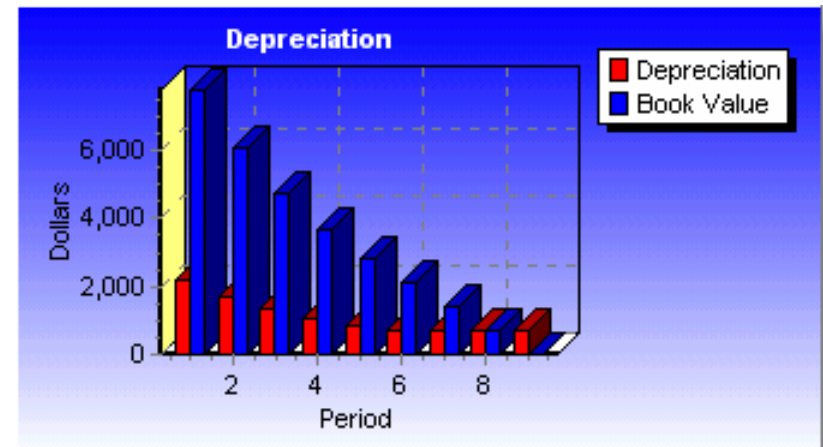
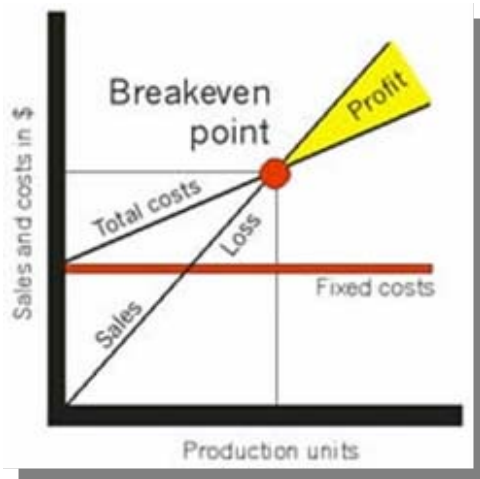


# Analisi dei Costi



# Capitale

Risulta evidente il fatto che per la realizzazione di un impianto chimico/industriale sia necessario disporre di un opportuno capitale.

Tale capitale può essere stanziato da parte della proprietà che decide di costruire l'impianto o preso in prestito da banche o raccolto da una cordata di investitori.

Le singole voci relative al capitale necessario per costruire l'impianto ed avviarlo sono:

**FCI**: Fixed Capital Investment

**WC**: Working Capital

---

**TCI** = **FCI** + **WC**: Total Capital Investment



# Fixed Capital Investment

L'investimento fisso di capitale, **FCI**, può essere ulteriormente suddiviso in:

**MFCI**: Manufacturing Fixed Capital Investment (direct cost)

**NMFCI**: Non-Manufacturing Fixed Capital Investment (indirect cost)

Vale la relazione:

$$\mathbf{FCI = MFCI + NMFCI}$$

Il **FCI** rappresenta il capitale necessario per l'acquisto e l'installazione delle apparecchiature e dei componenti necessari per rendere operativo l'impianto.

**MFCI**: preparazione del sito, apparecchiature, strumentazione, piping, isolamento, fondazioni, ...

**NMFCI**: terreno, uffici, laboratori, spogliatoi, mensa, bar, costruzioni ausiliarie, zone di carico e scarico, deposito rifiuti, ...



# Working Capital

Il *working capital*, **WC**, rappresenta l'ammontare investito in:

- Materie prime;
- Semilavorati;
- Lavorati;
- Fatture emesse e non ancora saldate;
- Fatture da pagare;
- Cassa a disposizione per l'acquisto di materie prime, servizi, pagamento salari, pagamento bollette, interessi, ... ;
- Tasse.

In genere le materie prime vengono stoccate in quantitativo sufficiente a soddisfare l'attività produttiva per almeno un mese.

Nel caso di prodotti finali aventi smercio stagionale, il deposito materie prime ed il magazzino prodotti lavorati debbono stoccare quantitativi sufficienti ad assicurare la produzione per periodi di più ampia durata (alcuni mesi).



# Indici di Costo

L'indice di costo, **cost index**, è un numero che indica il valore di un'apparecchiatura o di un impianto in un determinato istante temporale rispetto a quello della stessa apparecchiatura o impianto in un istante temporale adottato come riferimento.

$$\text{Costo attuale} = \text{Costo originale} \left( \frac{\text{indice di costo attuale}}{\text{indice di costo originale}} \right)$$

Gli indici di costo permettono di effettuare una **stima** del costo attuale di una apparecchiatura qualora si conosca il costo della stessa riferito ad un periodo passato.

In genere si consiglia di non utilizzare gli indici di costo allorché il periodo temporale intercorrente sia maggiore di 10 anni.

L'indice di costo può inoltre essere utilizzato per **estrapolare** il valore attuale di un'apparecchiatura o di un intero impianto in un futuro vicino (ad esempio relativo all'esatto istante di acquisto dell'apparecchiatura rispetto al momento della progettazione).



# Indici di Costo

Gli indici di costo più noti ed utilizzati nel campo dell'industria di processo sono:

**Marshall & Swift (M&S):** *All industries e Process Industry* (base 100 nel 1926)

**Nelson-Farrar:** *Refinery construction index* (base 100 nel 1946)

**Chemical Engineering (CEPCI):** *Plant cost index* (base 100 nel 1959)

**Vatavuk (VAPCCI):** *Air pollution Control* (base 100 nel 1994)

Year	Marshall and Swift Equipment Cost Index		Nelson-Farrar	Chemical Engineering
	All Industries	Process Industry		
1995	1027.5	1029.0	1392.1	381.1
1996	1039.2	1048.5	1418.9	381.7
1997	1056.8	1063.7	1449.2	386.5
1998	1061.9	1077.1	1477.6	389.5
1999	1068.3	1081.9	1497.2	390.6
2000	1089.0	1097.7	1542.7	394.1
2001	1093.9	1106.9	1579.7	394.3
2002	1104.2	1116.9	1599.2	395.6
2003	1123.6			402.0

Plant Design and Economics for Chemical Engineers, M. S. Peters, K. D. Timmerhaus, R. E. West, Mc Graw Hill, 2003



# Investimento di Capitale

L'investimento di capitale comprende il denaro necessario per acquistare, installare e far funzionare un impianto.

In genere, per avere un ordine di grandezza, dell'ammontare complessivo richiesto per poter costruire ed avviare un impianto ci si basa sulla seguente tabella che esprime i costi come **percentuale del FCI**:

Component	Range of FCI, %
<b>Direct costs</b>	
Purchased equipment	15-40
Purchased equipment installation	6-14
Instrumentation and controls (installed)	2-12
Piping (installed)	4-17
Electrical systems (installed)	2-10
Buildings (including services)	2-18
Yard improvements	2-5
Service facilities (installed)	8-30
Land	1-2
<b>Indirect costs</b>	
Engineering and supervision	4-20
Construction expenses	4-17
Legal expenses	1-3
Contractor's fee	2-6
Contingency	5-15



# Investimento di Capitale

Segue un esempio in cui si ipotizza che il costo di acquisto delle sole apparecchiature sia pari ad **1 milione di euro**. Dopo avere selezionato una percentuale del FCI per ogni voce si normalizzano tali valori ottenendo:

Components	Selected % of FCI	Normalized % of FCI	Estimated cost
Purchased equipment	25	22.9%	1,000,000
Purchased equipment installation	9	8.3%	360,000
Instrumentation and controls (installed)	10	9.2%	400,000
Piping (installed)	8	7.3%	320,000
Electrical systems (installed)	5	4.6%	200,000
Buildings (including services)	5	4.6%	200,000
Yard improvements	2	1.8%	80,000
Service facilities (installed)	15	13.8%	600,000
Engineering and supervision	8	7.3%	320,000
Construction expenses	10	9.2%	400,000
Legal expenses	2	1.8%	80,000
Contractor's fee	2	1.8%	80,000
Contingency	8	7.3%	320,000
	<b>109</b>	<b>100.0%</b>	<b>4,360,000</b>

Occorre sottolineare che **l'incertezza nella presente valutazione è di  $\pm 30\%$** .





# Costo di acquisto di un'apparecchiatura

Per determinare il costo di un'apparecchiatura avente una certa potenzialità  $S_a$ , conoscendo il costo di acquisto di una apparecchiatura analoga avente potenzialità  $S_b$  in mancanza di altre informazioni è possibile utilizzare la regola del coefficiente di potenza pari a 0.6:

$$\text{Costo apparecchiatura a} = \text{Costo apparecchiatura b} \left( \frac{S_a}{S_b} \right)^{0.6}$$

Spesso come valore della **potenzialità**  $P_i$  si fa riferimento alla **capacità** dell'apparecchiatura stessa.

L'equazione summenzionata diagrammata in coordinate bilogaritmiche è una retta avente coefficiente angolare 0.6.

# Costo di acquisto di un'apparecchiatura

È possibile sostituire al coefficiente generico 0.6, come fattore di potenza, un valore specifico,  $\alpha$ , relativo alla singola apparecchiatura:

Apparecchiatura	Dimensioni	Esponente $\alpha$
Soffiante centrifuga	0.5-4.7 m <sup>3</sup> /s	0.59
Cristallizzatore batch sotto vuoto	15-200 m <sup>3</sup>	0.37
Compressore, singolo stadio	0.05-0.5 m <sup>3</sup> /s	0.79
Essiccatore sotto vuoto	1-10 m <sup>2</sup>	0.76
Essiccatore atmosferico	1-10 m <sup>2</sup>	0.40
Ventilatore centrifugo	0.5-5 m <sup>3</sup> /s	0.44
Ventilatore centrifugo	10-35 m <sup>3</sup> /s	1.17
Scambiatore di calore shell & tube testa flottante	10-40 m <sup>2</sup>	0.60
Scambiatore di calore shell & tube testa fissa	10-40 m <sup>2</sup>	0.44
Ribollitore kettle con camicia	1-3 m <sup>3</sup>	0.27
Motore a sicurezza intrinseca	4-15 kW	0.69
Motore a sicurezza intrinseca	15-150 kW	0.99
Reattore acciaio inossidabile	0.4-4 m <sup>3</sup>	0.56
Serbatoio a testa piana acciaio al carbonio	0.4-40 m <sup>3</sup>	0.57
Colonna di distillazione acciaio al carbonio	500-1.E6 kg	0.62
Piatto a campanelle	1-3 m	1.20
Piatto forato acciaio al carbonio	1-3 m	0.86



# Costo di acquisto di un'apparecchiatura

Introducendo il fattore dimensione ed il fattore temporale è possibile determinare il costo attuale di una certa apparecchiatura rispetto a quello di un'altra di cui si conosca la data di quotazione/acquisto:

$$\text{Costo apparecchiatura a} = \text{Costo apparecchiatura b} \left( \frac{S_a}{S_b} \right)^\alpha \frac{C.I._a}{C.I._b}$$

In certe situazioni è anche possibile adattare la valutazione economica introducendo opportuni fattori correttivi per la **pressione di esercizio** ed il **materiale di costruzione**:

$$\text{Costo apparecchiatura a} = \text{Costo apparecchiatura b} \left( \frac{S_a}{S_b} \right)^\alpha \frac{C.I._a}{C.I._b} \left( \frac{P_a}{P_b} \right)^\beta \left( \frac{M_a}{M_b} \right)^\gamma$$

# Costo di installazione di un'apparecchiatura

Nel costo di installazione di un'apparecchiatura sono conteggiati: manodopera, fondamenta, supporti, piattaforma, erezione.

Nella seguente tabella sono riportati i **costi di installazione** come percentuale dei **costi di acquisto** delle varie tipologie di apparecchiature:

Apparecchiatura	Costo di installazione %
Separatori centrifughi	20-60
Compressori	30-60
Essiccatori	25-60
Evaporatori	25-90
Filtri	65-80
Scambiatori di calore	30-60
Cristallizzatori	30-60
Serbatoi metallici	30-60
Miscelatori	20-40
Pompe	25-60
Colonne di distillazione	60-90
Cristallizzatori sotto vuoto	40-70

# Spedizione di un'apparecchiatura

Il costo di acquisto di una apparecchiatura è spesso quotato come **f.o.b.** ovvero **free on board**. Ciò sta a significare che l'apparecchiatura, se inviata via mare, viene trasportata dal costruttore fino al molo e quindi è caricata sulla nave. Da lì in poi è compito dell'acquirente trasportarla sino al sito produttivo.

In fase progettuale per poter stimare il costo di spedizione di un'apparecchiatura in via preventiva si può considerare il 10% del costo della stessa.

Altri termini legati all'acquisto e spedizione sono:

**c.i.f.:** Cost Insurance Freight (ovvero: costo apparecchiatura + assicurazione + spedizione)

**f.a.s.:** Free Along Side (nel trasporto marittimo, il costruttore non ha altri doveri una volta scaricata l'apparecchiatura sulla banchina del molo)

**f.o.t.:** Free On Truck (nel trasporto terrestre, il costruttore non ha altri doveri una volta caricata l'apparecchiatura sul camion)



# Strumentazione e controllo

Con il termine strumentazione e controllo si comprende il costo della strumentazione, l'installazione, la manodopera, il sistema di controllo (spesso DCS), eventuale software specifico di controllo avanzato, ottimizzazione, supervisione, addestramento operatori (OTS), ...

Il costo della strumentazione e controllo varia nell'intervallo **8-50% del TDEC** (Total Delivered Equipment Cost). Spesso per gli impianti chimici un valore del 26% rappresenta una stima iniziale adeguata.



# Piping

Il costo del piping comprende: tubazioni, valvole, riempimenti, isolamento, supporti, manodopera, silenzianti.

Linee: vapore, acqua, aria, fogna, ...

In genere si può arrivare al **80% del TDEC** (Total Delivered Equipment Cost) o equivalentemente al **20% del FCI** (Fixed Capital Investment).



# Sistemi elettrici

I sistemi elettrici si dividono principalmente in:

- 1) Linee di potenza
- 2) Illuminazione
- 3) Sistemi di trasformazione e di servizio
- 4) Linee strumentazione e controllo

In genere si può arrivare al **15-30% del TDEC** (Total Delivered Equipment Cost) o equivalentemente al **4-8% del FCI** (Fixed Capital Investment).





# Edifici

Il costo della voce “edifici” comprende: zona stoccaggio materie prime e prodotti, progettazione + costruzione + manodopera, opere idrauliche, riscaldamento, condizionamento, illuminazione, servizi ausiliari.

In genere si può arrivare al **40-60% del TDEC** (Total Delivered Equipment Cost) o equivalentemente al **10-18% del FCI** (Fixed Capital Investment) per un impianto nuovo eretto presso un sito produttivo nuovo.



# Preparazione e adattamento del terreno

Il costo comprende: recinzione, livellamento del terreno, strade, collegamenti, predisposizione per carico e scarico treni merci, riduzione impatto ambientale.

In genere si può arrivare al **10-20% del TDEC** (Total Delivered Equipment Cost) o equivalentemente al **2-5% del FCI** (Fixed Capital Investment).



# Apparecchiature di servizio

Con il termine “apparecchiature di servizio” si intende la fornitura di: vapore, acqua, energia elettrica, aria compressa, combustibile. Stoccaggio e smaltimento rifiuti, sistemi antincendio, negozi, bar, sala mensa, sala ricreazione.

In genere si può arrivare al **30-80% del TDEC** (Total Delivered Equipment Cost) o equivalentemente al **8-20% del FCI** (Fixed Capital Investment).



# Sicurezza, salute ed ambiente

L'importanza della voce "sicurezza, salute ed ambiente" è sempre più importante.

Uno dei termini economici più importanti è quello relativo alla riduzione degli inquinanti.

I costi connessi con tali voci sono spesso rilevanti.

Al contempo non esistono linee guida volte a quantificare la voce sicurezza, salute ed ambiente e a relazionare tali termini a: TDEC e FCI.



# Terreno

Il costo del terreno, dei prospetti geologici e delle tasse di proprietà ad esso connesso dipendono in modo rilevante dall'area considerata.

Talvolta è lo stesso governo ad agevolare l'erezione di impianti industriali in specifiche aree del territorio.

Una stima assolutamente grossolana di tale voce indica circa il **4-8% del TDEC** (Total Delivered Equipment Cost) o equivalentemente **1-2% del FCI** (Fixed Capital Investment).



# Ingegneria e supervisione

Il costo dell'ingegneria comprende la progettazione di base e di dettaglio, utilizzo di software interno o licenziato da terze parti, disegni al CAD, acquisti, contabilità, analisi dei costi, viaggi, comunicazioni, ...

Una stima del costo di tale voce indica circa il **30% del TDEC** (Total Delivered Equipment Cost) o equivalentemente **8% del FCI** (Fixed Capital Investment).



# Spese legali

Le spese legali sono in larga parte connesse all'acquisto del terreno e delle apparecchiature, nonché ai contratti di costruzione. Altre voci significative sono legate alla gestione degli affari con gli enti pubblici del governo, della sicurezza e dell'ambiente.

Una stima delle spese legali assomma a circa **1-3% del FCI** (Fixed Capital Investment).



# Spese per la costruzione dell'impianto

Queste spese fanno riferimento ai costi da sostenere nel corso dell'erezione dell'impianto fino al suo avvio.

Comprendono anche quelle opere temporanee però necessarie per la realizzazione dell'impianto: acquisto o noleggio degli strumenti necessari per gli scavi e la costruzione, alloggio operai, *travel and living*, tasse, assicurazioni, ...

Una stima delle spese per la costruzione dell'impianto assomma a circa **8-10% del FCI** (Fixed Capital Investment).





# Competenze della società di ingegneria

Sotto la voce “**contractor’s fee**” viene compresa la retribuzione spettante alla società di ingegneria responsabile del progetto dell’impianto.

Una stima del costo di tale voce indica circa il **2-8% del TDEC** (Total Delivered Equipment Cost) o equivalentemente **1.5-6% del FCI** (Fixed Capital Investment).



# Eventualità

Sotto la voce “**contingencies**” vengono incluse le eventualità e comunque tutti quegli aspetti non perfettamente determinati o noti che non permettono di individuare a priori le effettive spese cui si andrà incontro.

Occorre tenere inoltre conto anche di eventi non prevedibili quali: inondazioni, tempeste, uragani, slavine, frane, terremoti, fulmini, improvvisi cambiamenti dei prezzi, piccole modifiche alle specifiche progettuali, errori nelle stime effettuate.

Una stima del costo di tale voce indica circa il **5-15% del FCI** (Fixed Capital Investment).



# 1. Stima dell'investimento di capitale

Come indicato nell'esempio di pag. 8, uno dei metodi per ottenere una stima dell'investimento di capitale richiesto per la realizzazione di un nuovo impianto industriale è quello di ricondurre le singole voci di spesa, elencate in precedenza, ad una percentuale del TDEC (Total Delivered Equipment Cost).

In questo modo il TCI viene ottenuto sommando le singole percentuali relative alle voci riportate nelle pagine precedenti:

$$TCI = TDEC \left( 1 + \sum_{i=1}^{N.ITEM} f_i \right)$$

## 2. Stima delle entrate

In generale le entrate (**revenues**) vengono stimate su base annua.

Occorre conoscere i quantitativi di prodotti realizzati in un anno ed il costo unitario di ogni singolo prodotto (principale o secondario).

$$\text{Entrate annue [€y]} = \sum_{i=1}^{NP} (\text{quantità prodotto venduto, kg/y})_i (\text{prezzo di vendita, €kg})_i$$

Si rammenta che su un totale teorico di 8760 h/y, un impianto in genere opera per il 90% di tale potenzialità (circa 8000 h/y).

# 3. Stima del costo totale del prodotto

Il terzo termine di un'analisi economica è il totale di tutti i costi relativi al funzionamento dell'impianto, vendita prodotti, recupero dell'investimento di capitale, amministrazione, gestione, ricerca e sviluppo. Tali voci formano il termine: **costo totale del prodotto**.

Due sono le componenti di tale termine: i **costi di produzione** e le **spese generali**.



# 3. Stima del costo totale del prodotto

Raw materials  
Operating labor  
Operating supervision  
Utilities  
  Electricity  
  Fuel  
  Refrigeration  
  Steam  
  Waste treatment and disposal  
  Water, process  
  Water, cooling  
Maintenance and repairs  
Operating supplies  
Laboratory charges  
Royalties (if not on lump-sum basis)  
Catalysts and solvents

**Subtotal A:** Variable  
production costs

Depreciation  
Taxes (property)  
Financing (interest)  
Insurance  
Rent

**Subtotal B:** Fixed charges

Medical  
Safety and protection  
General plant overhead  
Payroll overhead  
Packaging  
Restaurant  
Recreation

Salvage  
Control laboratories  
Plant superintendance  
Storage facilities

**Subtotal C:** Plant overhead costs

**Manufacturing costs:**  
**A + B + C**

Executive salaries  
Clerical wages  
Engineering  
Legal costs  
Office maintenance  
Communications

**Subtotal D:** Administrative  
expenses

Sales offices  
Sales personnel expenses  
Shipping  
Advertising  
Technical sales service

**Subtotal E:** Distribution and  
marketing expenses

Research & Development

**Subtotal F**

**General expenses:**  
**D + E + F**

**TOTAL PRODUCT COST:**  
**A + B + C + D + E + F**



# Cenni sul concetto di deprezzamento

Con il termine **depreciation** si intende alternativamente il concetto legato alla diminuzione di valore di una apparecchiatura (**deprezzamento**) e il concetto di **ammortamento** della stessa.

Le apparecchiature, gli edifici ed altri macchinari richiedono un investimento iniziale per il loro acquisto. Tale investimento deve essere restituito/ripagato e ciò viene fatto considerando il deprezzamento come una spesa di produzione.

Al contempo la percentuale di ammortamento di un'apparecchiatura è molto importante per la determinazione della tassa sulle entrate. Ogni apparecchiatura ha, infatti, un tempo specifico di ammortamento. La percentuale di ammortamento segue delle regole dettate dalla nazione in cui opera l'impianto. L'ipotesi più semplice è quella di assegnare una percentuale fissa pari al reciproco della durata dell'ammortamento. Più in generale si adottano percentuali di ammortamento differenti di anno in anno.



# Cenni sul concetto di deprezzamento

Spesso la percentuale di ammortamento è maggiore nei primi anni e quindi decresce negli anni seguenti. Evidentemente la somma delle singole percentuali di ammortamento annue deve essere pari all'unità (100%) quando sommate sul periodo totale di ammortamento.

Il poter adottare una percentuale di ammortamento maggiore nei primi anni di esercizio aiuta il gestore ad abbassare l'imponibile relativo alla tassa sulle entrate. In questo modo si agevola l'esercizio dei primi anni operativi che hanno visto da parte del gestore il maggiore esborso per la costruzione ed avvio dell'impianto.





# Profitto lordo, profitto netto e flusso di cassa

Il **profitto lordo**,  $g_j$ , per l'anno  $j$  è pari ai ricavi dalla vendita dei prodotti,  $s_j$ , meno il costo totale di produzione,  $c_j$ :

$$g_j = s_j - c_j$$

Se si considera anche il deprezzamento,  $d_j$ , il **profitto lordo** diviene:

$$G_j = s_j - c_j - d_j$$

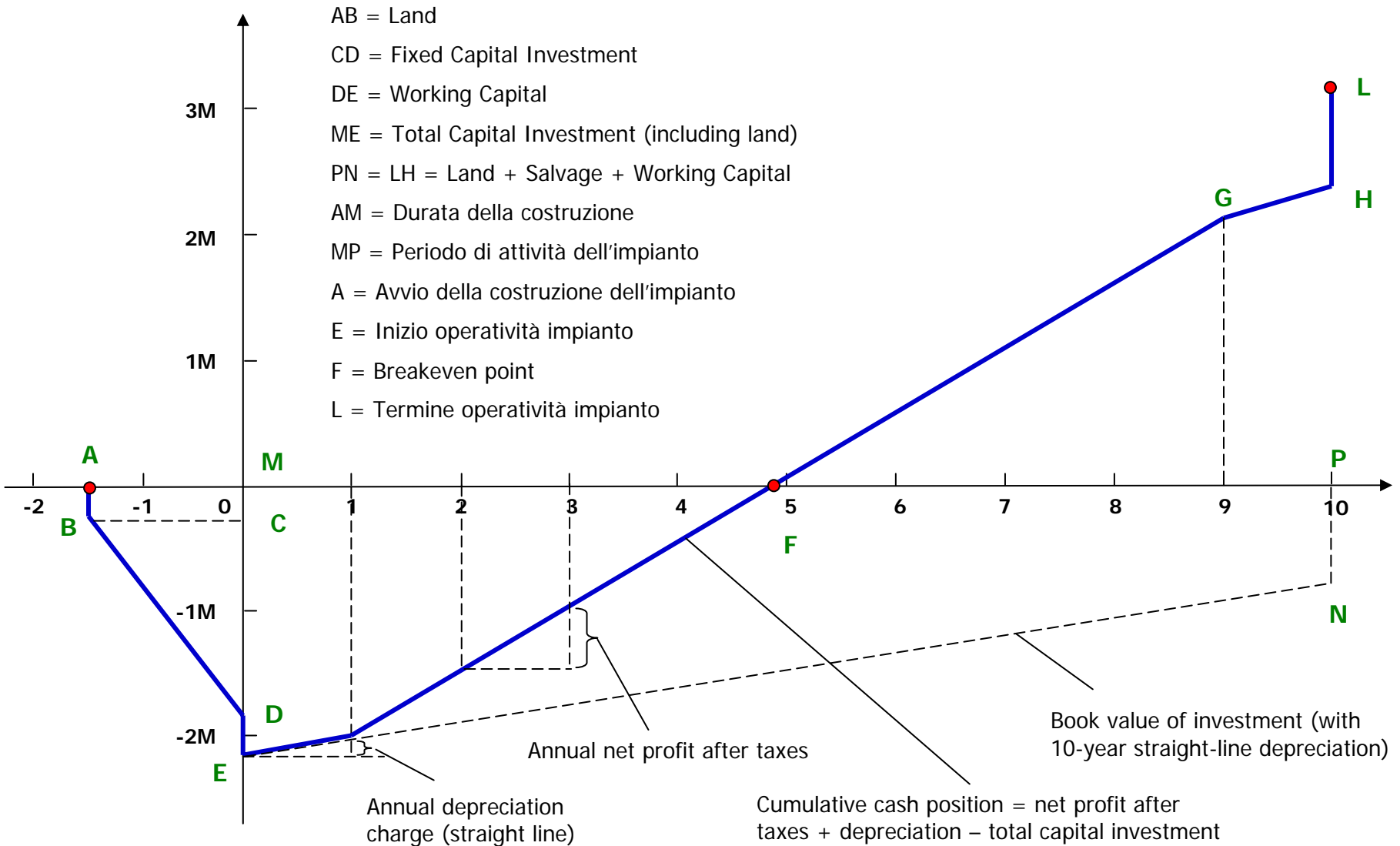
Il **profitto netto**,  $N_{pj}$ , è pari a quello lordo dopo che è stata effettuata la tassazione sulle entrate in ragione di una percentuale  $\Phi$ :

$$N_{pj} = G_j (1 - \Phi)$$

Il **flusso di cassa**,  $A_j$ , risultante dall'esercizio dell'impianto è pari a:

$$A_j = N_{pj} + d_j$$

# Flusso di cassa cumulativo



# Punto di pareggio per un impianto chimico

