luce "di indescrivibile bellezza e dolcezza".

Nel 1904 lo statunitense Peter Cooper Hewitt, sviluppò il primo prototipo di lampada che utilizzasse il vapore di mercurio proprio come le lampade in circolazione oggi, infatti è ricordato come l'inventore della prima lampada a mercurio messa in commercio.

Dopo più di metà secolo, il 10 Marzo 1970, viene brevettato da J.M. Anderson il primo modello tecnicamente sicuro, e quindi commercializzabile, della lampada a induzione. Nel 1994 sarà proprio la *General Electric*, azienda presso la quale lavorava Anderson, ad avviare la produzione della prima lampada a induzione denominata *Genura*.

Ad oggi le imprese che si occupano della produzione di lampade a induzione sono ancora poche e concentrate in particolare nel continente asiatico, in nazione come Cina o Taiwan, sono ancora meno quelle che si dedicano esclusivamente a questa tecnologia, in quanto la maggior parte di esse, per poter sostenere i costi che la produzione di lampade comporta, operano anche nel mercato delle lampade a LED.

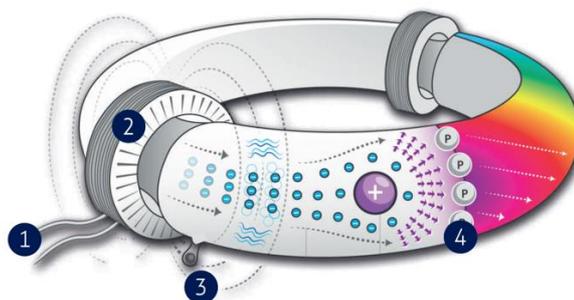
Viene da chiedersi perciò come mai un'invenzione che ha alle spalle già più di un secolo è ancora considerata sconosciuta nel mondo dell'illuminazione, nonostante si presenti sotto molti aspetti qualitativamente migliore rispetto a qualsiasi altro sistema illuminante in circolazione. Non a caso è stata definita come "*il segreto meglio conservato dell'industria*".

1.1.1 Caratteristiche della lampada

La lampada a induzione crea luce utilizzando un campo elettromagnetico generato da due bobine alimentate da un alimentatore elettronico chiamato *Ballast*.

Il campo elettrico generato ionizza il gas (Argon o Krypton) il quale collide con l'amalgama di mercurio e porta i propri elettroni ad uno stadio eccitato. In questo modo vengono generati i raggi UV, successivamente filtrati dai composti a base di fosforo che ricoprono l'intera superficie interna e permettono l'emissione di luce visibile.

A differenza delle altre tecnologie di illuminazione, la lampada a induzione non utilizza elettrodi, quindi non necessita di sistemi che possono degradarsi nel tempo.



1.1.2 Modelli e usi

Sono state sviluppate due diverse tipologie di lampade ad induzione: lampade a bassa frequenza (250 KHz) e lampade ad alta frequenza (> 2 Mhz).

Le prime a loro volta possono essere distinte in altre due categorie, a seconda del posizionamento del generatore avremo perciò le lampade con ballast integrato e le lampade con ballast esterno.

Le lampade ad induzione con ballast integrato hanno la caratteristica di non avere parti separate, con la tipica forma a bulbo o piccolo tubolare, sono utilizzate nella sostituzione diretta delle lampade tradizionali. La tecnologia in questo modo “miniaturizzata” dell’elettronica, riduce la vita media della lampada a causa dello stress che l’elettronica subisce nell’utilizzo per effetto della temperatura interna.

Quelle con ballast separato, invece, hanno un’elettronica più “robusta”. Essa è separata dal corpo lampada e posizionata solitamente in un vano apposito, lontano dalla fonte di calore della lampada stessa e quindi non stressata dalla temperatura, in questo modo la vita media della lampada si allunga notevolmente.

1.1.3 Pro e contro

Peculiarità della lampada a induzione è l’assenza di elettrodi, questo permette una durata d’esercizio più lunga di qualsiasi altra tecnologia, raggiungendo le 100.000 ore, che corrispondono a circa 25 anni d’esercizio, resistenza decisamente elevata considerando che la lampada a incandescenza ha una vita di al massimo 1.000 ore.

Questa differenza genera miglioramenti non solo per la vita della lampada, ma anche per l’efficienza luminosa e per il risparmio energetico, infatti il *decadimento*, ossia l’esaurimento di luminosità di una lampada dovuto al suo utilizzo nel tempo, corrisponde al solo 20% della massima resa, dopo oltre 90.000 ore di servizio.

Mentre l’efficienza luminosa rappresenta la luminosità, misurata in Pupil-lumen (Plm), che l’occhio umano riesce a percepire in rapporto ai Watt consumati dalla lampada, anche in questo caso la tecnologia a induzione presenta risultati sensibilmente migliori rispetto a qualsiasi altra illuminazione.

Tecnologia	Fattore correzione PL/W
Sodio bassa pressione	0,25
Sodio alta pressione	0,40
Vapori di mercurio	0,80
Ioduri metallici	1,35
Lampada incandescenza	1,36
Fluorescente (5000 °K)	1,69
Led 5000 °K	1,80
Induzione (5000 °K)	1,96

Altri vantaggi dell'induzione sono rappresentati dall'accensione immediata, esse erogano da subito il 90% della luce e non necessitando di un tempo di raffreddamento, la loro riaccensione è istantanea.

Per questo motivo collegandole a fotocellule o sensori di presenza, migliorano la possibilità del loro impiego, sempre tenendo presente il risparmio energetico che ne deriva.

Quest'ultimo è un altro dei *pro* della lampada a induzione, infatti è possibile utilizzare luci con potenza inferiore mantenendo invariata la resa illuminotecnica. Infine è possibile citare altri vantaggi più "tecnici" che riguardano la gradazione della luce, la resa cromatica, la disponibilità di potenze elevate, assenza di tremolio e la bassa temperatura a cui opera la lampada che elimina i rischi di incendi o esplosioni del corpo luminoso.

Tra gli svantaggi invece è necessario considerare il design "ingombrante" rispetto alle comuni lampade e sensibilmente più grande rispetto alle micro-dimensioni raggiungibili dai LED, inoltre è considerata una *nuova* e allo stesso tempo una *vecchia* tecnologia, in quanto hanno costi ancora elevati, ma la maggior parte delle aziende produttrici utilizza ancora la tecnologia sviluppata ormai vent'anni fa. A livello tecnico invece, se molto vicina alla lampada, l'interferenza radio sul campo elettromagnetico, rappresenta ancora un problema rimasto irrisolto.

1.2 Bene sostituto: lampada a LED

Concorrente diretto della lampada a induzione è sicuramente la lampada a LED, sigla inglese di *Light Emitting Diode*. E' stata sviluppata per la prima volta nel 1962 dall'inventore americano Nick Holonyak Jr., anche lui dipendente presso la *General Electric*. Il meccanismo

di funzionamento si basa sullo sfruttamento delle proprietà di alcuni materiali semiconduttori in grado di emettere fotoni, e quindi luce, in seguito all'applicazione di un potenziale elettrico.

La prima realizzazione pratica della lampadina LED avvenne nel 1968, con la produzione di dispositivi che emettevano solo in colore rosso, utilizzati come indicatori nei circuiti elettronici.

Successivamente vennero realizzati LED in grado di emettere in altre colorazioni visibili, ma solo negli anni 2000 furono realizzate le prime lampade che emettevano luce bianca.

Esse presentano come le lampade a induzione una durata di vita molto più lunga e consumi molto più contenuti, a parità di emissione luminosa, rispetto alle lampade tradizionali utilizzate.

Negli ultimi anni i LED si sono diffusi in tutte le applicazioni in cui serve un'elevata affidabilità, una lunga durata di vita, un'elevata efficienza, basso consumo e dimensioni ridotte.

Vengono utilizzati principalmente come indicatori di stato (lampadine spy o standby), come retroilluminazione dei display LCD, nei semafori stradali o ancora per i dispositivi luminosi obbligatori di autovetture e motocicli.

Vengono sempre più utilizzati in ambito illuminotecnico in sostituzione di alcune sorgenti di luce tradizionali, ed è questo il campo in cui è possibile confrontare il loro utilizzo con quello delle lampade a induzione magnetica.

1.2.1 Pro e contro

Uno dei vantaggi del LED è sicuramente l'alta efficienza, ciò significa che la quantità di luce emessa è superiore, a parità di consumi, ed il suo incremento è in continuo aumento. Hanno anch'esse una durata elevata ed un'accensione istantanea, a differenza delle altre lampade a risparmio energetico, o fluorescenti, che necessitano di qualche minuto per arrivare al 100% della luminosità, o peggio ancora, le lampade ad alogeni metallici o al sodio che hanno tempi di accensione che possono arrivare addirittura a decine di minuti.

Esse presentano minori costi nel lungo periodo, in quanto, sebbene siano presenti alti costi d'installazione e manutenzione, il risparmio energetico durante il suo utilizzo porta complessivamente ad un costo inferiore rispetto all'utilizzo delle classiche lampade.

Uno degli svantaggi di questa tecnologia risiede nella sensibilità ai disturbi di rete, i LED infatti necessitano di alimentatori che trasformino la tensione in corrente continua, per

poter essere alimentati correttamente. Questi alimentatori, se non protetti adeguatamente contro i disturbi, possono avere problemi nel tempo, con conseguente aumento dei costi di manutenzione. Inoltre le lampade a LED sono soggette a perdite di luminosità durante la loro durata, e risentono della temperatura di funzionamento.

Ciò significa che non solo il corpo luminoso raggiunge temperature molto elevate e non può essere utilizzato in qualsiasi circostanza atmosferica, ma anche che in base alla temperatura, la perdita di luminosità può aumentare anche sensibilmente nel corso della vita.

Inoltre il LED presenta non poche difficoltà nell'ottenere un'illuminazione diffusa, in quanto emette un singolo fascio di luce che va ad illuminare una ridotta superficie, per aree più estese è necessario un maggior numero di corpi luce.

Infine, non meno importante, l'abbagliamento provocato dal LED, potrebbe comportare danni alla vista degli individui.

1.3 Confronto: LED vs Lampada a induzione

Procediamo ora ad un confronto tra le due tecnologie, evidenziando in questo modo, le caratteristiche comuni, che tecnicamente rendono le lampade a induzione e le lampade a LED come beni concorrenti tra loro.

Caratteristica	Lampade a LED	Lampade a induzione
Efficienza energetica	Fino a 100 Lumen/Watt	Fino a 90 Lumen/Watt
Resistenza	Entrambe non hanno elettrodi e sopportano urti e vibrazioni	
Durata	Fino a 60.000 ore	Fino a 100.000 ore
Tolleranza alle temperature	Da -40°C fino a +40°C	Da -40°C fino a +80°C
Prestazioni	Accensione istantanea, assenza di tremolii	Accensione istantanea, assenza di tremolii e <i>abbagliamento</i>
Temperatura colori	Entrambe si prestano a varie opzioni (da 2700 a 6500 gradi Kelvin)	
Fedeltà colore	60CRI	83CRI
Dimmerabilità	Entrambe sono <i>dimmerabili</i> , ciò significa che è possibile regolare la loro luminosità, da 0 al massimo, a seconda della necessità e di quello che si desidera.	

Garanzia	Usualmente fino a 5 anni	Da 5 a 10 anni
Emissione luminosa	Degrado del 20% dopo solo 20.000 ore	Mantengono l'88% del flusso luminoso per tutta la loro vita
Apertura del flusso luminoso	Da 60° a 90°	Da 100° a 135°
Impatto sull'ambiente	Entrambe le lampade hanno un effetto positivo sull'ambiente globale, poiché producono un abbassamento del biossido di carbonio e di altri gas serra grazie ad una riduzione di energia elettrica utilizzata	
Risparmio	Fino al 70% in più rispetto alle lampade tradizionali	Fino al 60% in più rispetto alle lampade tradizionali
Finanziamenti	Vengono erogati vari tipi di finanziamento ad enti privati e pubblici per l'efficientamento luminoso, quindi non rivolto ad una particolare tecnologia, l'importante è che portino ad un risparmio di almeno il 15% rispetto all'illuminazione utilizzata in precedenza.	

Esposte tutte le caratteristiche rilevanti è possibile notare come le lampade siano molto simili sotto molti punti di vista, e che la maggior parte delle differenze siano in realtà minime.

Più avanti esporremo meglio ciò che potrebbe aiutare un consumatore nella scelta del prodotto “migliore”, per ora ci limitiamo a una semplice esposizione della realtà.

1.4 Teoria del consumatore

Dal punto di vista microeconomico è possibile effettuare un'analisi economica che si basa sulla costruzione di modelli dei fenomeni sociali, in seguito sarà poi effettuata un'analisi del mercato più utile per le scelte strategiche di un'impresa.

In particolare, in questo primo capitolo, l'analisi sarà concentrata sulla **teoria del consumatore**, quindi sul comportamento di quest'ultimo.

I modelli utilizzati per l'analisi economica servono a dare una rappresentazione semplificata della realtà, non prendendo in considerazione elementi irrilevanti, permettono in questo modo di concentrarsi sui dettagli essenziali della realtà economica che si cerca di comprendere.

Questi modelli tentano di spiegare in qualche modo il comportamento umano, tenendo presente due principi fondamentali: il **principio di ottimizzazione**, secondo il quale gli individui cercano di scegliere le migliori combinazioni di consumo possibili, e il **principio di equilibrio**, secondo il quale i prezzi variano finché la quantità domandata di un bene è uguale alla quantità offerta.

Il mercato è quindi costituito dalla domanda e dall'offerta, in particolare avremo una **curva di domanda**, che rappresenta la quantità domandata di un bene in corrispondenza di ciascun prezzo disponibile, e da essa viene definito il **prezzo di riserva**, che rappresenta la massima somma che un individuo è disposto a pagare per acquistare un determinato bene.

Mentre la **curva di offerta** rappresenta la quantità di un determinato bene che il produttore è disposto a cedere a ciascun prezzo. Il suo andamento varia a seconda della tipologia del prodotto, nel caso di beni di consumo sarà più facile per l'impresa variare la quantità prodotta nel breve periodo, rispetto ad aziende che si occupano, ad esempio, della produzione di beni non di largo consumo, come ad esempio gli edifici, che richiedono un tempo di produzione superiore.

Considerando congiuntamente le due curve sarà possibile ottenere la rappresentazione dell'equilibrio di mercato, che determinerà perciò il **prezzo di equilibrio** (p^*). In corrispondenza di quest'ultimo ogni consumatore disposto a pagare almeno p^* potrà acquistare la quantità di bene corrispondente e ciascun produttore sarà disposto a vendergliela. I due soggetti economici perciò non avranno alcun interesse nel modificare il loro comportamento, sicché possiamo affermare che in una situazione di equilibrio, è possibile aspettarsi che non si manifesti alcun cambiamento nel comportamento degli individui.

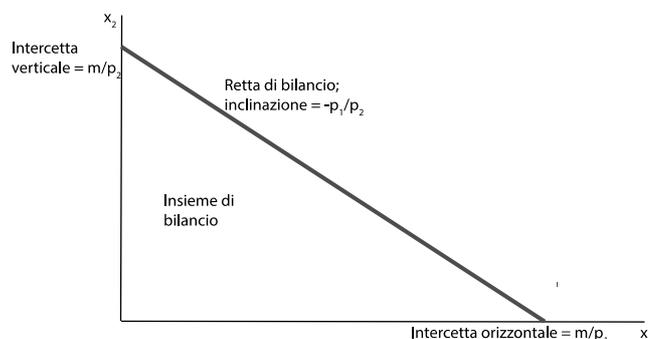
Concentriamoci però sul comportamento del consumatore.

Su di esso gli economisti assumono che la sua scelta rappresenta la combinazione migliore di beni, tra quelle che egli può acquistare, ed è su quest'ultimo aspetto, ossia quello della "possibilità d'acquisto", che è importante introdurre il concetto di **vincolo di bilancio**. Esso rappresenta l'insieme delle combinazioni di consumo acquistabili in corrispondenza di determinati prezzi e del reddito del consumatore.

Quindi supponiamo di avere a disposizione un **paniere di consumo**, costituito da (x_1, x_2) , che rappresentano rispettivamente le quantità del bene 1 e del bene 2 che il consumatore sceglie di consumare. Conoscendo i prezzi dei rispettivi beni (p_1, p_2) e il reddito

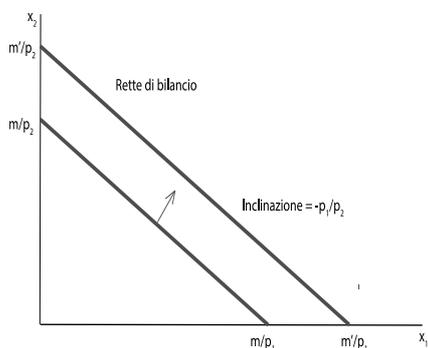
(m) del consumatore, ossia la quantità di moneta che egli può spendere, il vincolo di bilancio può essere espresso nel seguente modo: $p_1x_1 + p_2x_2 \leq m$.

Perciò il paniere di consumo e il vincolo di bilancio costituiscono l'**insieme di bilancio**, che rappresenta le combinazioni di consumo acquistabili in corrispondenza dei prezzi (p_1, p_2) e del reddito (m).

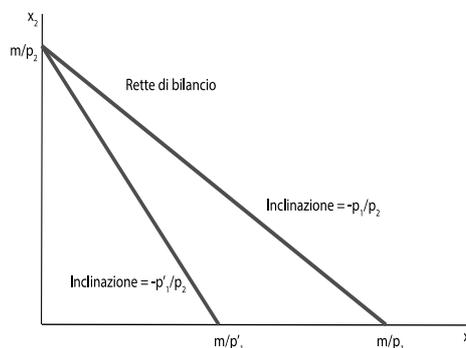


E' importante anche considerare come si modifica l'insieme di bilancio al variare dei prezzi e del reddito. Un aumento di quest'ultimo si traduce in uno spostamento verso destra della retta del vincolo di bilancio, non modificandone quindi l'inclinazione. Allo stesso modo una diminuzione del reddito, invece, si tradurrà in uno spostamento della retta verso sinistra, in quanto andranno a modificarsi entrambe le intercette ($\frac{m}{p_1}$ e $\frac{m}{p_2}$) in egual misura.

Un aumento o una diminuzione dei prezzi porterà invece ad una variazione dell'inclinazione della retta di bilancio ($-\frac{p_1}{p_2}$), questo accade anche quando la variazione riguarda il prezzo di uno solo dei due beni ovvero se intacca uno maggiormente dell'altro o ancora se il consumatore consuma almeno un'unità del bene che ha subito variazioni di prezzo.



Aumento del reddito



Aumento del prezzo

1.4.1 Preferenze

Descritto il vincolo di bilancio è possibile chiarire il concetto di **preferenza** del consumatore e quindi spiegare come quest'ultimo prende le sue decisioni in merito alla scelta di consumare un determinato bene o l'altro.

Gli oggetti della scelta del consumatore costituiscono i **panieri di consumo**, essi non sono altro che l'elenco dei beni e dei servizi che rientrano nel problema di scelta del soggetto economico. Supponiamo in questo caso che il nostro paniere di consumo sia costituito da soli due beni, x_1 e x_2 .

Avendo a disposizione diversi panieri sarà possibile stabilire quali siano le preferenze del consumatore, egli potrà decidere che uno paniere sia strettamente migliore dell'altro, oppure ritenere di essere indifferente ad entrambi.

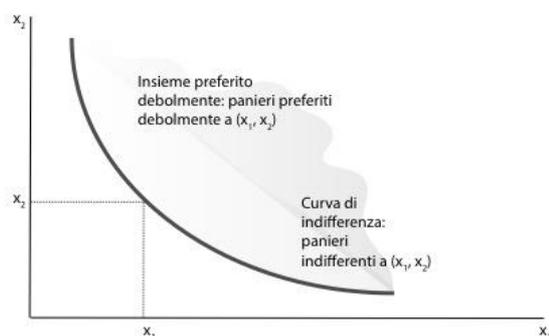
Possiamo distinguere in questo modo tre tipologie di preferenza, avremo una **preferenza stretta**, se il consumatore desidera inequivocabilmente un paniere X rispetto ad un paniere Y, ($X > Y$); Avremo, invece, una **preferenza debole**, se il consumatore ne preferisce uno all'altro ovvero ne è indifferente, ($X \geq Y$); Infine avremo una **indifferenza**, se il consumatore è ugualmente soddisfatto sia che consumi il paniere X, sia che consumi il paniere Y, ($X \sim Y$).

Normalmente gli economisti formulano ipotesi sulla "coerenza" delle preferenze dei consumatori, assumendo delle relazioni di preferenza. Alcune di esse sono ormai definite come gli **assiomi** della teoria del consumatore e sono l'**assioma della completezza**, secondo il quale il consumatore è sempre in grado di esprimere una preferenza dati due panieri di beni qualsiasi. L'**assioma della riflessività**, per cui è indubbio che un paniere qualsiasi, che sia desiderabile almeno tanto quanto un paniere identico. E infine l'**Assioma della transitività**, secondo il quale se il consumatore ritiene che un certo paniere X sia desiderabile almeno tanto quanto un paniere Y, e ancora che Y sia desiderabile almeno tanto quanto un altro paniere Z, allora è logico affermare che per il consumatore il paniere X è desiderabile almeno tanto quanto il paniere Z.

1.4.2 Curve d'indifferenza

Inoltre è possibile anche rappresentare graficamente le preferenze per mezzo delle **curve di indifferenza**. Consideriamo un paniere di consumo X, la sua curva d'indifferenza è formata dall'insieme di tutti i panieri che per il consumatore sono indifferenti rispetto a X,

delimitando allo stesso tempo l'area composta dai panieri che, invece, sono preferiti debolmente.



Le curve di indifferenza possono assumere molte forme particolari ma prima di rappresentare i vari casi e le relative forme adottate da esse è necessario affermare un principio fondamentale, secondo il quale le curve di indifferenza che corrispondono a diversi livelli di preferenza non possono intersecarsi.

E' possibile dimostrare questa assunzione supponendo di poter scegliere tra tre diversi panieri X, Y e Z e assumendo inoltre che i primi due giacciono su due curve d'indifferenza differenti, mentre il terzo giace sulla loro intersezione.

Le curve a cui appartengono X e Y rappresentano livelli distinti di preferenza, sicché uno dei due panieri sarà inevitabilmente strettamente preferito all'altro.

Dalla supposizione precedente però ci è anche noto che X è indifferente rispetto a Z e allo stesso modo quest'ultimo è indifferente rispetto ad Y. Perciò, secondo il principio della transitività delle preferenze, si potrà concludere che $X \sim Y$. Come è evidente questo contraddice l'ipotesi espressa prima secondo la quale uno dei due panieri è strettamente preferito all'altro, in questo modo è stato dimostrato che curve d'indifferenza differenti non possono intersecarsi.

Assunto il principio fondamentale per la rappresentazione delle curve d'indifferenza possiamo ora illustrare come è possibile costruire una curva d'indifferenza data una descrizione "verbale" delle preferenze.

Per prima cosa individuiamo un paniere di consumo (x_1, x_2) ; supponiamo di dare al consumatore una piccola quantità aggiuntiva del bene 1, Δx_1 , egli si sposterà nel punto $(x_1 + \Delta x_1, x_2)$. Per poter tracciare correttamente la curva di indifferenza bisognerà chiedersi come dovrà variare la quantità consumata del bene 2, in modo tale che il consumatore resti indifferente alla combinazione di beni iniziale. In sostanza si ricerca un'altra combinazione di

beni $(x_1 + \Delta x_1, x_2 + \Delta x_2)$ che corrisponde ad un altro paniere che il consumatore consumerebbe indifferentemente.

Una volta determinato questo movimento in corrispondenza di un altro punto (un altro paniere), avremo tracciato una parte della curva d'indifferenza; ripetendolo per una serie di altri panieri, si potrà ottenere un'idea chiara della forma complessiva delle curve.

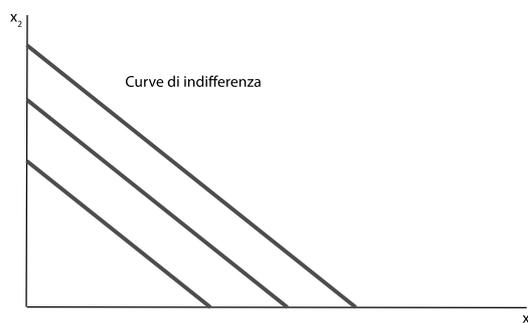
1.4.3 Forme delle curve d'indifferenza

Passiamo ora alle diverse forme che le curve d'indifferenza possono assumere; esse variano a seconda della relazione presente tra i beni tra cui il consumatore effettua la sua scelta.

Uno degli scenari più comuni è la presenza di due beni che sono tra loro **perfetti sostituti**; ciò significa che il consumatore è disposto a sostituire un bene con l'altro a un saggio costante. Supponiamo perciò che un consumatore voglia acquistare un determinato paniere X che abbia una determinata quantità, in questo modo gli sarà indifferente se la quantità del bene 1 sia maggiore del bene 2, o viceversa.

Utilizzando il metodo generale descritto in precedenza, per poter rappresentare le curve d'indifferenza, possiamo chiederci di quanto dovrà variare la quantità del bene 2, se aggiungiamo un'unità del bene 1.

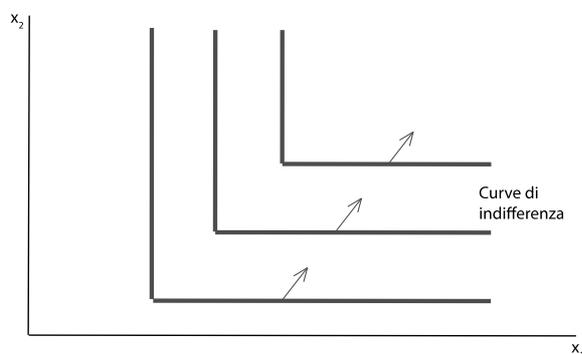
Essendo indifferente la proporzione dei due beni all'interno del paniere, basterà semplicemente ridurre di un'unità il bene 2, in modo tale che la quantità complessiva rimanga la stessa. La curva d'indifferenza avrà quindi inclinazione -1.



E' possibile anche che un consumatore si trovi a dover prendere delle decisioni su due beni tra loro **perfetti complementi**; in questo caso i beni devono essere consumati sempre in proporzioni fisse. Un esempio è quello delle scarpe, poiché qualsiasi unità aggiuntiva di un bene rispetto all'altro sarà irrilevante per il consumatore. Aggiungendo al paniere una sola unità

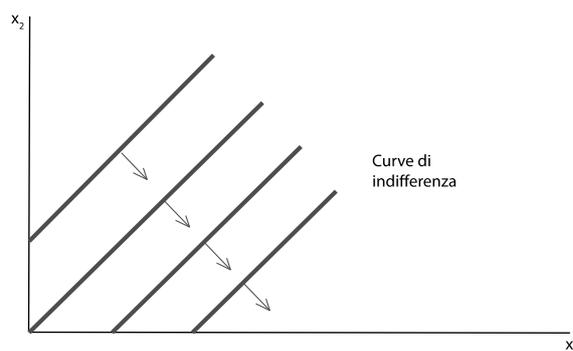
di scarpa sinistra, l'utente non potrà trarne maggiore vantaggio perciò questa nuova combinazione rimane indifferente rispetto la precedente.

Le curve di indifferenza in questo caso avranno una forma a L, il cui vertice si troverà in corrispondenza del punto nel quale il numero di unità del bene 1 sarà uguale a quello delle unità delle bene 2. E' necessario evidenziare che, nel caso di beni perfetti complementi, il consumatore sarà interessato al consumo in proporzioni fisse ma non necessariamente in proporzione uno a uno. Ad esempio la quantità di zucchero per ogni tazzina di thè potrebbe corrispondere a due cucchiaini, in questo caso la proporzione sarà di 1:2, ma le curve di indifferenza avranno sempre forma ad L.



Un'altra situazione potrebbe riguardare la presenza di un “**male**”, ossia la presenza di un prodotto che il consumatore non apprezzi. Considerando un paniere (x_1, x_2) che comprende una certa quantità di un bene e di un “male”, per poter tracciare la curva d'indifferenza, ci chiederemo come dovremmo far variare la quantità del “bene” nel caso in cui aumentassimo la quantità del “male”, facendo mantenere la scelta del consumatore sulla stessa curva d'indifferenza.

Sarà necessario aumentare la quantità del bene in modo da compensare la maggiore quantità del male, sicché le curve d'indifferenza in questo caso avranno inclinazione positiva, la direzione di preferenza è verso il basso a destra, che non è altro che la direzione in cui il consumo del “male” diminuisce, mentre aumenta il consumo del bene.



Esistono anche beni **neutrali**, sono quei beni nei confronti del quale un consumatore è indifferente se consumarli o meno, le curve perciò saranno delle rette verticali. Il consumatore sarà interessato solo alla quantità dell'altro bene presente nel paniere e perciò solo alla sua massimizzazione.

Si parla inoltre di **sazietà**, quando è presente un paniere che viene preferito a tutti gli altri, e quanto più vicini a quest'ultimo sono i panieri scelti dal consumatore, tanto maggiore sarà la sua soddisfazione.

Il paniere preferito (x_1^*, x_2^*) , corrisponderà al **punto di sazietà**, e le curve di indifferenza avranno forma circolare attorno a questo punto. Sicché esse avranno inclinazione negativa quando il consumatore ha “troppo poco” o viceversa “troppo” di entrambi i beni, e inclinazione positiva quando soltanto uno dei due beni sarà in eccesso.

1.4.4 Proprietà delle preferenze

Finora abbiamo analizzato le curve, in base ai diversi tipi di preferenze, per poterle descrivere in generale però risulta opportuno concentrarsi sulle configurazioni generali delle curve, che rappresentano le caratteristiche determinanti delle **curve di indifferenza regolari** (o anche dette *well-behaved*)

Innanzitutto le preferenze sono caratterizzate dalla **monotonicità**, ciò comporta che le curve (che non riguardano “mali”) hanno tutte inclinazione negativa, posto che non sia stato raggiunto il punto di sazietà.

La seconda ipotesi è che la **media è preferita agli estremi**, ciò significa che individuati due panieri (x_1, x_2) e (y_1, y_2) giacenti sulla stessa curva d'indifferenza, se ne consideriamo la media aritmetica, per cui $(\frac{1}{2}x_1 + \frac{1}{2}y_1, \frac{1}{2}x_2 + \frac{1}{2}y_2)$, allora questa sarà strettamente preferita ai panieri estremi o almeno indifferente ad essi. Dal punto di vista geometrico ciò comporta che

l'insieme dei panieri preferiti debolmente al paniere X sarà un **insieme convesso**. Questa ipotesi viene presa in considerazione perché, nella maggioranza dei casi, i beni vengono consumati congiuntamente.

Infine l'ultimo presupposto, non è altro che un'estensione del precedente, riguarda l'ipotesi di **stretta convessità**, secondo la quale la media ponderata di due panieri indifferenti è strettamente preferita ai due panieri estremi. Ciò deriva dall'eventuale presenza di "tratti piani" per le preferenze convesse, che invece non sono presenti per le curve strettamente convesse, caratterizzate da un andamento strettamente curvilineo.

1.4.5 Saggio marginale di sostituzione

Riguardo le curve di indifferenza inoltre è possibile aggiungere ancora un altro concetto, ossia quello di **saggio marginale di sostituzione**, che rappresenta il saggio al quale il consumatore è disposto a sostituire uno dei due beni con l'altro.

Supponiamo di sottrarre al consumatore una certa quantità del bene 1 (Δx_1), cedendogli in cambio una certa quantità del bene 2 (Δx_2), in modo tale da lasciarlo indifferente. Il rapporto tra le due variazioni ($\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1}$) rappresenta il saggio al quale il consumatore è disposto a rinunciare ad una quantità del bene 1 in cambio di un'altra quantità del bene 2, quindi a sostituirlo.

L'MRS (dalle iniziali dell'espressione in lingua inglese *Marginal Rate of Substitution*) corrisponde tipicamente ad un numero negativo. E' possibile spiegarlo con il seguente esempio: supponiamo che il consumatore abbia delle preferenze "*well-behaved*", siano cioè convesse e monotone, e assumiamo che gli venga offerta la possibilità di sostituire il bene 1 con il bene 2 o viceversa, al **saggio di cambio "E"**, in qualsiasi quantità, il consumatore dovrà rinunciare a Δx_1 di unità del bene 1, per avere in cambio $E\Delta x_1$ unità del bene 2, ovvero viceversa rinuncerà al bene 2 per ottenere $\Delta x_2/E$ unità del bene 1.

Dato che la sostituzione implica la rinuncia ad un bene in cambio di un altro, il saggio di cambio E corrisponderà all'inclinazione della retta di scambio, ossia $-E$.

Quest'ultima dovrà sempre corrispondere all'inclinazione della curva di indifferenza in corrispondenza del paniere X, poiché per qualsiasi saggio di scambio diverso da quello del saggio marginale di sostituzione, il consumatore desidererebbe scambiare un bene con l'altro, ma se questi sono uguali il consumatore non desidererà spostarsi.

L'andamento dell'MRS consente di descrivere la forma delle curve di indifferenza; in generale presentano un saggio marginale di sostituzione decrescente ciò significa che il saggio al quale il consumatore sarà disposto a scambiare il bene 1 con il bene 2, diminuisce all'aumentare di x_1 , quindi maggiore sarà la quantità di un bene di cui si dispone, più facilmente si sarà disposti a cederne qualche frazione in cambio dell'altro.

1.5 Analisi del mercato

Esposta la teoria del consumatore è possibile effettuare, per un miglior confronto tra le due tecnologie, un'analisi del mercato, evidenziando in questo modo il segmento in cui esse competono.

1.5.1 Stadio del ciclo di vita

Per procedere è necessario innanzitutto identificare lo stadio in cui il prodotto si colloca in riferimento al suo ciclo di vita, perciò distinguiamo cinque diverse fasi: l'*introduzione*, è la fase in cui il prodotto viene messo per la prima volta in distribuzione.

Questo momento può essere più o meno lungo, ad esempio se il prodotto non è nuovo può passare molto tempo prima che la domanda inizi a crescere in modo rilevante, viceversa se il prodotto è nuovo, non avrà concorrenti sul mercato, di conseguenza il lancio potrà essere più facile e l'impresa potrà cercare di conquistare rilevanti quote di mercato e creare una rete di distribuzione che sia in grado di far fronte alla fase successiva di *sviluppo*.

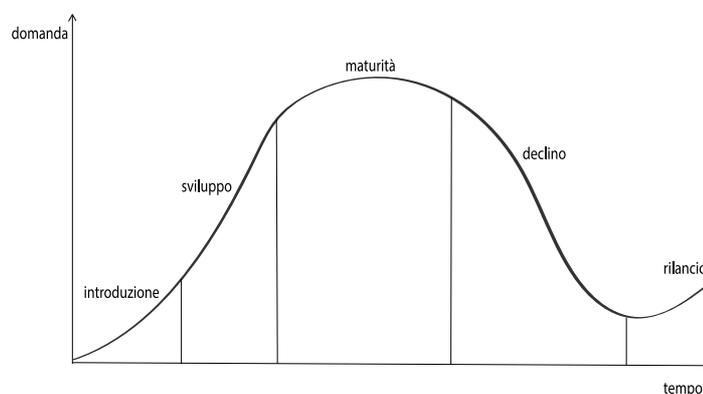
In quest'ultima il prodotto si diffonde tra i consumatori, e ciò corrisponderà ad un aumento delle vendite. Questo incremento porterà nuove imprese ad entrare nel mercato con la conseguenza che le aziende già presenti al suo interno tenderanno a modificare l'immagine del proprio prodotto rispetto a quello della concorrenza.

A questa fase segue quella della *maturità*, che si manifesta quando si verifica un successivo calo della domanda e una competitività sempre più forte tra le imprese concorrenti. L'impresa che per prima ha lanciato il prodotto dovrà investire maggiormente nella sua differenziazione, al fine di migliorarlo.

Si passa, infine, alla fase del *declino*, dove le vendite subiscono un calo che potrà essere graduale o improvviso. Le ragioni di questa situazione possono essere molteplici, possono riguardare il cambiamento dei gusti dei consumatori ovvero l'introduzione di nuovi prodotti sul

mercato. I costi per tenere in vita il bene tendono ad aumentare, mentre i ricavi a ridursi, per questo motivo per l'impresa non sarà più conveniente investire su tale prodotto.

Al declino può seguire un'eventuale fase di *rilancio* qualora l'impresa riesca a trovare un nuovo campo di applicazione del prodotto oramai in decadimento.



Esposte le diverse fasi è possibile ora identificare quelle di appartenenza delle due diverse lampade, quella ad Induzione, nonostante sia stata inventata un secolo prima del LED, è ancora ferma in una fase di introduzione, in quanto messa in produzione solo nel 1994. Questa presenta delle caratteristiche nuove e del tutto singolari rispetto alle altre tecnologie ma la sua domanda non ha ancora subito crescite rilevanti. Al contrario la lampada a LED è ferma in una fase di sviluppo, il prodotto è ben diffuso tra i consumatori e le vendite continuano ad aumentare grazie agli investimenti, effettuati dalle imprese operanti nel suo mercato, in nuovi metodi d'utilizzo. Il numero di aziende che si occupano della produzione di LED aumenta in maniera esponenziale ancora tutt'oggi.

1.5.2 Segmentazione della domanda

Per poter confrontare le due tipologie di prodotti ci avvarremo di un metodo di analisi utile alle aziende per poter identificare i consumatori in diversi segmenti e necessario per la scelta del segmento più adatto al bene prodotto dall'impresa stessa. Ci limiteremo però alla semplice identificazione del consumatore "tipo" della lampada, che dimostrerà in pratica come le due tecnologie siano in competizione tra loro.

In merito alla segmentazione della domanda esistono diverse tecniche a causa delle molteplici tipologie di mercato e dei livelli di approfondimento dell'analisi. Vi sono due

alternative che vengono considerate antitetiche alla politica di aggregazione della domanda, queste sono la *micro-segmentazione* e la *macro-segmentazione* (anche detta *segmentazione parziale*). La prima è tesa ad una accentuata disaggregazione della domanda e afferma il principio limite che tutti i consumatori sono tra loro eterogenei e quindi solo una piccola unità può costituire un segmento a sé stante (settori ove la personalizzazione del prodotto o del servizio rappresenta un requisito spesso necessario, oppure dove le imprese producono per ordini speciali o per commessa). La seconda tecnica assume che l'insieme dei consumatori sia suddivisibile in classi o insiemi di individui, denominati **soggetti economici**, che hanno caratteristiche comuni tra gli appartenenti ad una stessa classe e allo stesso tempo presentano evidenti differenze tra un insieme e l'altro (mercati di beni di consumo di massa).

Come è stato già affermato le due tecniche si differenziano per il livello di analisi che si effettua. In particolare per la prima tecnica, i livelli sono estremamente sofisticati, dato il comportamento d'acquisto frammentato per ciascun consumatore e soggetto ad una molteplice mole di variabili sottoposte a continuo mutamento nel tempo.

Una prima tecnica per segmentare la domanda parte dalla considerazione che il processo dell'atto d'acquisto da parte del consumatore sia il risultato di un processo decisionale complesso, costituito da cinque fasi che vengono così classificate: il riconoscimento del problema, la ricerca della soluzione, la valutazione delle alternative, la scelta e infine la valutazione dei risultati e della soddisfazione conseguita.

Tutto si fonda sul riconoscimento, da parte del consumatore, di un bisogno, descrivibile come una sensazione sgradevole, derivante dalla mancanza di qualche cosa considerata essenziale per rispondere ad una o più fasi indicate nella "piramide di Maslow", concepita a metà degli anni 90 dallo psicologo Abraham Maslow.

Questa scala suddivide i bisogni in cinque differenti livelli, dal più elementare (necessari alla sopravvivenza dell'individuo) ai più complessi (di carattere sociale).

Secondo lo statunitense l'individuo si realizza passando per i vari stadi, i quali devono essere soddisfatti in modo progressivo.

L'individuo che ha risolto i propri problemi "fisiologici" e di "sopravvivenza" tenderà a soddisfare bisogni di "appartenenza sociale" acquistando prodotti e/o servizi che si riferiscono ad uno statuto sociale più elevato.

Allo stesso modo l'impresa, assolto il proprio bisogno di assestarsi sul mercato (sopravvivenza e sicurezza) tenderà ad acquistare una posizione di prestigio ricorrendo ad esempio a pubblicazioni ovvero al miglioramento della propria immagine, sostenendo quindi costi che solo indirettamente procureranno vantaggi economici.

La motivazione, ossia la percezione di un bisogno, sono spesso generati da stimoli esterni, che possono essere classificati come “stimoli di massa”, dominati di solito dal produttore. L’esempio più immediato è la pubblicità, ma anche lo stimolo che può produrre l’innovazione tecnologica.

La tecnica di analisi di questa motivazione all’acquisto varia a seconda della tipologia di prodotti che si collocano sul mercato. Per i beni di largo consumo, le motivazioni sono dettate da fattori psicologici che inducono l’individuo a compiere alcuni acquisti al di là del bisogno materiale che egli realmente presenta. Per i beni industriali invece, la motivazione è più razionale, in questo caso i bisogni sono più facilmente identificabili. Per i servizi alle persone, vale quanto già affermato per i beni di largo consumo, per quelli che invece si riferiscono alle imprese, è bene sottolineare che le motivazioni spesso portano a rilevare la “percezione” di un bisogno, ossia ad intuire che esista un problema, ma nella gran parte dei casi il “bisogno” è maggiore di quanto è stato percepito.

E’ necessario perciò scegliere la base di segmentazione, ossia la selezione di una o più variabili che riflettono effettive differenze nei bisogni, nelle esigenze e nelle motivazioni di acquisto dei consumatori. Tali variabili vengono generalmente distinte in: **variabili strutturali**, che riflettono le caratteristiche generali dei clienti (es. caratteristiche di natura demografica, geografica o socioeconomica) e **variabili comportamentali**, che si riferiscono allo specifico contesto in cui il cliente acquista e/o consuma il prodotto, esse derivano dai “rapporti” tra il cliente e il prodotto (es. Benefici ricercati nel bene, intensità di acquisto, situazioni d’uso, ecc.).

Una volta segmentato il mercato della domanda, ciascun profilo descrive le somiglianze tra i potenziali clienti di un segmento e spiega allo stesso tempo, le differenze tra individui e organizzazioni in segmenti diversi.

Affinché siano correttamente definiti, essi devono essere omogenei al proprio interno, perciò ciascun segmento deve caratterizzarsi per similitudini significative in relazione ai benefici attesi ed eterogenei all’esterno, perciò dovranno differire significativamente dalle caratteristiche degli altri segmenti.

A questo punto utilizzando le variabili di tipo strutturale possiamo identificare il segmento d’interesse per le due lampade, che presenterà al suo interno soggetti economici *privati* (persone fisiche o giuridiche) o *pubblici*, che mostrano particolare interesse nei confronti del risparmio energetico e che allo stesso tempo siano attenti al rispetto dell’ambiente.

Intervista alle imprese cinesi

2.1 Teoria della produzione

Per poter studiare il comportamento di un'impresa è necessario esaminare i vincoli ai quali quest'ultima è sottoposta. Questi limiti possono essere imposti dai clienti o dai concorrenti, oppure ancora possono essere vincoli naturali, che si traducono nell'impossibilità di poter scegliere qualsiasi combinazione di input, per ottenere una determinata quantità di output, che risulti effettivamente realizzabile.

Le prime due categorie di vincoli (limiti imposti dalla clientela e dalla concorrenza), sono specifici per ciascuna impresa, mentre è possibile esporre in modo generico quelli di carattere naturale.

2.2 Vincoli naturali

Tutti i cicli produttivi hanno un inizio ed una fine, a cui corrispondono rispettivamente gli **input**, necessari per poter avviare una determinata produzione, e gli **output**, che rappresentano il risultato e non sono altro che il prodotto finito che l'azienda metterà in vendita.

I primi sono anche detti **fattori produttivi**, e vengono normalmente classificati in: terra, lavoro, materie prime e infine in beni capitali (ossia quegli input che sono essi stessi dei veri prodotti, per esempio edifici, computer, ecc..) che si differenziano dal capitale finanziario, inteso come il denaro impiegato per poter finanziare un'impresa.

I vincoli naturali sono anche chiamati **vincoli tecnologici** e si riferiscono ai limiti imposti all'azienda nella scelta del piano di produzione realizzabile. Tutte le combinazioni di input e output tecnicamente realizzabili prendono il nome di **insieme di produzione**, rappresentabile graficamente. Un punto (x,y) all'interno dell'insieme di produzione rappresenterà un piano di produzione tecnicamente possibile che richiede l'impiego di una quantità x di input e che determinerà una quantità y di output.

Ciascun fattore di produzione ha un proprio costo, perciò l'impresa deve prendere in considerazione il massimo livello di output che può essere prodotto impiegando una data

quantità di input; questo livello corrisponde alla frontiera dell'insieme di produzione e la funzione corrispondente ad essa prende il nome di **funzione di produzione**, $f(x)$.

Ovviamente ciò è possibile anche nel caso in cui vi siano più input, in questo caso la funzione di produzione sarà $f(x_1, x_2)$.

L'insieme delle combinazioni efficienti di input che forniscono lo stesso livello di produzione viene chiamato **isoquante**. In termini formali data una generica funzione di produzione del tipo $y = f(x_1, x_2)$, dove y rappresenta l'output e x_1 e x_2 rappresentano i fattori produttivi che costituiscono l'input, l'isoquante è definito come $I = \{(x_1, x_2) | f(x_1, x_2) = \bar{y}\}$. Sicchè il livello di produzione di ciascun isoquante è determinato dalla tecnologia, non risentendo dell'arbitrarietà che caratterizza l'assegnazione di utilità alle curve di indifferenza.

Inoltre a ciascun tipo di tecnologia corrisponde una funzione diversa di isoquante, infatti per ogni categoria di beni (perfetti sostituti, perfetti complementi, ecc...) i relativi isoquanti presentano le stesse forme delle curve d'indifferenza.

Dalle assunzioni sulle caratteristiche della tecnologia derivano le proprietà degli isoquanti. In particolare, assunzioni comuni nella **teoria della produzione** sono la **monotonicità** della tecnologia, con ciò si intende che aumentando la quantità impiegata di almeno un input è possibile ottenere una quantità di output prodotto che sia almeno pari a quella prodotta prima della variazione.

Un'altra proprietà di cui gode la tecnologia è quella della **convessità**; perciò se esistono due modi per poter produrre y unità di output, (x_1, x_2) e (z_1, z_2) , allora la loro media ponderata produrrà almeno y unità di output. L'ipotesi di convessità risulta ragionevole per i tipi di tecnologia, dove è possibile aumentare o diminuire facilmente la produzione, e i processi produttivi separati non interferiscono l'uno con l'altro.

Da queste assunzioni derivano le proprietà degli isoquanti, in particolare, dalla monotonicità derivano l'inclinazione negativa e il fatto che a isoquanti più lontani dall'origine corrispondano livelli di output maggiori, mentre dalla convessità della tecnologia deriva naturalmente la convessità degli isoquanti.

2.2.1 Prodotto marginale

Riferendosi ad una tecnica di produzione in particolare è inoltre possibile determinare il **prodotto marginale** di uno dei due fattori, concetto cardine della teoria neoclassica della produzione in economia, di cui l'economista napoletano Enrico Barone è considerato il padre. Il prodotto marginale è definibile come l'incremento di produzione, ossia di output, che risulta

impiegando una sola unità addizionale di un fattore produttivo, lasciata costante la quantità degli altri. In modo più formale, data una funzione di produzione Y delle quantità di input (x_1, x_2, \dots, x_n) , la produttività marginale del fattore x_i è data dalla sua derivata parziale rispetto ad x_i , ossia: $Y = \frac{\delta Y(x)}{\delta x_i} > 0$.

Il prodotto marginale corrisponde ad un *saggio di variazione*, ossia la quantità addizionale di output per unità addizionale di input, e rappresenta un numero preciso che è possibile calcolare.

Il concetto di prodotto marginale risulta strettamente collegato all'assunto di **produttività marginale decrescente**; in pratica si assume che la produttività marginale di un fattore, dopo un certo livello di impiego del fattore stesso, tenda a diminuire al crescere del livello assoluto di impiego del fattore. Questa ipotesi implica che la funzione di produzione sia monotona crescente e concava rispetto all'impiego dei singoli fattori, almeno dopo il livello di impiego dopo il quale prevalgono i rendimenti decrescenti dell'input.

Se invece supponiamo che un'impresa voglia ridurre di determinate unità la quantità di uno dei due fattori produttivi, usando al suo posto una quantità addizionale dell'altro fattore, il saggio che indica in che misura un input può essere sostituito con l'altro, mantenendo costante la quantità di output prende il nome di **saggio marginale di sostituzione tecnica** (abbreviato con **SMST**), che corrisponde anche alla pendenza dell'isoquanto.

Formalmente, data una funzione di produzione $Y = f(x_1, x_2)$ il saggio marginale di sostituzione del fattore 1 con il fattore di produzione 2 viene calcolato nel seguente modo:

$$SMST_{x_1x_2} = -\frac{dx_2}{dx_1}.$$

Un'altra assunzione riguardo il TRS (dalle iniziali dell'espressione in lingua inglese *Technical Rate of Substitution*) è quella sul **saggio tecnico di sostituzione decrescente**. Questa ipotesi afferma che se si impiega una quantità maggiore di uno dei fattori produttivi, e si varia l'impiego dell'altro fattore, in modo da rimanere sullo stesso isoquanto, il saggio tecnico di sostituzione diminuisce. Perciò l'inclinazione dell'isoquanto deve diminuire, in valore assoluto, man mano che ci si sposta lungo l'isoquanto nella direzione che corrisponde all'incremento del primo fattore di produzione, e allo stesso modo aumentare, in valore assoluto, man mano che ci si sposta in direzione dell'aumento della quantità del secondo fattore.

Le ipotesi di saggio tecnico di sostituzione decrescente e produttività marginale decrescente sono strettamente connesse, ma non coincidono esattamente, in quanto il primo riguarda il modo in cui il rapporto dei prodotti marginali varia se si aumenta la quantità impiegata di un fattore e si fa variare la quantità impiegata dell'altro, in modo da rimanere sullo stesso isoquanto, mentre la seconda concerne la variazione del prodotto marginale, che dipende

dall'aumento della quantità impiegata di un fattore, se si mantiene, in questo caso, l'altro ad un livello prefissato.

2.2.2 Rendimenti di scala

Con la locuzione **rendimenti di scala** si indica la relazione esistente tra la variazione degli input di produzione in una unità produttiva e la rispettiva variazione del suo output. I rendimenti di scala sono classificati in: rendimenti di scala **costanti** (*constant returns to scale*), in questo caso all'aumentare (o al diminuire) degli input segue un aumento (o una diminuzione) proporzionale dell'output; rendimenti di scala **crescenti** (*increasing returns to scale*) in questo caso all'aumentare (o al diminuire) degli input segue un aumento (o una diminuzione) più che proporzionale dell'output; infine i rendimenti di scala **decrescenti**, si verificano nel caso in cui all'aumentare (o al diminuire) degli input segue un aumento (o una diminuzione) meno che proporzionale.

2.3 Massimizzazione del profitto

Una volta esposti i vincoli ai quali un'impresa può essere sottoposta è possibile proporre un modello che descriva le scelte che l'impresa è tenuta a effettuare in merito alla quantità prodotta e al modo in cui produrla, avendo come obiettivo la **massimizzazione del profitto** e tenendo in considerazione il contesto in cui essa opera.

E' necessario perciò definire alcuni concetti base: per prima cosa si definisce il **profitto** di un'impresa la differenza tra ricavi totali e costi totali della produzione. Calcolato nel seguente modo: $\pi = RT - CT$.

Inoltre nel calcolo dei costi è essenziale che siano inclusi tutti i fattori produttivi impiegati dall'impresa e valutati al loro prezzo di mercato.

Ad esempio, se consideriamo un individuo che lavora nell'impresa di sua proprietà, il suo lavoro va considerato come input, perciò sarà incluso nel calcolo dei costi. Questo tipo di costi prendono il nome di **costi opportunità**, poiché impiegando il proprio lavoro in una certa attività, si perde "l'opportunità" di impiegarlo in un'altra occupazione.

Quest'ultimo concetto è fondamentale in quanto la definizione economica di profitto richiede che tutti gli input e gli output siano valutati al loro costo di opportunità.

2.3.1 Costi

Per quanto riguarda la quantità di input e output utilizzata, tipicamente un'impresa è obbligata contrattualmente ad utilizzare determinati input a livelli prefissati, perciò è utile distinguere i **fattori fissi**, ossia quei fattori produttivi che l'impresa deve impiegare in quantità predeterminate (fattori per cui l'impresa dovrà sostenere comunque un costo, anche se ha deciso che il suo output sarà pari a zero), e **fattori variabili**, che possono essere impiegati in quantità modificabili. In realtà questa distinzione vale solo se ci riferiamo ai fattori produttivi nel breve periodo, in quanto nel lungo periodo qualsiasi fattore è variabile, quindi il profitto minimo che un'impresa può realizzare nel lungo periodo è un profitto nullo, mentre nel breve periodo l'impresa è obbligata ad utilizzare almeno una certa quantità di fattori fissi, perciò anche se sceglie che la sua produzione sia *nulla*, sarà logicamente possibile che il profitto di un'impresa nel breve periodo risulti negativo.

Tuttavia esiste un'altra categoria di fattori che l'impresa sarà tenuta a pagare solo nell'eventualità in cui scelga di avviare una produzione, e quindi abbia deciso di produrre un output, per esempio l'elettricità per l'illuminazione degli edifici in cui questa si svolge. Questi input prendono il nome **fattori quasi-fissi**, utilizzati in quantità fissa fin tanto che la produzione è positiva. La distinzione tra fattori fissi e quasi-fissi è utile talvolta per analizzare il comportamento economico di un'impresa.

2.3.2 Il profitto nel breve periodo

E' possibile ora ritornare al problema di scelta dell'impresa, ossia quello relativo alla massimizzazione del profitto, che può essere scritto come: $\max_{x_1} pf(x_1, \bar{x}_2) - w_1x_1 - w_2\bar{x}_2$, dove x_2 viene fissato a un livello dato.

La condizione che rende possibile la scelta ottima della quantità da impiegare di un fattore variabile, è rappresentata dall'uguaglianza tra il prezzo del fattore e il prodotto del prezzo dell'output per il prodotto marginale del fattore stesso, in simboli: $pMP_1(x_1^*, \bar{x}_2) = w_1$.

Perciò in corrispondenza di una scelta delle quantità di input e output che massimizzi il profitto, il valore del prodotto marginale deve essere uguale al prezzo del fattore.

Arrivati a questo punto se indichiamo con y l'output dell'impresa, i profitti saranno pari a: $\pi = py - w_1x_1 - w_2\bar{x}_2$, risolvendo per y , otteniamo l'output come funzione di x_1 , $y =$

$\frac{\pi}{p} \frac{w_2}{p} \bar{x}_2 - \frac{w_1}{p} x_1$, questa equazione rappresenta le **rette di isoprofitto**, che corrispondono a tutte le combinazioni di input e output associate ad un livello costante del profitto.

Spostandoci da una retta di isoprofitto a un'altra, l'unica variazione riguarderà il livello del profitto, quindi si può dedurre che a livelli di profitto più elevati corrisponderanno rette di isoprofitto con intercette verticali più elevate.

Il problema della massimizzazione del profitto perciò, consiste nella ricerca sulla funzione di produzione del punto al quale sia associata la retta di isoprofitto più elevata, caratterizzato dalla **condizione di tangenza**. Ciò significa che l'inclinazione della funzione di produzione dovrà essere uguale all'inclinazione della retta di isoprofitto, che può essere espressa nel modo seguente: $MP = \frac{w_1}{p}$.

2.3.3 Statica comparata

La statica comparata non è altro che lo studio del modo in cui una variabile economica reagisce a cambiamenti del suo ambiente, il termine *comparata* si riferisce al fatto che si confronta una situazione "prima" e "dopo", mentre con il termine *statica*, ci si riferisce al fatto che il confronto viene effettuato solo dopo che tutti gli aggiustamenti siano stati portati a termine, cioè confrontando una situazione di equilibrio con un'altra, non interessandosi né del movimento verso l'equilibrio né tanto meno del processo di cambiamento stesso.

Quindi in questo caso ci è utile per poter analizzare come varia la scelta degli input e degli output di un'impresa al variare dei loro prezzi. Supponendo una variazione del prezzo del fattore 1, se facciamo riferimento all'equazione della retta di isoprofitto, questa diventa più ripida, come conseguenza dell'aumento di w_1 .

Quanto più la retta sarà ripida tanto più a sinistra si verificherà la condizione di tangenza, comportando perciò una diminuzione della quantità ottima del fattore 1. Questa condizione si verificherà sia nel caso in cui il prezzo del fattore aumenti, sia nel caso contrario in cui questo diminuisca.

Se la variazione invece colpisce il prezzo del fattore 2, avendo posto il livello di quest'ultimo fisso, e riferendoci ad un'analisi nel breve periodo, possiamo affermare che in questo caso la variazione non influirà sulla scelta dell'impresa in merito all'impiego del fattore stesso.

E' possibile notare questo risultato anche sulla retta di isoprofitto, in quanto la variazione del prezzo del fattore 2 non incide sull'inclinazione della retta, non modificandone la scelta.

2.3.4 Il profitto nel lungo periodo

Nel lungo periodo, invece, l'impresa avrà piena libertà di scelta sulla quantità di fattori di produzione da voler impiegare poiché, come abbiamo già detto, questi diventano tutti di tipo *variabile*, la massimizzazione del profitto nel lungo periodo sarà formulata come segue:

$$\max_{x_1, x_2} pf(x_1, x_2) - w_1x_1 - w_2x_2 .$$

La combinazione che determina le scelte ottimali è analoga a quella utilizzata per il breve periodo, ossia $pMP_1(x_1^*, x_2^*) = w_1$ e $pMP_2(x_1^*, x_2^*) = w_2$; in questo modo scegliendo le quantità ottimali dei due fattori, il valore del prodotto marginale di ciascun fattore corrisponderà al suo prezzo.

2.3.5 Profittabilità rivelata

Le scelte effettuate dall'azienda rispetto le quantità di input e di output, mostrano che la combinazione di input e output preferita rappresenta un piano di produzione realizzabile, ma anche che le scelte attuate sono più profittevoli di altre tecnicamente realizzabili che avrebbero potuto effettuare.

Se la funzione di produzione di un'impresa è la stessa in due momenti differenti, s e t , e questa agisce in modo da massimizzare il profitto, allora l'equazione delle due funzioni di produzione a confronto, dovrebbe risultare come segue: $p^t y^t - w_1^t x_1^t - w_2^t x_2^t \geq p^t y^s - w_1^t x_1^s - w_2^t x_2^s$ oppure $p^s y^s - w_1^s x_1^s - w_2^s x_2^s \geq p^s y^t - w_1^s x_1^t - w_2^s x_2^t$.

Se non vale una di queste disuguaglianze, ciò indica che l'impresa non sta massimizzando il proprio profitto. Mentre se queste sussistono, ciò equivale a un assioma del comportamento di massimizzazione del profitto, che prende il nome di *assioma debole della massimizzazione del profitto* (anche detto WAPM, dalle iniziali dell'espressione inglese *Weak Axiom of Profit Maximization*).

Quindi se le scelte effettuate dall'impresa soddisfano lo WAPM, è possibile ottenere una formula di statica comparata che esprime le domande dei fattori e l'offerta di output al variare dei prezzi. Utilizzando le due disuguaglianze otterremo attraverso una serie di passaggi: $\Delta p \Delta y - \Delta w_1 \Delta x_1 - \Delta w_2 \Delta x_2 \geq 0$. Questa equazione mostra come il prodotto della variazione del prezzo dell'output, meno la variazione del prezzo di ciascun input, moltiplicato per la variazione di quel determinato fattore, deve essere *non negativo*. La semplice equazione dello WAPM, e le sue implicazioni in quest'ultima equazione, impongono delle restrizioni al comportamento dell'impresa, che rappresentano tutte le limitazioni che il modello della massimizzazione del profitto può imporre.

Conoscendo le scelte dell'impresa che soddisfano lo WAPM, deduciamo che sarà possibile costruire una tecnologia per la quale le scelte osservate rappresentano scelte di massimizzazione del profitto.

2.4 Minimizzazione dei costi

La **minimizzazione dei costi** corrisponde alla prima fase della massimizzazione dei profitti; questo stadio risulta necessario per produrre una determinata quantità di output, per poi passare alla seconda fase di determinazione delle quantità che corrisponde alla vera e propria massimizzazione del profitto.

Il problema della minimizzazione dei costi, supponendo di avere a disposizione due fattori di produzione, si traduce come la necessità di determinare il modo più economico per poter produrre un dato livello di output, e analiticamente può essere espresso nel seguente modo: $\min_{x_1, x_2} w_1 x_1 + w_2 x_2$, tale che $f(x_1, x_2) = y$.

La soluzione dipenderà dal costo dei fattori produttivi (w_1, w_2) e dal livello di output y , questa viene espressa con $c(w_1, w_2, y)$, e rappresenta la funzione di costo che esprime i costi minimi necessari per poter produrre y unità di output quando i prezzi dei fattori sono pari a (w_1, w_2) .

Mentre le scelte delle quantità di input che minimizzano i costi vengono indicate con: $x_1(w_1, w_2, y)$ e $x_2(w_1, w_2, y)$, e sono dette **funzioni di domanda condizionata dei fattori** ovvero **domande derivate dei fattori**, queste misurano la relazione tra i prezzi, l'output e la scelta ottimale dei fattori dell'impresa, *condizionata* dalla produzione di un determinato livello di output.

La differenza tra la domanda condizionata dei fattori e la domanda di fattori sta nel risultato ottenuto; la prima dà le scelte di minimizzazione dei costi in corrispondenza di un dato *livello* di output e rappresentano una costruzione ipotetica, che ci consente di determinare la quantità di ogni fattore che l'azienda impiegherebbe se decidesse di produrre un livello di output al costo minimo. Mentre la seconda dà le scelte di massimizzazione del profitto in corrispondenza di un dato livello di *prezzo* dell'output.

2.4.1 Rendimenti di scala e funzioni di costo

Come è stato affermato in precedenza, una tecnologia può presentare rendimenti di scala *crescenti*, *decrescenti* o *costanti*, ora possiamo aggiungere che esiste una relazione tra quest'ultimi e la funzione di costo.

Supponiamo di avere ottenuto una funzione di costo per poter produrre 1 unità, avendo risolto il problema della minimizzazione dei costi, la **funzione di costo per unità** sarà pari a $c(w_1, w_2, 1)$. Moltiplicandola per y (unità di output) otterremo il costo minimo di produzione da sostenere per poter produrre y unità di output. Sicché nel caso di rendimenti di scala costanti, la funzione di costo sarà *lineare* nell'output.

Nel caso di rendimenti di scala crescente, invece, i costi aumenteranno meno che proporzionalmente rispetto all'output, questo perché i rendimenti di scala sono crescenti, e quindi raddoppiando i fattori produttivi la produzione dovrà più che raddoppiare. Sicché la funzione di costo aumenterà *meno che proporzionalmente* rispetto all'output. Allo stesso modo, se la tecnologia presenta dei rendimenti di scala decrescenti, la funzione di costo aumenterà *più che proporzionalmente* rispetto all'output, quindi raddoppiando la produzione, i costi dovranno aumentare più del doppio.

E' possibile rappresentare quanto appena detto con la **funzione del costo medio**, che esprime il costo unitario per la produzione di y unità di output, nel seguente modo: $AC_{(y)} = \frac{c(w_1, w_2, y)}{y}$. Se la tecnologia presenta dei rendimenti di scala costanti, la funzione di costo sarà formata: $c(w_1, w_2, y) = c(w_1, w_2, 1)y$ perciò la funzione di costo medio sarà pari a: $AC_{(y)} = \frac{c(w_1, w_2, 1)y}{y} = c(w_1, w_2, 1)$, quindi il costo unitario rimarrà costante indipendentemente dalla quantità di output che l'impresa deciderà di produrre.

Se i rendimenti di scala sono crescenti, invece, come abbiamo già visto, i costi di produzione aumenteranno meno che proporzionalmente rispetto all'output, sicché i costi medi saranno decrescenti all'aumentare della quantità prodotta.

Infine se la tecnologia presenta dei rendimenti di scala decrescenti, anche in questo caso, abbiamo già visto, che i costi di produzione dovranno aumentare più che proporzionalmente rispetto all'output, quindi i costi medi saranno crescenti rispetto alla quantità che l'impresa produrrà.

2.4.2 Costi di lungo e di breve periodo

E' necessario ora distinguere tra i costi minimi che l'impresa deve sostenere in intervalli di tempo in cui può variare gli input e quelli che invece sostiene quando può variare solo alcuni fattori. Nel breve periodo un'azienda è vincolata ad utilizzare una quantità predeterminata di input, i costi minimi che dovrà sostenere, potendo modificare solo la quantità di alcuni dei fattori produttivi, vengono determinati dalla **funzione di costo di breve periodo**. Supponendo che il fattore di produzione 2, debba essere tenuto fisso, nel breve periodo, la funzione sarà: $c_s(y, \bar{x}_2) = \min_{x_1} w_1 x_1 + w_2 \bar{x}_2$, tale che $f(x_1, \bar{x}_2) = y$, perciò il costo minimo di produzione, per ottenere y unità di output dipenderà dalla quantità disponibile del fattore fisso (in questo caso \bar{x}_2).

La funzione di domanda del fattore produttivo variabile rappresenterà la quantità che minimizza i costi, del fattore stesso, che dipende generalmente sia dai prezzi dei fattori produttivi, che dalla quantità disponibile dei fattori fissi.

Nel lungo periodo, invece, l'impiego di qualsiasi fattore produttivo può essere mutato, e in questo caso la **funzione di costo di lungo periodo** esprime il costo minimo che deve essere sostenuto dall'impresa per poter produrre un determinato livello di output, e analiticamente può essere espresse nel modo seguente: $c(y) = \min_{x_1, x_2} w_1 x_1 + w_2 x_2$, tale che $f(x_1, x_2) = y$. In questo caso entrambi i fattori possono variare liberamente, e i costi di lungo periodo dipenderanno esclusivamente dalla quantità di output che s'intende produrre e dai prezzi dei relativi fattori.

2.4.3 Le curve di costo

E' inoltre possibile rappresentare graficamente le funzioni di costo di un'impresa, permettendo lo studio della determinazione delle scelte dell'impresa relative alla quantità

ottima di output. Assumendo che i costi degli input siano fissi, sarà possibile esprimere il costo come funzione del solo output y , quindi come $c(y)$.

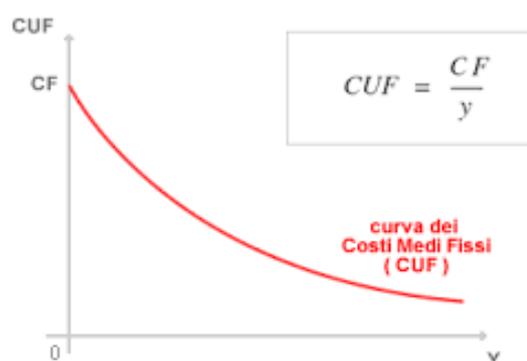
Sappiamo già che i costi totali di un'impresa sono formati dai costi fissi, F , e dai costi variabili, $c_v(y)$, che quindi possiamo calcolarli come: $c(y) = c_v(y) + F$.

Arrivati a questo punto possiamo affermare che la **funzione di costo medio** esprime il costo per unità di output, e allo stesso modo la **funzione di costo medio variabile** misura i costi variabili per un'unità di prodotto, invece, la **funzione di costo medio fisso** misura i costi fissi per unità di y . Quindi la funzione di costo medio può essere espressa nel seguente modo:

$$AC(y) = \frac{c(y)}{y} = \frac{c_v(y)}{y} + \frac{F}{y} = AVC(y) + AFC(y).$$

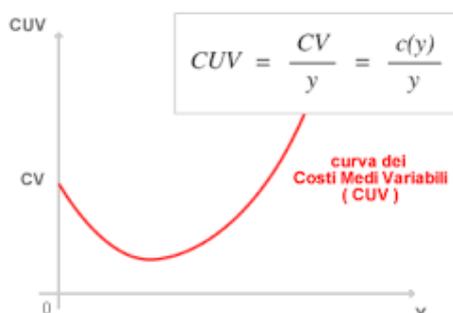
E' possibile anche rappresentare graficamente queste tre funzioni, nel seguente modo:

Quando $y=0$ la *funzione di costo medio fisso* tenderà all'infinito, mentre tenderà a zero all'aumentare di y , ed è possibile rappresentarla come nel grafico a destra.

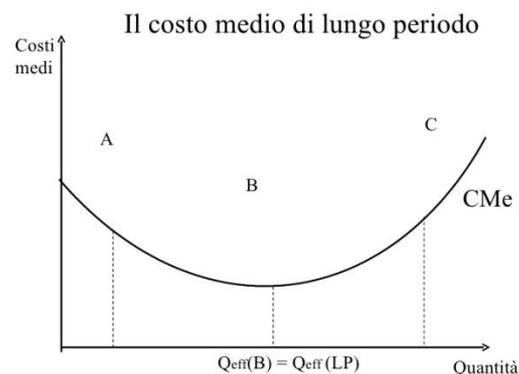


Supponiamo di partire da una quantità nulla di output e di voler produrre una sola unità di output, quindi $y=1$, i costi medi variabili corrisponderanno al costo variabile necessario per produrre una sola unità.

Aumentando la produzione è naturale aspettarsi che questi aumentino con essa, anche se è possibile in un primo momento godere di particolari economie che permettono un loro abbassamento, nel lungo periodo questi tendono ad aumentare proporzionalmente o più che proporzionalmente con l'aumento dell'output, perciò la *funzione dei costi medi variabili* viene rappresentata come nel grafico a sinistra



Infine la funzione di costo medio totale corrisponde alla somma di queste due curve, sicché presenterà un andamento ad U, l'iniziale diminuzione dipende dalla diminuzione dei costi fissi, mentre l'aumento successivo è dovuto all'aumento dei costi variabili. Questa viene rappresentata come nel grafico a destra



Un'altra curva interessante è quella del **costo marginale**; questo rappresenta il costo aggiuntivo necessario per poter incrementare la quantità di produzione di un'unità.

Esso esprime in maniera infinitesimale la variazione dei costi della quantità aggiuntiva di prodotto. Per poter comprendere meglio questa definizione è possibile analizzare la funzione dei costi marginali e la sua rappresentazione grafica.

Dal punto di vista formale il costo marginale è determinato dal rapporto tra la variazione del costo totale, $\Delta c(y)$, e la variazione infinitesimale della quantità di produzione, Δy . Quindi può essere espressa nel modo seguente: $MC(y) = \frac{\Delta c(y)}{\Delta y} = \frac{c(y+\Delta y) - c(y)}{\Delta y}$.

Dal punto di vista grafico la funzione di costo marginale, $MC(y)$, è determinata dalla derivata prima della funzione di costo, ed è coincidente con la pendenza della curva della stessa, quindi può essere rappresentata su un diagramma cartesiano ponendo in relazione il costo marginale con la quantità di output. In questo modo avrà una forma ad U come nel grafico seguente. Questo andamento è determinato dall'andamento della produttività marginale dei fattori produttivi. Il significato economico del tratto decrescente dipende dall'impiego di unità addizionali dei fattori produttivi, in quanto in questa fase il prodotto marginale dei fattori produttivi è crescente. Mentre una volta oltrepassato il punto di minimo, la curva di costo marginale diventa crescente poiché, in questa fase, ogni ulteriore unità addizionale di impiego dei fattori produttivi peggiorerà l'efficienza della produzione nel suo complesso (ciò spiega l'andamento crescente nel tratto finale).

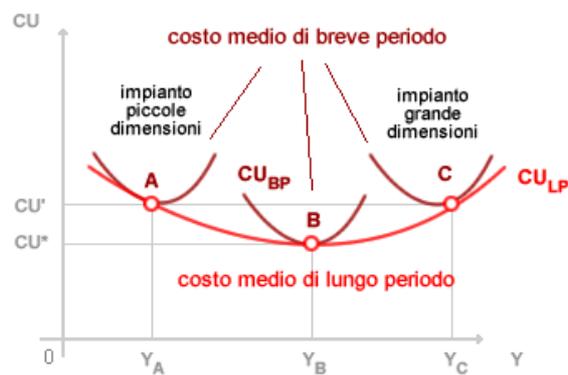
Nella curva del costo marginale vengono presi in considerazione soltanto i costi variabili poiché i costi fissi non variano al variare della quantità prodotta, sicché l'incremento dei costi è determinato esclusivamente dall'aumento dei costi variabili della produzione. Ciò li

differenzia dai costi medi (unitari) che si riferiscono all'intera quantità di produzione (non solo ad una sua unità aggiuntiva) prendendo in considerazione sia i costi variabili che i costi fissi.



Per molte imprese la suddivisione dei costi tra fissi e variabili dipende dall'orizzonte temporale preso in considerazione. In particolare, molti costi fissi nel breve periodo diventano variabili nel lungo.

La curva di costo medio totale nel lungo periodo ha una forma più appiattita rispetto a quella nel breve periodo, inoltre è possibile aggiungere che tutte le curve di breve periodo giacciono al di sopra o sulla curva di lungo periodo.



2.5 Il campione

Dopo aver indicato i vincoli a cui sono esposte le imprese produttrici, che formano l'offerta di un determinato bene o servizio, e in generale la **teoria della produzione**, possiamo passare all'indagine di mercato svolta direttamente sulle aziende che si occupano della produzione di lampade ad induzione e lampade LED nel mercato cinese.

Quest'ultime sono state sottoposte ad un questionario (*in appendice*) di 16 domande con l'obiettivo di avere una visione di insieme sul comportamento delle imprese, in merito alla scelta di produrre una tecnologia piuttosto che l'altra.

Il campione di analisi è formato da **7** aziende che si occupano sia della produzione di lampade ad induzione che di lampade a LED, quindi, che presentano tutte gli stessi vincoli naturali. E' scelto questo campione in quanto è stato ritenuto necessario ottenere informazioni da aziende che effettuano periodicamente la scelta di produrre una delle due lampade o entrambe, ottenendo in questo modo informazioni rilevanti sulle differenze di produzione.

La scelta di imprese che si occupano esclusivamente di uno solo dei due beni, non avrebbe dato risultati adeguati per il confronto, in quanto un'azienda che produce unicamente lampade a LED, è incapace di poter formulare giudizi considerevoli in merito alle tecniche di produzione o al mercato della lampada a induzione.

In statistica il **campionamento statistico** è alla base dell'inferenza statistica, che è il procedimento per cui si inducono le caratteristiche di una popolazione dall'osservazione di una parte di essa (detta **campione**), selezionata solitamente mediante un esperimento casuale (aleatorio).

Una rilevazione si dice campionaria quando è utile per fare inferenza, ovvero per desumere dal campione stesso un'informazione relativa all'intera popolazione.

Le modalità di selezione del campione sono diverse ed è possibile scegliere tra esse quella più adatta: vi è la *scelta di comodo* (anche detta campionamento per quote), in questo caso si prescinde completamente dalla disponibilità di una lista di appartenenti alla popolazione obiettivo, quindi i vincoli imposti al campione sono solo quelli imposti dalle quote (aggiornate periodicamente e statisticamente attendibili); la *scelta ragionata* (anche detta campionamento ragionato), corrisponde ad una procedura di selezione del campione tale per cui la scelta del profilo è rimessa interamente a chi predispose il piano di rilevazione dell'indagine, sulla base di una teoria sostantiva che tiene conto del fenomeno in studio. Il principio guida è quello della saturazione teorica per il quale si decide di sospendere il processo di incremento della base empirica quando il contributo che potrebbe essere ottenuto dall'aggiunta di un altro caso potrebbe essere nullo; vi è la *scelta casuale* (anche detta campionamento casuale), in questo

caso si procede con un' estrazione da una popolazione, distribuita secondo la sua legge, di un determinato numero di individui.

La scelta del campione nel campionamento casuale è affidata al caso e non deve essere influenzata, più o meno consciamente, da chi compie l'indagine. In questa tipologia tutte le unità della popolazione hanno eguale probabilità di fare parte del campione ed ogni campione di ampiezza n ha la stessa probabilità di essere formato; infine vi è la *scelta probabilistica* (anche detta campionamento probabilistico), in questo caso ogni soggetto o oggetto, di cui è composta la popolazione, ha probabilità diversa da zero di essere incluso nel campione.

Questo particolare metodo garantisce un campione che abbia la rappresentabilità, quindi, con un certo livello di fiducia, possono essere estesi alla popolazione, mentre nei campioni non probabilistici non è possibile generalizzare i risultati di indagine.

In questo caso è stata adottata la metodologia del **campionamento ragionato**, la scelta perciò è stata effettuata mediante l'identificazione dei cosiddetti "*testimoni privilegiati*", aziende che hanno ottenuto certificati di qualità per le lampade prodotte e che operano da più tempo (relativamente alla maggioranza delle imprese) nel settore.

La dimensione del campione è stata fissata in base a criteri di pura convenienza, poiché il numero totale di imprese che si occupano della produzione simultanea delle due tipologie di lampade, non risulta particolarmente elevato. In questo modo il sondaggio è risultato più rapido data la selezione del campione molto snella.

Le aziende prese in considerazione sono elencate nella tabella sottostante, con le relative caratteristiche che riguardano la geo-localizzazione e l'anno di inizio d'attività.

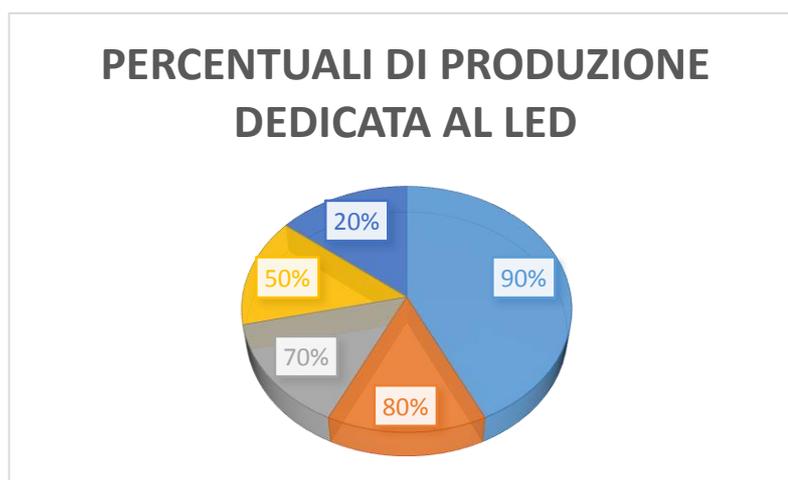
Azienda produttrice	Geo-localizzazione	Anno inizio attività
Elx	Jiangmen City, Guangdong, China	2008
Lxine	Ningbo, Zhejiang, China	2005
Qhl	Changxing County, Zhejiang, China	2002
Tzlight	Taizhou City, China	2008
Xpes	Shenzhen, China	2010
Wuhu Fengyun Energy Tech.	Wuhu, Annuì, China	2008
TopBand	Shenzhen, China	2007

2.6 Il questionario : prima parte

Il questionario è costituito da due parti, la prima relativa alla situazione attuale del mercato e una seconda parte relativa invece alle aspettative future.

Innanzitutto è stata chiesta la percentuale di produzione di lampade a LED rispetto alla produzione dedicata alla lampada a induzione. E' risultato che quasi tutti i soggetti intervistati dedicano la maggior parte della loro attività alla produzione di lampade a LED.

Azienda produttrice	Percentuale di produzione di lampade a LED
Elx	20%
Lxine	70%
Qhl	90%
Tzlight	50%
Xpes	90%
Wuhu Fengyun Energy Tech.	80%
TopBand	90%



Le risposte alle successive domande sono state raccolte attraverso un'indagine sulle aziende cinesi, rispetto a uno o a più fenomeni che si differenziano per ciascuna tipologia di lampada. In generale l'informazione ricevuta da questo tipo di ricerca, è codificata attraverso il concetto di **carattere**, inteso come il fenomeno oggetto di studio, rilevato sulle unità statistiche del campione di riferimento e codificato secondo le esigenze dell'analisi statistica. Un carattere prende il nome di *variabile* (anche detta variabile quantitativa), quando assume come modalità dei numeri reali, oppure *mutabile* (anche detta variabile qualitativa), quando invece le modalità rappresentano delle qualità dette attributi. In questo caso sono state utilizzate delle **variabili qualitative**, poiché non è risultato possibile ricevere informazioni dettagliate in merito ai costi e ricavi realmente sostenuti dalle imprese.

Successivamente si è proceduto alla definizione della scala di misura, che rappresenta lo strumento logico attraverso il quale avviene la misurazione di un carattere statistico. E' stata utilizzata una delle quattro scale di Stanley Smith Stevens; secondo il suo pensiero misurare una proprietà significa assegnare un numero (o un simbolo) alle modalità in modo tale che le relazioni tra i numeri (o simboli) riflettano le relazioni tra le caratteristiche delle proprietà. In questo modo è possibile collegare la "realtà" (ossia gli eventi che accadano nel tempo, ovvero gli oggetti presenti nel modo reale) e le categorie (numeri) con i quali si etichettano, si codificano e si organizzano gli eventi, gli oggetti o gli individui che fanno parte del mondo. Il collegamento è reso possibile da quell'insieme di regole di corrispondenza che se rispettate consentono di misurare i fenomeni psicologici e sociali in maniera corretta e accurata.

I quattro tipi di scala da lui evidenziati sono situati in una precisa gerarchia; la prima scala rappresenta il livello più basso della misurazione, l'ultima invece il livello più alto: passando da un livello di misurazione ad uno più alto aumenta il numero di operazioni matematiche che possono essere compiute sui valori della scala. La classificazione dei tipi di scale, proposta da Stevens negli anni '40, opera la distinzione fra le categorie basandosi esclusivamente sulle proprietà logico-formali dei vari tipi di scala e sono così denominate: *scala nominale*, *scala ordinale*, *scala a intervalli equivalenti* e infine la *scala a rapporti equivalenti*.

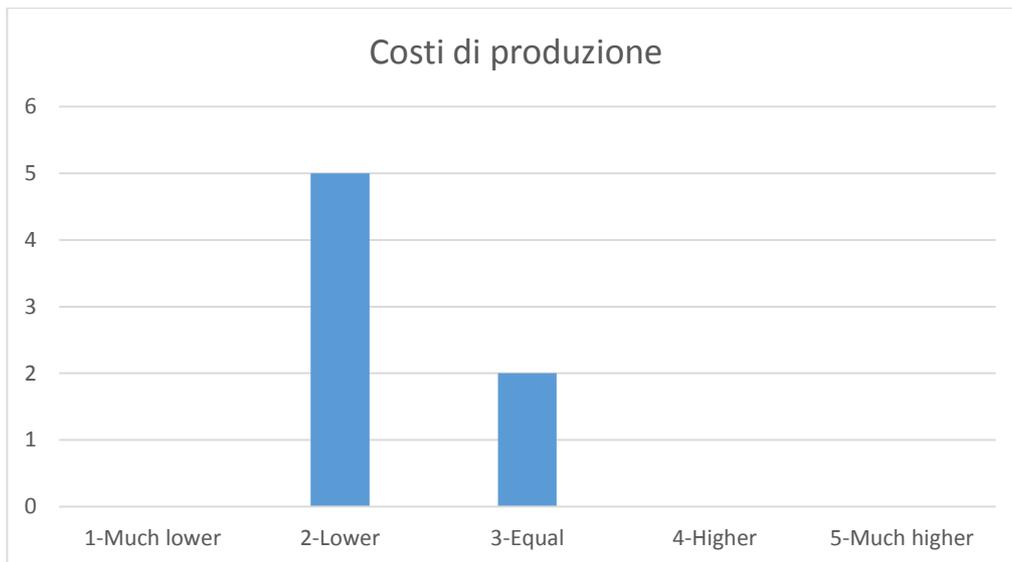
In questo caso abbiamo utilizzato una scala di tipo **ordinale**, quindi è stata definita la relazione di maggiore o minore, oltre a quella di uguaglianza. Questa scala è simile a quella nominale perché consiste di categorie reciprocamente esclusive ed esaustive ma le diverse categorie sono ordinate gerarchicamente a seconda del valore che hanno rispetto alla proprietà considerata. Risulta necessario affermare che in questo tipo di scala non è possibile quantificare la distanza tra il valore x e il valore $x+1$ e non è possibile dire se tra x e $x+1$ da un lato, e $x+1$ e $x+2$ dall'altro vi sia la stessa distanza.

La scala ordinale è caratterizzata da numeri che vengono associati alle categorie che esprimono la relazione d'ordine. Questi sono dei semplici codici che servono a distinguere e ordinare, ma non dicono nulla sulla grandezza delle distanze tra le categorie; inoltre questi numeri associati alle categorie non corrispondono alla quantità della proprietà misurata, ma rappresentano soltanto la relazione d'ordine tra le modalità. Infine non è possibile effettuare alcuna operazione aritmetica sui numeri di questa scala perché i valori numerici sono arbitrari, posto che venga preservata la relazione d'ordine tra i diversi valori.

La scala in questo caso presentava numeri da 1 a 5, che si riferivano a valori da “molto più basso” a “molto più alto” in riferimento ai **costi**, ai **ricavi**, alla **domanda di mercato** e infine ai **tempi di produzione**; Tutte le variabili che hanno permesso un confronto sulla situazione attuale dei due mercati e che sono alla base della scelta, presa da una determinata azienda, se dedicarsi alla produzione della lampada a induzione o viceversa della lampada a LED.

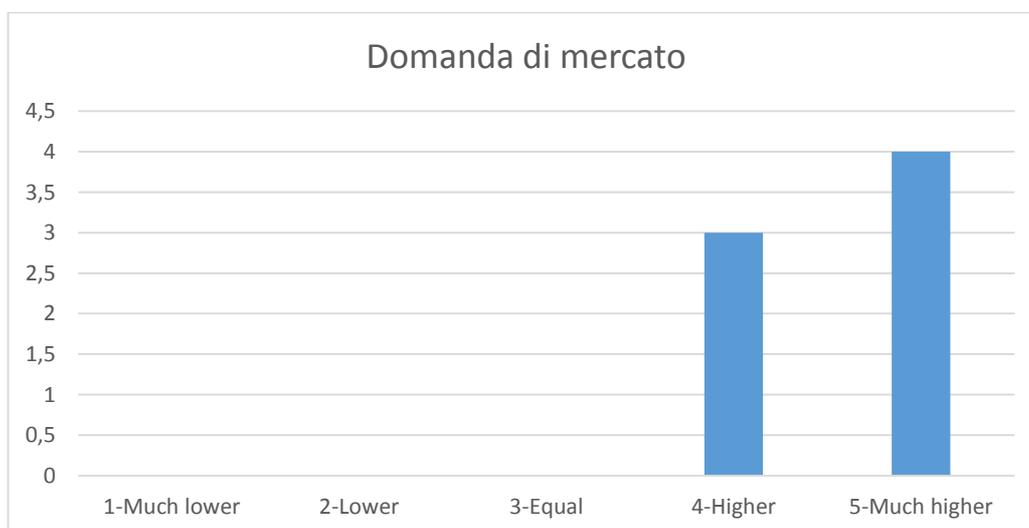
E' stato chiesto perciò di dare un valore alla differenza tra i costi di produzione necessari per le due diverse tecnologie, è risultato che i costi necessari per produrre lampade a LED sono “*più bassi*” rispetto a quelli richiesti per le lampade a induzione

Azienda produttrice	Confronto sui costi di produzione
Elx	Più bassi
Lxine	Più bassi
Qhl	Più bassi
Tzlight	Uguali
Xpes	Uguali
Wuhu Fengyun Energy Tech.	Più bassi
TopBand	Più bassi



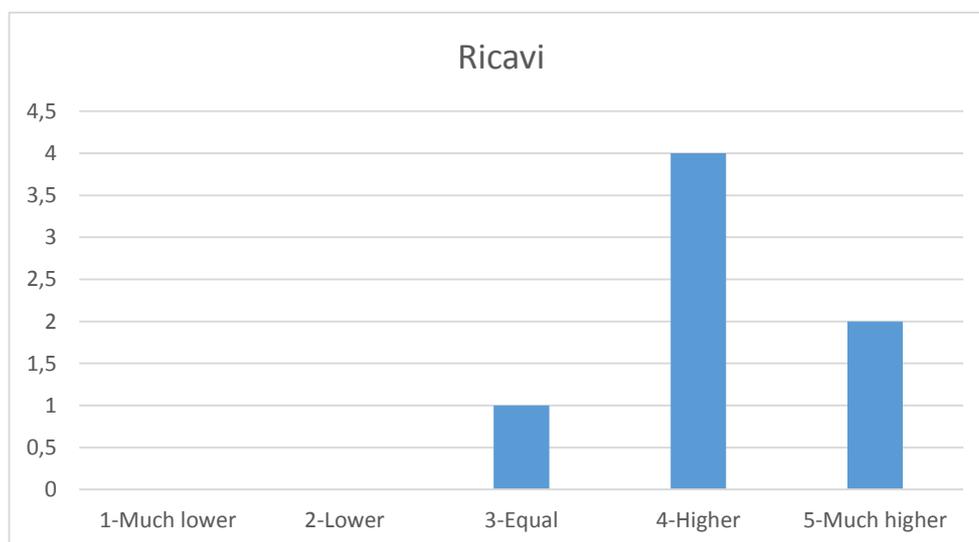
Successivamente è stato chiesto come fosse differente la domanda di mercato delle due lampade, le risposte hanno dato come risultato una “vittoria” schiacciante della lampada a LED.

Azienda produttrice	Confronto sulla domanda di mercato
Elx	Più alta
Lxine	Molto più alta
Qhl	Molto più alta
Tzlight	Più alta
Xpes	Più alta
Wuhu Fengyun Energy Tech.	Molto più alta
TopBand	Molto più alta



Anche per quanto riguarda i ricavi, la maggior parte delle imprese hanno risposto che i guadagni derivanti dalla vendita di lampade a LED sono “più alti” o “molto più alti” rispetto a quelli originati dalla produzione di lampade a induzione.

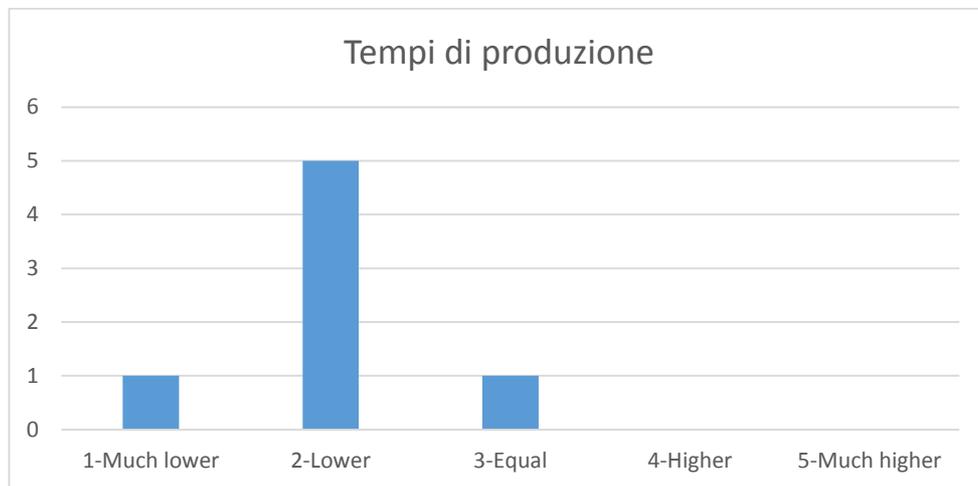
Azienda produttrice	Confronto sui ricavi delle lampade
Elx	Più alti
Lxine	Più alti
Qhl	Molto più alti
Tzlight	Uguali
Xpes	Più alti
Wuhu Fengyun Energy Tech.	Più alti
TopBand	Molto più alti



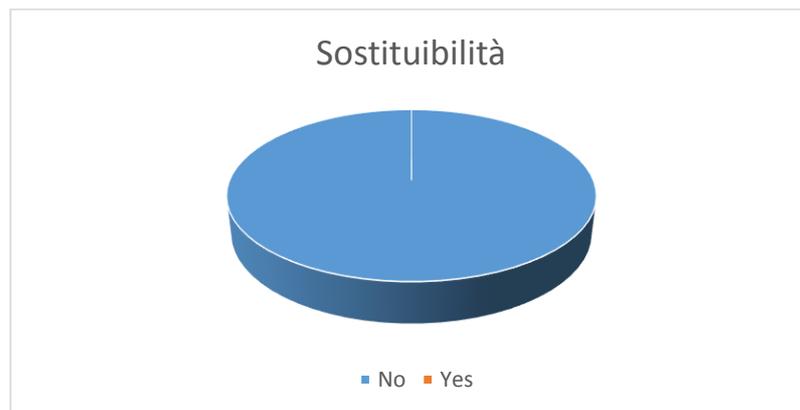
Per poter analizzare meglio le differenze a livello operativo, è stato chiesto di valutare la variazione nei tempi di produzione necessari. Anche in questo caso la lampada a LED ha ottenuto risultati “migliori”.

Azienda produttrice	Confronto sui tempi di produzione delle lampade
Elx	Più bassi
Lxine	Più bassi
Qhl	Più bassi
Tzlight	Più bassi

Xpes	Uguali
Wuhu Fengyun Energy Tech.	Molto più bassi
TopBand	Più bassi



Successivamente è stato chiesto se la lampada a induzione potesse sostituire la lampada a LED in qualsiasi suo utilizzo. Come già affermato nel capitolo precedente, la risposta è stata unanime, negando questa possibilità.



Per comprendere meglio l'espansione del mercato della lampada a induzione sono state chieste le percentuali di vendita per ciascun continente. E' risultato che la maggior parte della clientela di queste aziende è localizzata in Asia, in nazione come Giappone e Cina, mentre i mercati che hanno registrato vendite inferiori sono localizzati in Africa, in nazioni come il Sud Africa o l'Egitto.

Le motivazioni di questa concentrazione riguardano soprattutto la numerosa presenza, in queste località, di imprese produttrici che preferiscono l'utilizzo di lampade a induzione, che hanno performance migliori in luoghi chiusi di grandi dimensioni, quali possono essere i magazzini o laboratori di produzione.

Oltre al maggior riguardo per sistemi di illuminazione che producono un maggiore risparmio energetico comparato al miglior rispetto ambientale.

Inoltre è possibile notare come questa tecnologia si sia diffusa nei paesi in cui è avvenuta la sua introduzione, mentre rimane ancora sconosciuta al di fuori di questi.

Infine è stato chiesto il loro parere in merito a quale delle due lampade fosse considerata *qualitativamente* migliore, e nonostante le precedenti risposte “a favore” della lampada a LED, il risultato mostra come la lampada a induzione sia considerata nettamente migliore della sua “rivale”.

E' stato anche domandato se le imprese fossero a conoscenza dei problemi che vari studi hanno riportato sull'utilizzo prolungato delle lampade a LED. Per ora ci basta sapere che quasi la totalità del campione ha affermato di essere informati in merito a queste problematiche, in quanto questo argomento sarà approfondito nel capitolo successivo

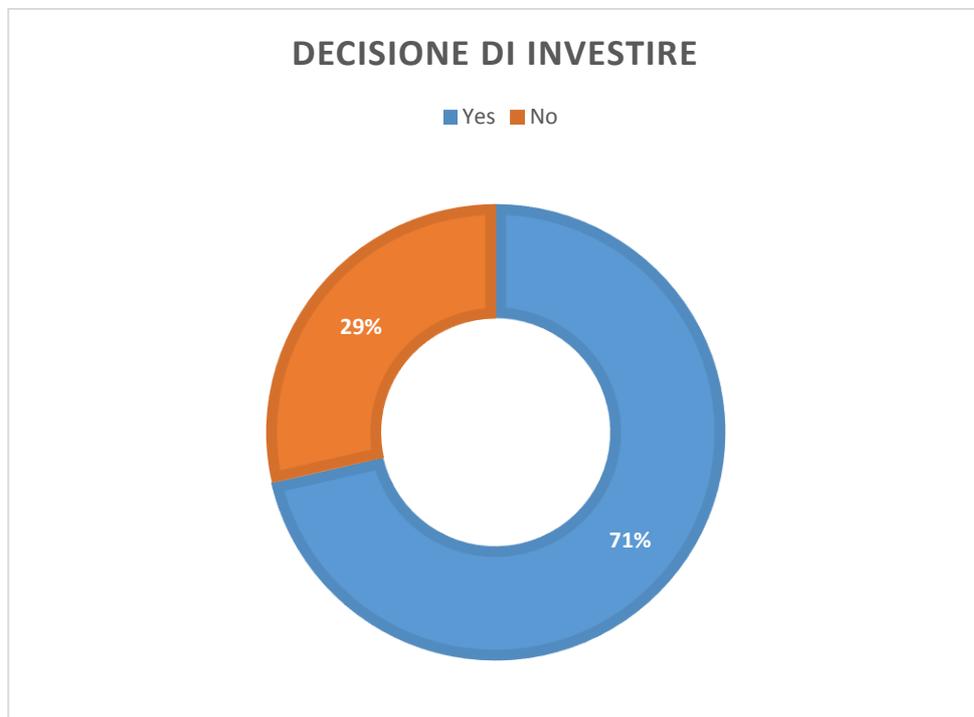
Perché scegliere l'induzione

3.1 Questionario: seconda parte

In questo paragrafo verrà trattata nello specifico la seconda parte del questionario posto alle imprese cinesi, sezione dedicata alle **aspettative future** dei soggetti intervistati sulle decisioni di produzione in merito alla lampada a induzione magnetica.

Innanzitutto il campione è stato diviso tra le imprese intenzionate ad investire nel prodotto e coloro che invece si sono mostrati contrari a impiegare ulteriori capitali.

Il **71%** degli intervistati ha risposto in maniera affermativa, ciò mostra ancora una volta come nonostante quasi l'intero campione dedichi la maggior parte della sua produzione nelle lampade a LED e malgrado tutte le variabili del ciclo produttivo siano *a favore* di quest'ultime, le imprese credono ancora in uno sviluppo positivo della lampada a induzione (opinione da non trascurare).



Alle imprese che hanno risposto di non voler investire ulteriormente nel mercato è stata però chiesta la motivazione che le ha spinte a questa decisione.

Le risposte si sono concentrate soprattutto sulla mancanza di fiducia in un'ulteriore evoluzione della lampada, in quanto fermamente convinti che il LED, invece, sia ancora molto richiesto grazie al suo diffuso utilizzo in ogni campo.

In particolare l'impresa *Lxine* ha specificato che attualmente la sua produzione è principalmente concentrata nella fabbricazione di lampade ad uso interno, ambito in cui la lampada a LED si afferma come leader.

L'indagine si è approfondita, invece, per quelle imprese che hanno affermato di voler investire nell'industria nei prossimi cinque anni, chiedendo di scegliere tra un ammontare indicativo del capitale; quindi se corrispondeva ad un massimo di 500.000 dollari o ad un minimo di 1.000.000 di dollari ovvero una cifra intermedia tra queste. Nello specifico inoltre è stato domandato in quale area tra: la semplice *intermediazione*, la sola *produzione* o infine nella *ricerca e sviluppo*, fossero maggiormente interessati.

Azienda produttrice	Ammontare indicativo	Area d'investimento
Elx	Da 500k fino a 1mil. di dollari	R&S
Qhl	Da 500k fino a 1mil. di dollari	Intermediazione
Tzlight	Massimo 500k dollari	R&S
Xpes	Massimo 500k dollari	R&S
Wuhu Fengyun Energy Tech.	Massimo 500k dollari	R&S

E' risultato che, benché propense all'investimento nessuna delle imprese è intenzionata ad investire più di un milione di dollari, ma che ad eccezione di una sola di esse, il resto delle intervistate crede siano necessari miglioramenti poiché interessate alla **ricerca e sviluppo**.

Infatti nella domanda seguente, nonché l'ultima del questionario, è stato chiesto di giustificare l'interesse nei confronti di questo campo. Le risposte sono state varie ma il miglioramento delle grandezze in cui sono disponibili le lampade è un argomento comune a

tutte. Come è stato già affermato in precedenza, quest'ultimo rappresenta il più grande limite per la tecnologia ad induzione che non gli permette di diffondersi, andando ad oscurare tutte le qualità che la rendono preferibile ai LED.

Arrivati a questo punto, dopo un'attenta analisi su qualsiasi aspetto che possa riguardare il mercato delle tecnologie, il risultato porta ad una preferenza per la lampada a LED che non coincide con la reale impressione che le imprese e gli individui in generale hanno sulla qualità della luce emessa, che dovrebbe rappresentare la motivazione principale nella scelta di un determinato bene (è necessario ricordare in quest'ambito la *piramide di Maslow*, quindi l'impulso che un soggetto ha per l'acquisto di un determinato prodotto nasce dalla necessità di soddisfare un bisogno, in questo caso identificabile nell'esigenza di poter *vedere chiaramente*).

Quindi cosa dovrebbe spingere un'impresa qualunque ad investire nella produzione di lampade a induzione (nonché un individuo qualunque a preferire quest'ultima)?

3.2 Studi: i danni del LED sull'uomo.

In questo paragrafo viene ripresa la domanda lasciata sospesa a fine secondo capitolo, quella in cui veniva chiesto alle imprese intervistate se fossero a conoscenza delle problematiche riguardanti l'utilizzo del LED.

Ebbene il **100%** delle aziende ha risposto di essere al corrente delle complicazioni della tecnologia, che si differenziano da semplici problemi tecnici, e che riguardano direttamente la salute degli individui esposti a questa illuminazione.

In particolare sono stati effettuati numerosi studi che collegano l'utilizzo della lampada a LED a malattie quali cancro, obesità, disturbi cardiovascolari nonché a danni diretti sulla vista degli individui.

La caratteristica principale che renderebbe il LED così dannoso per l'occhio umano è la presenza di luce blu che con la luce gialla permette alla lampada di illuminare e questo ha effetti non solo nocivi per la nostra salute ma anche per l'inquinamento luminoso che ormai invade il nostro cielo.

Nel dipartimento di Risorse naturali e Management dell'Ambiente dell'università di Haifa, in Israele, il professor Abraham Haim studia come l'alternanza giorno/notte influisce sulle attività del nostro organismo. La sua ricerca mostra come l'esposizione a qualsiasi fonte

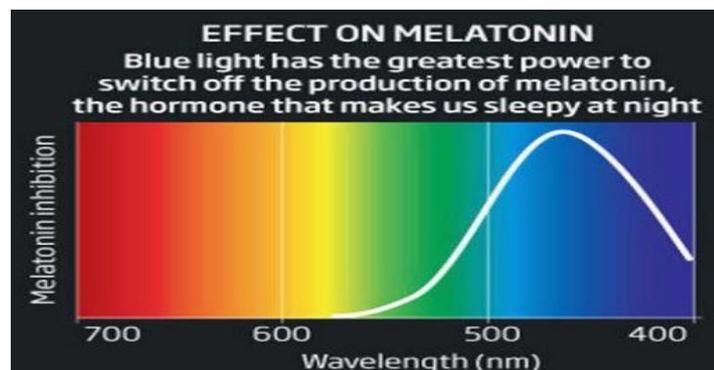
di luce modifichi intensamente il nostro “orologio biologico interno”, tecnicamente detto *Ritmo Circadiano*, coniato da Franz Halberg, termine che viene dal latino *circa diem* e significa appunto “intorno al giorno”.

E' importante sapere quindi che un corpo non funziona allo stesso modo durante il giorno e la notte. Noi pensiamo che la luce servi solo per vedere, ma rappresenta più un segnale che l'ambiente esterno manda al nostro corpo per la sua regolazione, infatti all'interno della retina è presente un fotorecettore che non è utile alla vista, questo ha il solo compito di percepire la lunghezza d'onda della luce alla quale siamo esposti e mandare un segnale al nostro orologio interno.

Per spiegare meglio cosa accade al nostro organismo, il professore Haim spiega come l'esposizione alla luce del sole, emittente anch'esso di luce blu, in una normale giornata incide sul nostro corpo: al mattino la luce contiene molto “blu”, cioè è una luce ad onde brevi, che man mano aumenta fino ad arrivare massima fino a quando il sole è alto sopra l'orizzonte. Fino a questo momento il nostro corpo ha prodotto un ormone, la *seratonina*, coinvolta in numerose e importanti funzioni biologiche.

Successivamente con il calare del sole, la luce blu diminuisce spostandosi verso la parte gialla e rossa, verso onde di lunghezza maggiore. Di sera il nostro corpo inizia a produrre un altro ormone essenziale per il nostro organismo, la *melatonina*, fondamentale per il nostro sistema endocrino, per la riproduzione, per il metabolismo, con proprietà anche anticancerogene. Questo avviene però ad una sola condizione, se non siamo ancora esposti ad un'illuminazione a lunghezza d'onda breve, ossia luce blu; in questo caso la produzione di melatonina cala fino a 5 volte di più di quello che accadrebbe se fossimo esposti a luci con lunghezze d'onda superiori.

Lo studio effettuato dal professore Haim, mostra come l'esposizione giorno e notte alla luce blu dei Led sui ratti, abbia causato addirittura la loro morte, perché il loro sistema termoregolatore smetteva di funzionare bene, come il metabolismo e il loro sistema di riproduzione.



Nel 2013 il professore pubblica per la casa editrice *Springer*, specializzata in testi scientifici il libro “*Ligh Pollution as a New Risk Factor for Human Breast and Prostate Cancers*”, considerato il primo testo a mettere in relazione la luce artificiale di notte, la soppressione della melatonina e certi tipi di tumore nell’uomo.

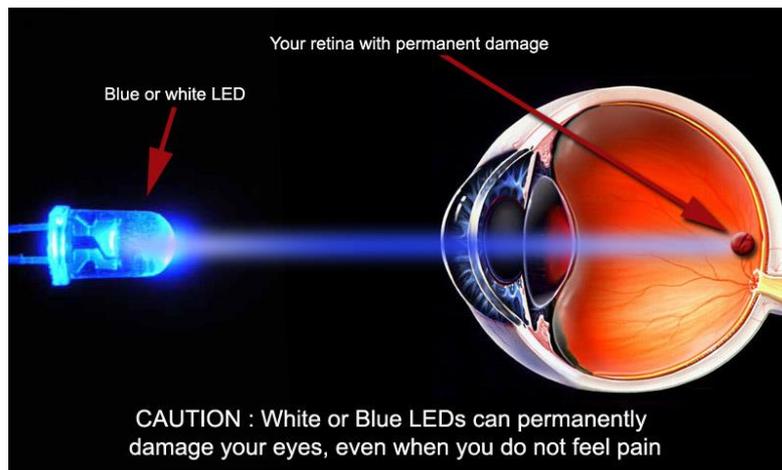
Inoltre nello scorso settembre, insieme ad altri studiosi, ha pubblicato uno studio su un campione di donne, dai 35 ai 74 anni, nella città israeliana di Ashkelon, che sembra confermare quanto scritto nel libro. Il professore afferma che “bisogna studiare ancora molto, ma noi crediamo che ci sia una correlazione molto forte tra le luci in strada che penetrano in casa e l’incidenza del cancro al seno e alla prostata”.

Siamo continuamente esposti alla luce dei Led, presenti ovunque, nei fari delle macchine, nei cartelloni pubblicitari, nelle nostre televisioni, per questo sostiene ancora che “dovremmo avere una regolamentazione molto chiara su come utilizzare queste luci in luoghi pubblici”.

Il professore israeliano non è l’unico ad avere studiato l’effetto negativo dell’esposizione, soprattutto notturna, sul nostro benessere, studi svolti ad Harvard o all’università di Berkeley, in California, mostrano risultati simili.

Un’altra ricerca sulla vista condotta dalla *Complutense University* di Madrid segnala come l’esposizione alle luci LED può causare danni irreparabili alla **retina** dell’occhio umano. Allarme lanciato anche dall’agenzia francese per gli alimenti, l’ambiente e la sicurezza (AFSSA), diffusa in Italia anche dall’**Aduc**, l’Associazione per i diritti dei consumatori e degli utenti, essi affermano che “le lampade a led compromettono la vista degli adulti ma soprattutto quella dei bambini” continua aggiungendo che questo sistema di illuminazione “potrebbe danneggiare in modo irreversibile la retina dell’infante e, comunque, sembra essere nociva per la salute dei grandi”.

Tanto che una ricerca condotta dall’AFSSA, sconsiglia l’utilizzo di luci a led nelle camerette dei più piccoli ma anche negli ambienti domestici, lavorativi e in quelli pubblici dove si trascorrono numerose ore, campi in cui questa tecnologia è ormai ampiamente adoperata.



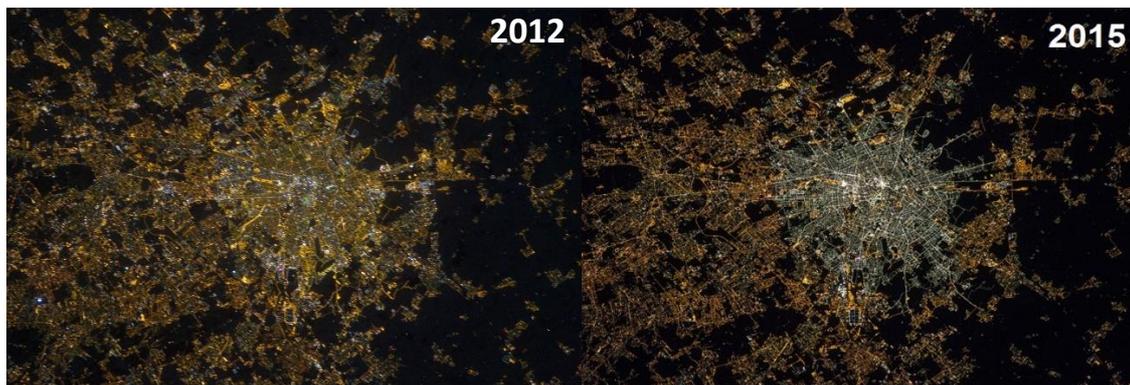
3.3 Inquinamento luminoso

L'elevato risparmio energetico derivante dall'utilizzo di lampade a Led, con spese pari ad un quinto di quelle sostenute con le lampade tradizionali, ha permesso a questa tecnologia di diventare la migliore alternativa nell'ambito dell'illuminazione pubblica.

Infatti Milano è la prima grande città in Europa interamente a Led, nel 2015, sotto la giunta Pisapia, 140.000 vecchie lampadine sono state sostituite con la nuova tecnologia. Un investimento da 38 milioni di euro a carico della "a2a" la più grande multiutility italiana, un cambio, che come afferma la stessa società, permette al comune di produrre nell'atmosfera meno CO₂, di risparmiare ogni anno più del 30% dei costi e di diminuire l'inquinamento luminoso, perchè nessuna emissione di luce finisce in cielo.

E' proprio su quest'ultimo punto che non concorda il ricercatore all'istituto di astrofisica di Andalusia, Alejandro Sanchez de Miguel, che ha mostrato, nella sua presentazione davanti a tremila scienziati dell'Unione Astronomica Internazionale, il più importante congresso al mondo di astronomia tenutosi ad Honolulu, le due foto scattate dall'ISS, la stazione spaziale internazionale, proprio della città di Milano, datate rispettivamente 2012 e 2015 (dopo il cambio di illuminazione).

L'immagine più recente mostra evidentemente un maggior contenuto di *luce blu*, dovuta alla sostituzione delle lampadine con luce LED, provocando così un **aumento dell'inquinamento luminoso** (triplicato rispetto alla vecchia illuminazione), perché la luce di questo colore si diffonde maggiormente nell'atmosfera, a pari intensità con una luce di colore giallo.



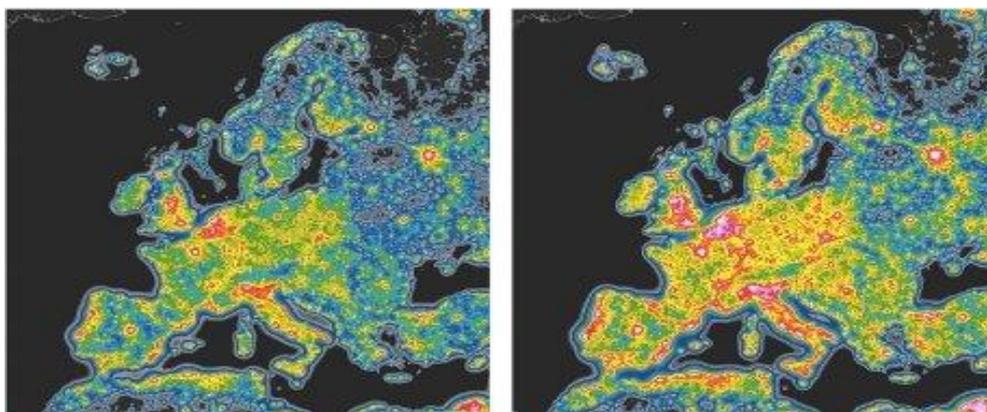
Milano (sinistra) ripresa dalla ISS nel 2012 dall'astronauta André Kuipers dalla ISS. Si nota una colorazione alquanto variegata dell'illuminazione stradale, indice di diversi tipi di lampade utilizzate. Crediti: NASA/ESA

L'astronauta italiana Samantha Cristoforetti è l'autrice dell'immagine a destra di Milano, scattata appena qualche mese fa dalla ISS. Il centro della città mostra ora una colorazione decisamente azzurrina, prodotta dalle luci LED che hanno rimpiazzato le lampade tradizionali. Crediti: NASA/ESA

Ma la presenza di colore blu nel LED, dipende dalla temperatura della lampadina utilizzata, che indica quanto di rosso, giallo o blu c'è all'interno della luce. Più la temperatura è alta, più la luce contiene blu, che è proprio il colore a cui il nostro occhio è più sensibile.

I led in commercio vanno da una temperatura di 2700 gradi Kelvin a una di 7000; in Italia la lampada più installata presenta una temperatura di 4000 gradi Kelvin, infatti, l'estate scorsa è stato pubblicato, sulla rivista *Science Advances*, l'atlante mondiale di inquinamento luminoso, e la nostra nazione si è classificata come il Paese sviluppato con il **territorio più inquinato al mondo**, mostrando che otto italiani su dieci non possono più vedere il cielo stellato incontaminato.

Il fisico italiano Fabio Falchi, uno dei maggiori esperti di inquinamento luminoso al mondo, ha guidato il gruppo di scienziati che ha lavorato all'atlante citato, ideando un sofisticato software per calcolare come si propaga la luce nell'atmosfera, egli afferma che l'inquinamento luminoso, in Italia, sia peggiorato, raddoppiandosi negli ultimi quindici anni; mentre il collega astronomo Riccardo Furgoni mostra inoltre come, se dovessimo sostituire ogni tipo di lampada con la tecnologia a LED, la situazione peggiorerebbe drasticamente, inquinandosi 2,5 volte in più dell'attuale condizione, come mostra l'immagine sottostante.



L'inquinamento luminoso negli Stati Uniti. I diversi colori esprimono il rapporto fra la luminosità del cielo notturno qual è oggi e quella del cielo notturno in assenza di luci artificiali: si va dal nero che indica assenza di inquinamento, al bianco che indica una luminosità oltre 51 volte superiore a quella naturale, passando nell'ordine dal blu al verde, al giallo al rosso(Cortesia F. Falchi et al.)

Lo stesso Falchi ha scritto personalmente al comune di Milano, affermando che “il Sindaco è responsabile della salute dei propri cittadini e che quindi deve proteggerli anche da questo tipo di inquinamento” continua ancora scrivendo che nel caso in cui egli decida di volersi assumere questa responsabilità di “procedere comunque con apparecchi a LED, oltre all’obbligatorietà del rispetto della L.R. 17/2000 e s.m.i., è assolutamente indispensabile che questi abbiano una temperatura di colore più bassa possibile”, lettera che purtroppo non ha mai ricevuto risposta.

Il silenzio è probabilmente giustificato dal fatto che i led a temperature più basse, 3000 o 2500 gradi Kelvin, consumano maggiormente comportando perciò maggiori costi, quindi non esistendo una legislazione che tenga conto della gradazione, ciò spinge le amministrazioni dei comuni ad adottare lampade con temperature più alte per poter risparmiare il più possibile.

La prima città che a fare dietrofront sui LED è stata Davis, in California, che due anni fa aveva iniziato ad installare migliaia di lampadine a 4000 gradi Kelvin, che avrebbero garantito un risparmio di 150.000 dollari l’anno. Pochi mesi dopo, di fronte alla collera dei cittadini, ha dovuto sospendere il processo, sborsando 350.000 dollari per ritornare ai vecchi impianti.

Allo stesso modo New York, che aveva iniziato lo stesso cambiamento di illuminazione, è dovuta tornare indietro sui suoi passi, a causa delle lamentele dei suoi cittadini, che dichiaravano fastidi di abbagliamento dovuti alle luci blu che dalle strade entravano addirittura fin dentro casa.

3.4 Migliorie dell'induzione

La tecnologia ad induzione si differenzia innanzitutto per la facilità di smaltimento, infatti i fosfori presenti nella lampada sono prodotti chimici non inquinanti e smaltibili con processi ormai consolidati, mentre l'amalgama di mercurio, presente in quantità comunque ridotte, è facilmente smaltibile e recuperabile, riducendo al minimo il rischio di inquinamento ambientale.

Possiamo ora spiegare per quale ragione la lampada a induzione sia considerata qualitativamente migliore.

Perché emittente di un flusso luminoso più diffuso, molto meno diretto di quello emesso dal LED, distribuito su una superficie più ampia, riesce a diffondere nello spazio circostante un'illuminazione in modo uniforme, evitando in questo modo l'abbagliamento.

Può essere perciò utilizzata ad altezze più basse, quindi relativamente più vicine all'occhio umano, senza provocare disturbi alla vista.

Caratteristica fondamentale, per gli argomenti trattati, è invece l'ampiezza dello spettro luminoso dell'induzione, più elevata rispetto alla sua *concorrente*.

Andando a coprire tutte le lunghezze d'onda riesce a produrre una resa cromatica più elevata rispetto al LED che, invece, come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, è caratterizzata dalla presenza maggiore di lunghezze d'onda brevi, ossia di luce blu, colpevoli dei maggiori danni elencati.

Conclusioni

In conclusione si è mostrato come la preferenza verso la lampada a LED, per le imprese produttrici, sia dettata dalla domanda di mercato, troppo elevata per non investire in questo settore e quindi dai minori costi di produzione necessari. Mentre dal lato del consumatore, la scelta è spinta nell'*ignoranza* della presenza di altre tecnologie non solo qualitativamente migliori ma soprattutto non colpevoli di danni, così presenti oggi da non poter più essere trascurati.

Con questo non si vuole proporre la lampada a induzione, come soluzione ad ogni problema, data la presenza di evidenti limiti per il suo utilizzo, piuttosto si vuole incentivare alla ricerca e allo sviluppo in questa tecnologia, per renderla effettivamente una degna sostituta della lampada a LED, non solo limitatamente ad alcuni campi, come lo è già, ma come la nuova fonte di luce *sana* del futuro.

Appendice

Current situation

- a. Approximately what is the percentage of production dedicated to the LED lamp compared to the induction lamp?

%

- b. On a scale of 1 to 5 – 1 being much lower, 5 being much higher – how are production costs for LED lamps compared to those for Induction lamps?
- 1 – Much lower
 - 2 – Lower
 - 3 – Equal
 - 4 – Higher
 - 5 – Much higher
- c. On a scale of 1 to 5 – 1 being much lower, 5 being much higher – how are market demand for LED lamps compared to those for Induction lamps?
- 1 – Much lower
 - 2 – Lower
 - 3 – Equal
 - 4 – Higher
 - 5 – Much higher
- d. On a scale of 1 to 5 – 1 being much lower, 5 being much higher – how are revenues for LED lamps compared to those for Induction lamps?
- 1 – Much lower
 - 2 – Lower
 - 3 – Equal
 - 4 – Higher
 - 5 – Much higher

e. On a scale of 1 to 5 – 1 being much lower, 5 being much higher – how are production times for LED lamps compared to those for Induction lamps?

- 1 – Much lower
- 2 – Lower
- 3 – Equal
- 4 – Higher
- 5 – Much higher

f. Can the LED lamp be replaced by induction lamp in any use?

- Yes
- No

g. Indicate the percentage of induction lamp sales corresponding to each continent

_____ % - Asia
_____ % - America
_____ % - Europe
_____ % - Africa
_____ % - Australia

h. Indicate for each continent one or more countries where the largest sales are recorded

Asia: _____
America: _____
Europe: _____
Africa: _____
Australia: _____

i. According to your opinion, why is the demand for induction lamps larger in these countries than in other countries?

- j. Which of the two types of lamps do you find qualitatively better? (with reference to parameters such as visual comfort, average life, glare, usage temperature, etcetera...)
- Induction lamp
 - LED lamp
- k. Are you aware of the presence of issues related to the use of LEDs ? (with reference to consumer health, disposal issues, etcetera...)

Expectations

- l. In the next 5 years, does your company intend to invest in induction lamps?
- Yes
 - No
- m. If no, for what reason?
- n. If yes, which of these figures is approaching to what you would use in the investment?
- Maximum 500k dollars
 - 500k – 1 million dollars
 - Minimum 1 million dollars
- o. What field would you like to invest in?
- Research and Development
 - Production
 - Intermediation
- p. If the choice is to invest in R&D, what are the reasons and the goals you want to achieve?

Bibliografia

Varian H.R., 2011. *Microeconomia*, Cafoscarina.

Varian H.R., 2003. *Analisi Microeconomica*, Cafoscarina.

Fontana F., 2013. *Economia e Gestione delle Imprese*, McGraw-Hill.

Tesla, N., 1929. Mr. Tesla Speaks Out. *New York World*, p. 10.

Iacona, R. 2017. Attenzione in Italia ogni cosa è (male) illuminata. *Espresso*.

Falchi F., Cinzano P., Elvidge CD, Keith DM, Haim A., 2011. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility, *Journal of environmental management* 92(10), 2714-2722

Falchi F., 2016. L'inquinamento luminoso cancella la notte, *Le Scienze*.

Jaadane I., Boulenguez P., Chahory S., Carré S., Savoldelli M., Jonet L., Behar-Cohen F., Martinsons C., Torriglia A., 2015, Retinal damage induced by commercial light emitting diodes (LEDs), *Elsevier*, 84, 373-384

Lyons L., 2011. LED-based products must meet photobiological safety standards: part 1, *LEDs magazine*

Legge Regionale n.27/2000

ANSES Scientific and Technical Support, 2016. Anses Opinion request No 2015-SA-0093

IEC 62471:2006

Rai. (2017, Gennaio 9) *Luce Sprecata*. Retrieved from <http://www.raiplay.it/video/2017/01/Luce-sprecata-21500651-ca8f-4922-8e55-9285ccda6f1e.html>

Krigel A., Berdugo M., Picard E., Levy-Boukris R., Jaadane I., Jonet L., Dernigoghossian M., Andrieu-Soler C., Torriglia A., Behar-Cohen F., 2016, Light-induced retinal damage using different light resources, protocols and rat strains reveals LED phototoxicity. *Neuroscience*. 239, 296-307