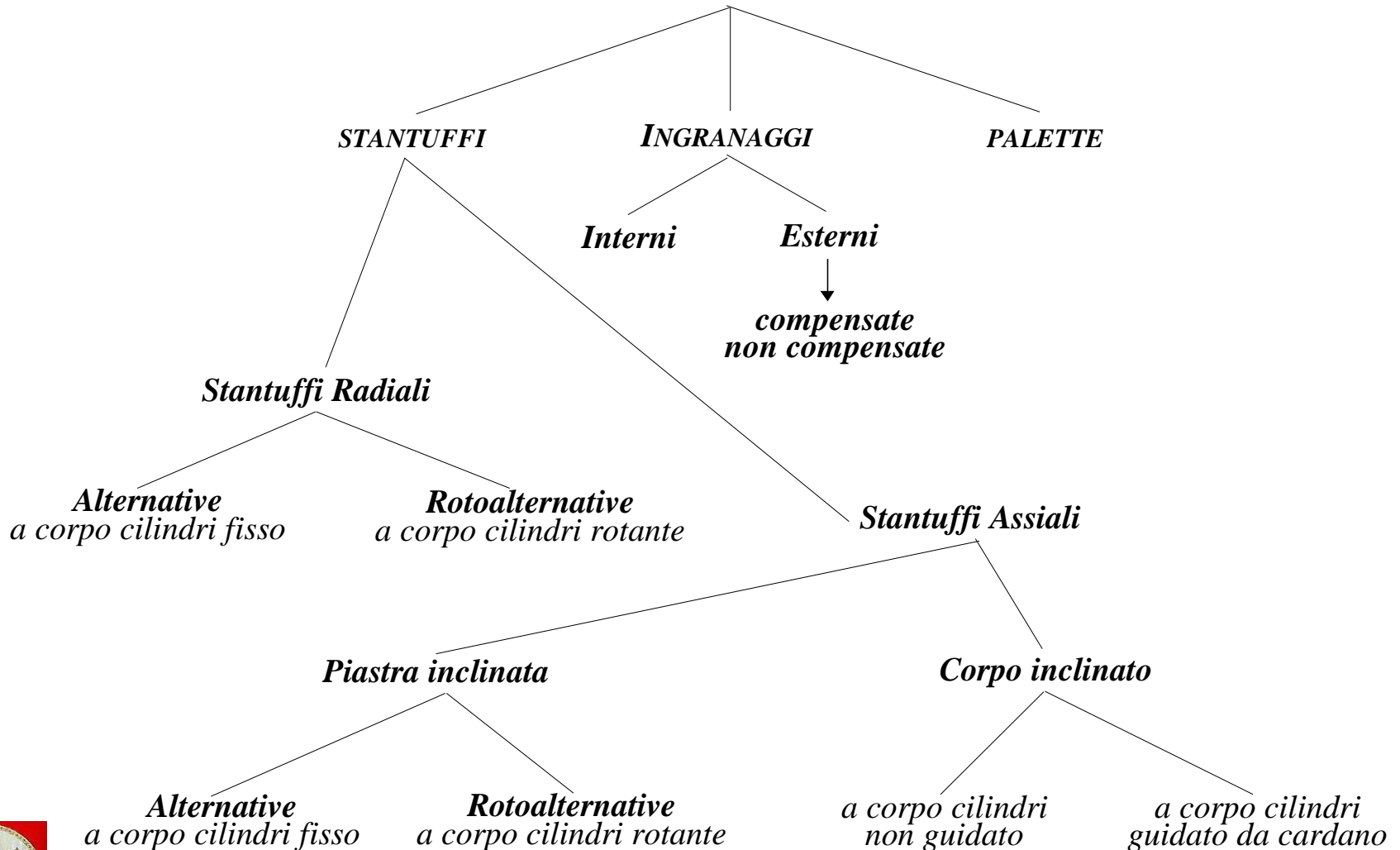
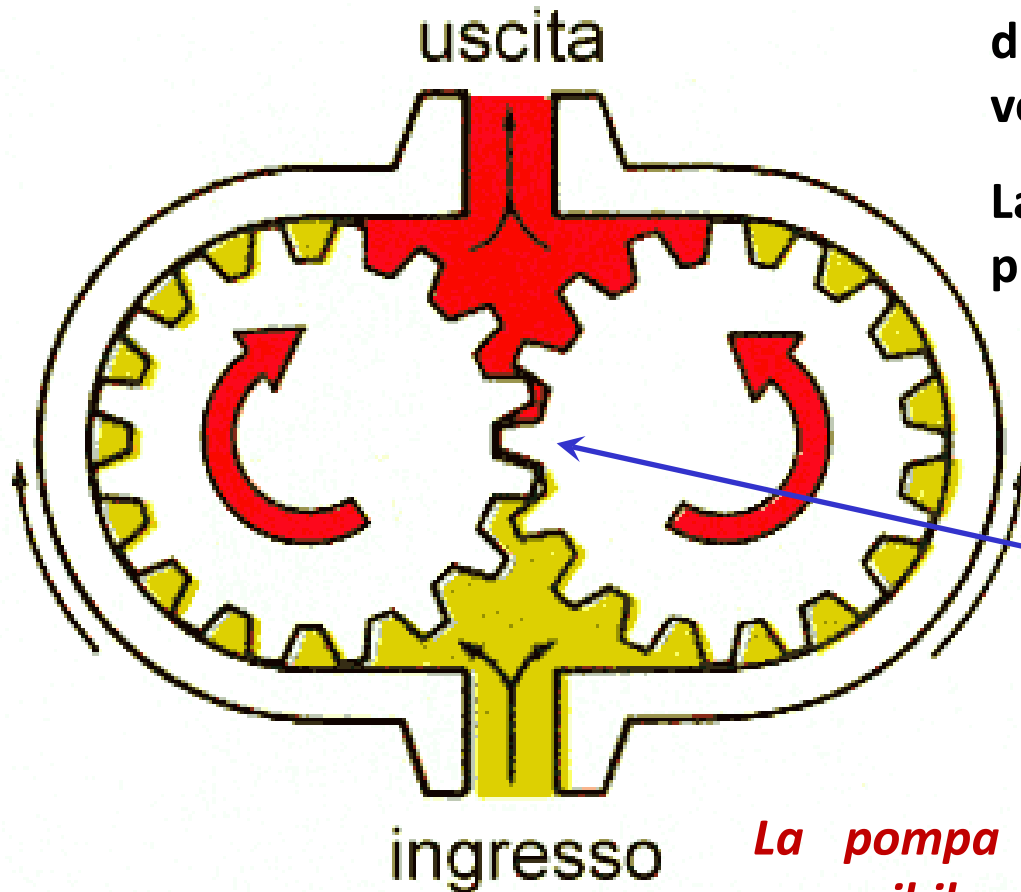


## Macchine Idrauliche Volumetriche

### CLASSIFICAZIONE DELLE POMPE OLEODINAMICHE



## Pompa ad Ingranaggi



La portata è determinata dalle dimensioni degli ingranaggi e dalla velocità di rotazione.

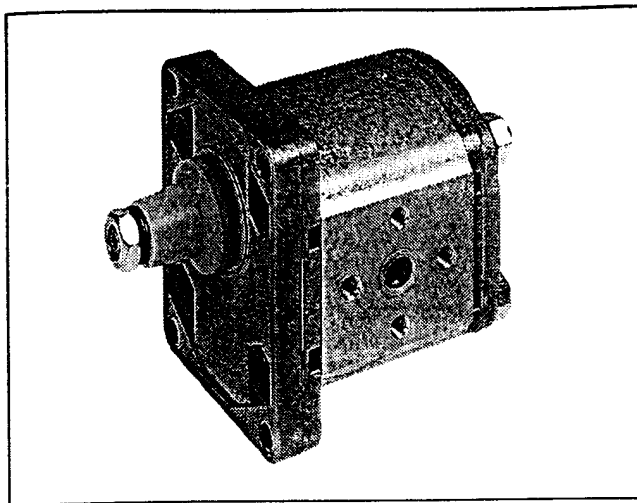
La portata volumetrica della pompa è pulsante rispetto ad un valore medio

Trafilamento di liquido dalla mandata all'aspirazione nella regione di ingranamento dei denti

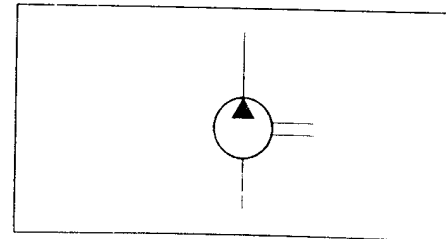
*La pompa ad ingranaggi è una macchina reversibile perché invertendo il senso di rotazione si inverte anche la direzione del flusso*



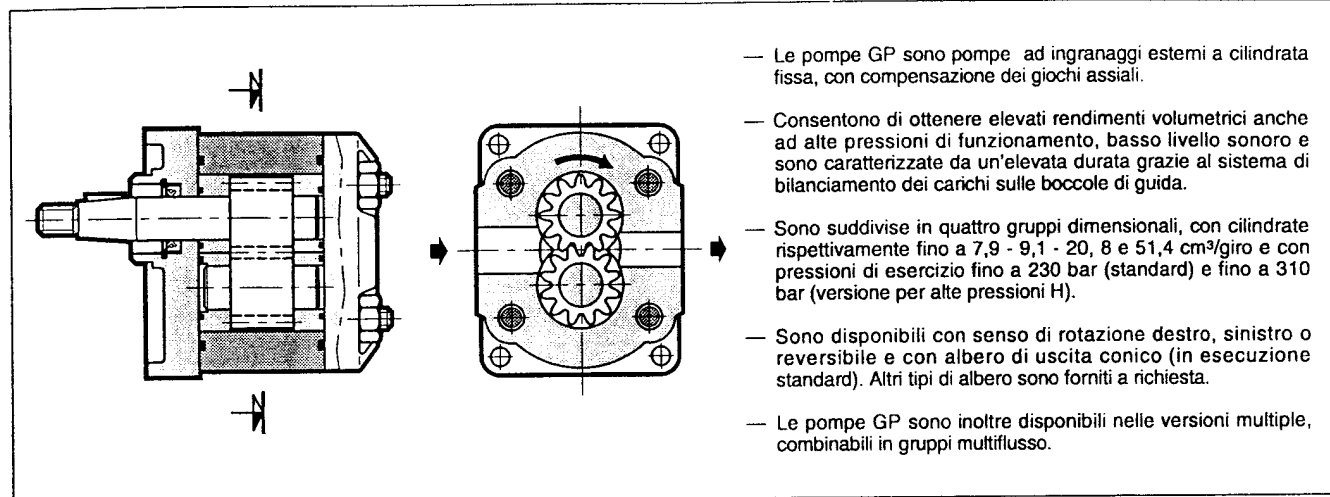
## Pompa ad Ingranaggi – scheda costruttore



SIMBOLO IDRAULICO



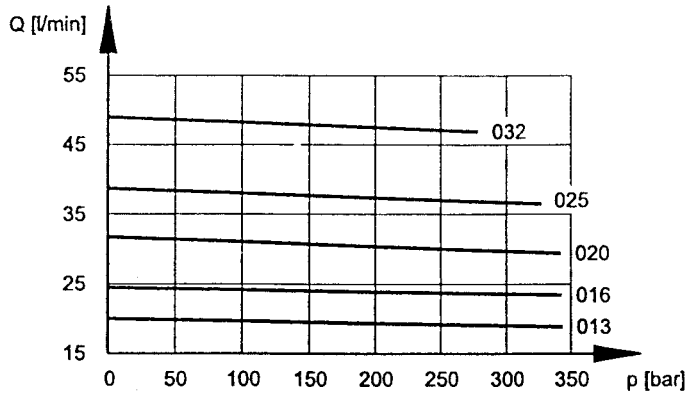
### PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO



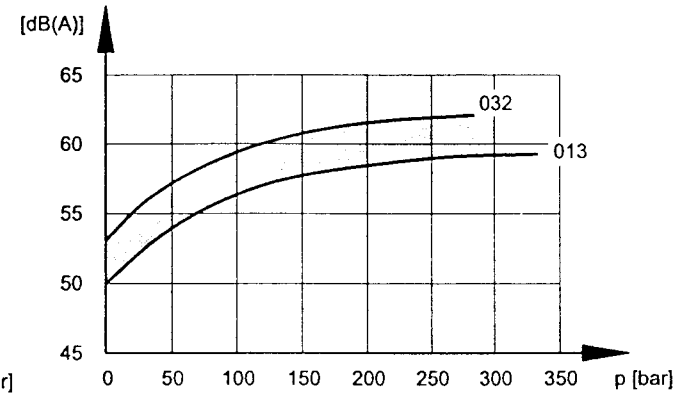
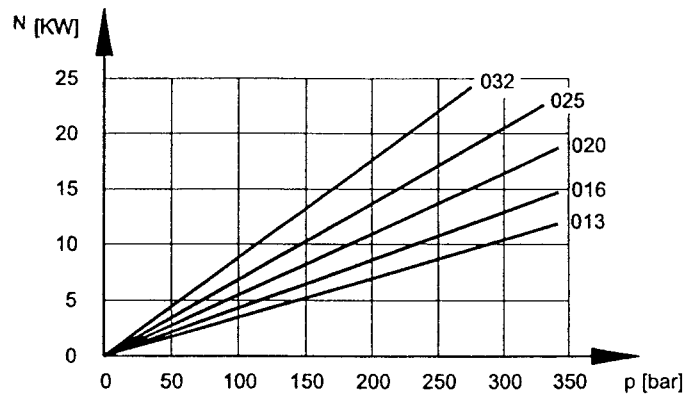
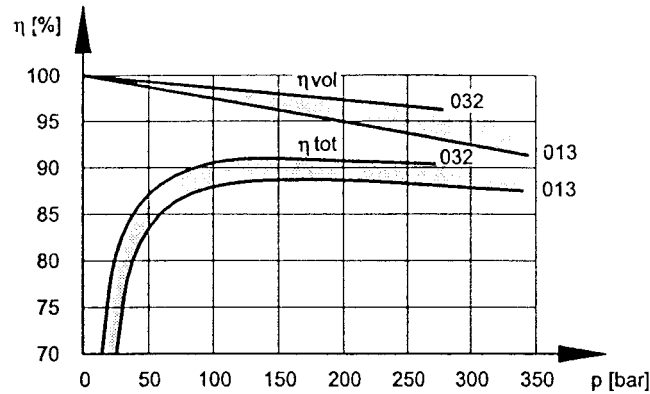
## Curve Caratteristiche Pompa a Ingranaggi

I dati indicati nei diagrammi sono rilevati con velocità di rotazione pompa = 1500 giri/min.

### CURVE PORTATA/PRESSIONE



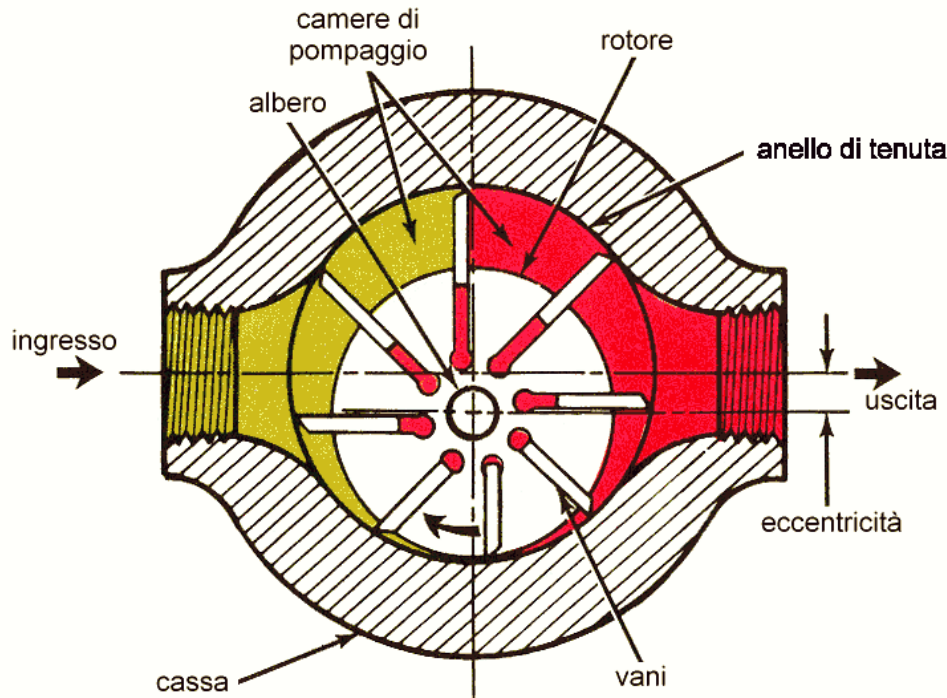
### RENDIMENTO VOLUMETRICO E TOTALE



## Pompa a Palette

Il rotore è montato eccentricamente rispetto alla cassa.

Le palette si muovono nelle scanalature radiali presenti sul rotore

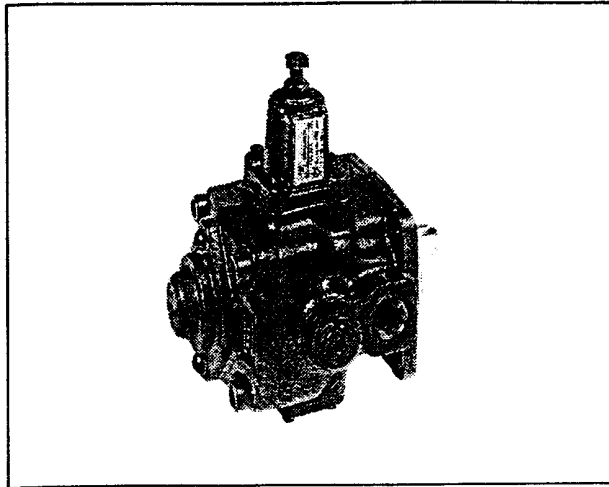


Per effetto dell'eccentricità il liquido contenuto nella camera di pompaggio viene trasferito dall'aspirazione alla mandata senza subire alcuna variazione di volume

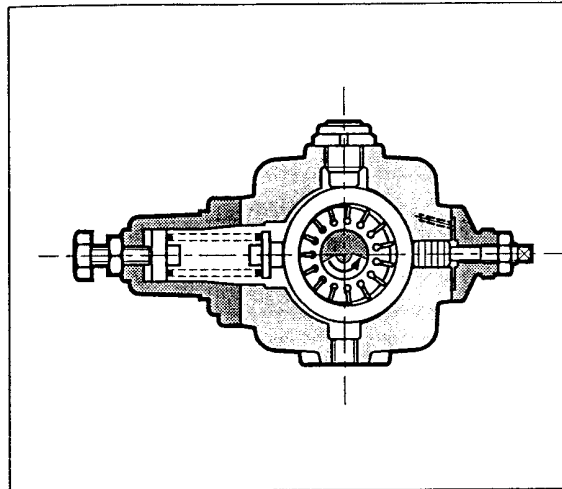
- ✓ *Il valore dell'eccentricità determina la portata elaborata dalla pompa.*
- ✓ *Per eccentricità nulla la portata è nulla.*
- ✓ *Se l'eccentricità si inverte anche il flusso di portata si inverte*



## Pompa a Palette – scheda costruttore



### PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

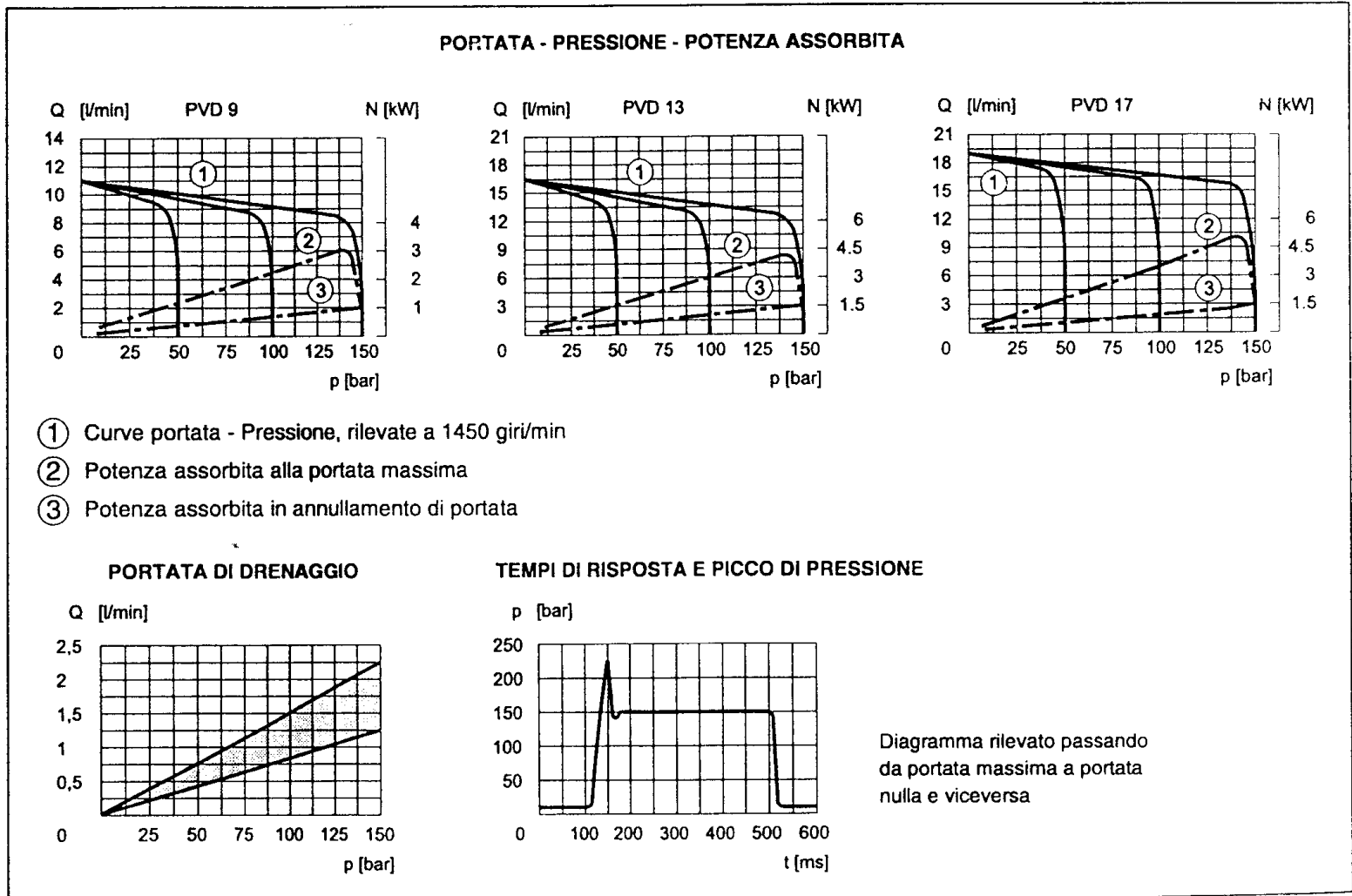


- Le pompe PVD sono pompe a palette a cilindrata variabile con compensatore di pressione di tipo meccanico.
  - Consentono di adeguare istantaneamente la portata erogata secondo le richieste del circuito. Ne consegue che il consumo energetico è ridotto ed adeguato in ogni istante del ciclo.
  - Il gruppo pompante è fornito di dischi di distribuzione a compensazione assiale idrostatica che ne migliorano il rendimento volumetrico e riducono le usure dei componenti.
  - Il compensatore di pressione funziona sul principio di mantenere in posizione eccentrica l'anello statorico del gruppo pompante mediante una molla a carico regolabile.
- Quando la pressione in mandata eguaglia la pressione corrispondente alla taratura della molla, l'anello statorico viene spostato verso il centro adeguando la portata erogata ai valori richiesti dall'impianto.
- In condizioni di portata richiesta nulla la pompa eroga olio solo per compensare gli eventuali trafileamenti e pilotaggi, mantenendo costante la pressione nel circuito.
- I tempi di risposta del compensatore sono molto contenuti e tali da consentire l'eliminazione della valvola limitatrice di massima pressione.
- Sono disponibili inoltre a richiesta le versioni con regolatore della massima portata erogata PVD\*\*\*Q e con dispositivo per la selezione a mezzo di elettrovalvola di due valori indipendenti di pressione PVD\*\*\*M.

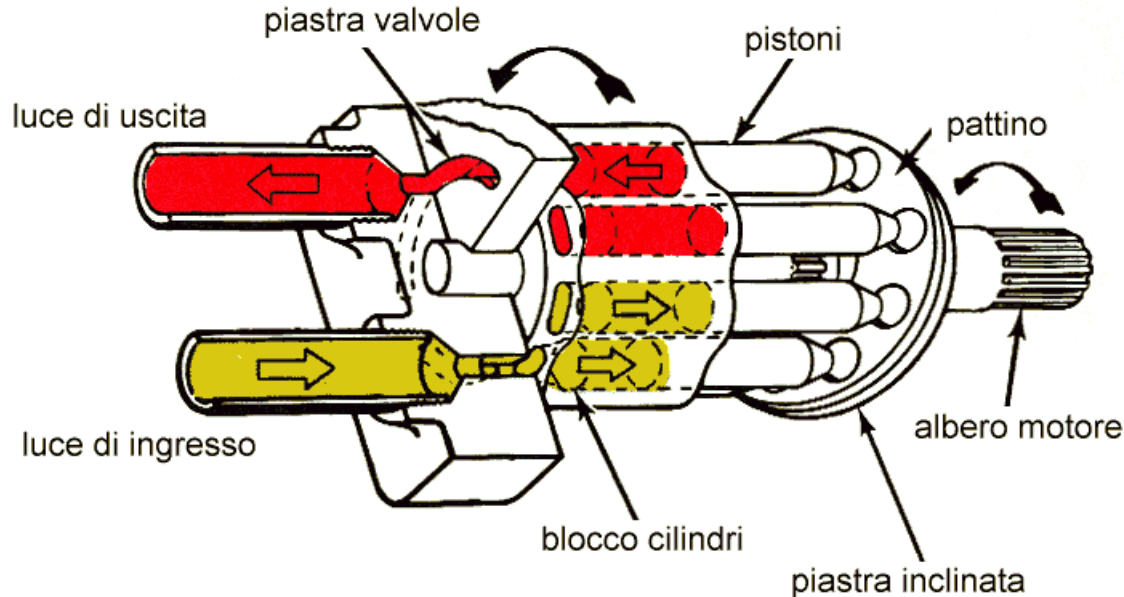


## Curve Caratteristiche Pompa a Palette

### 3 - CURVE CARATTERISTICHE PVD - 9/13/17 (valori ottenuti con viscosità 36 cSt a 50°C)



## Pompa a Pistoni Assiali



Soluzione più diffusa per le piccole e medie cilindrate.

I pompanti sono disposti su di un cilindro il cui asse coincide con quello di rotazione.

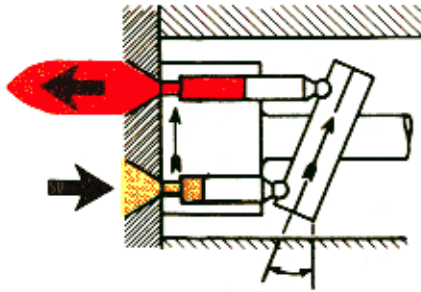
Il moto alterno dei pompanti è determinato da una ***piastra inclinata*** sulla quale scivola un ***pattino*** unito ai pompanti da snodi sferici.

Il moto alterno dei pistoni si ottiene se esiste un moto relativo fra piastra inclinata e blocco cilindri (rotazione della piastra o del blocco cilindri).



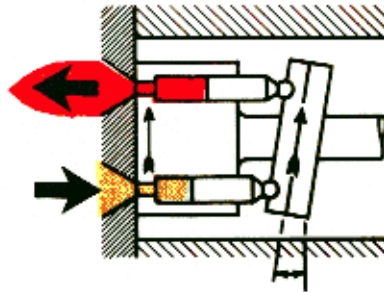


## Pompa a Pistoni Assiali



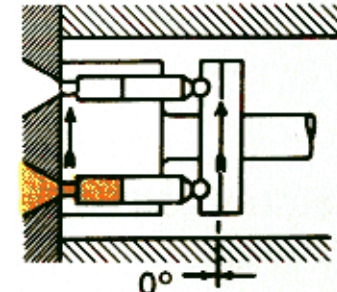
max. inclinazione  
della piastra

cilindrata massima



inclinazione ridotta  
della piastra

cilindrata intermedia



inclinazione nulla  
della piastra

cilindrata nulla

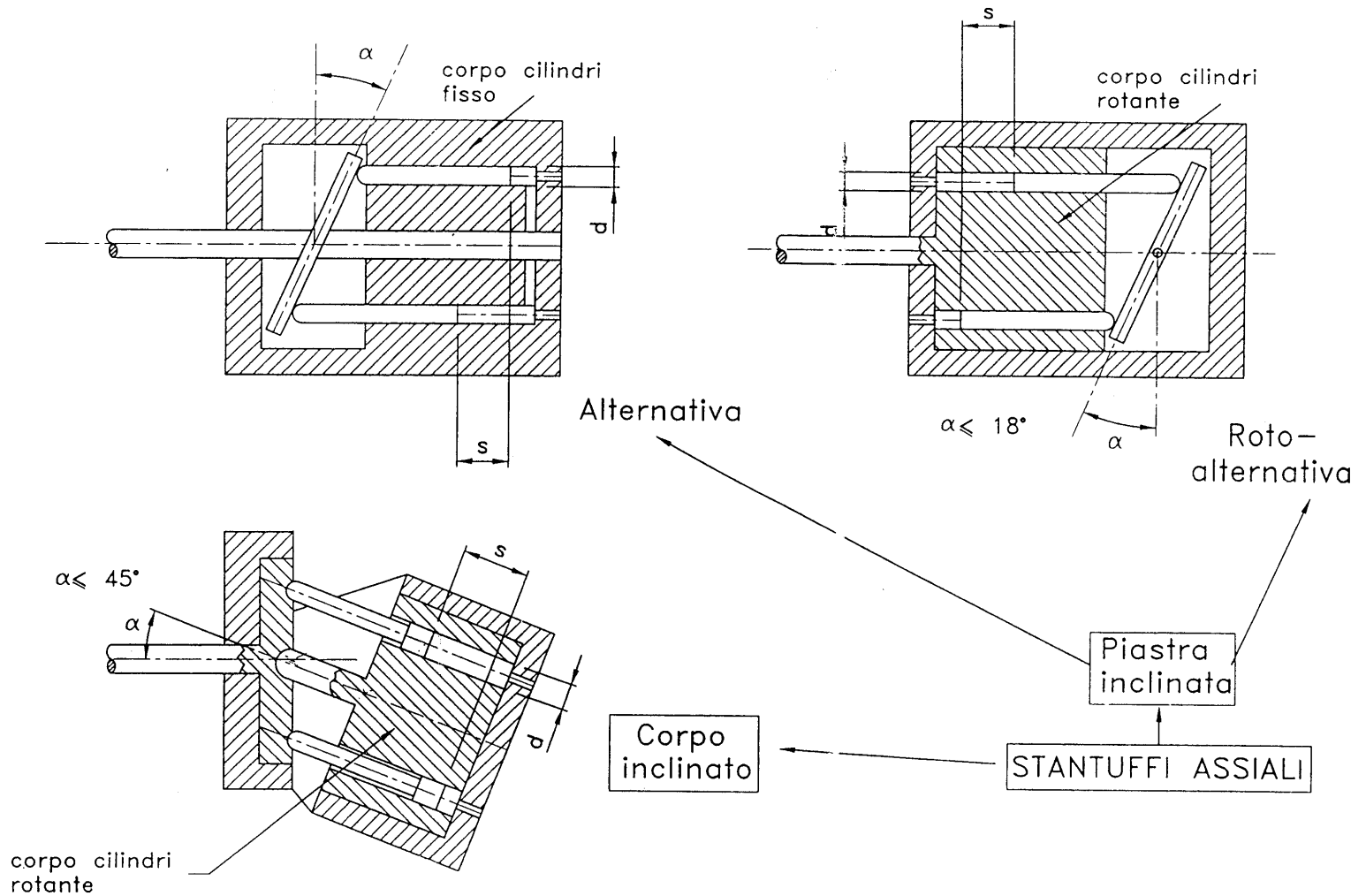
L'angolo di inclinazione della piastra determina la corsa dei pompanti e quindi la cilindrata della pompa che varia con l'inclinazione della piastra.

Pompe a cilindrata fissa con inclinazione della piastra fissata dal costruttore

Pompe a cilindrata variabile con inclinazione della piastra che può essere modificata dall'esterno.

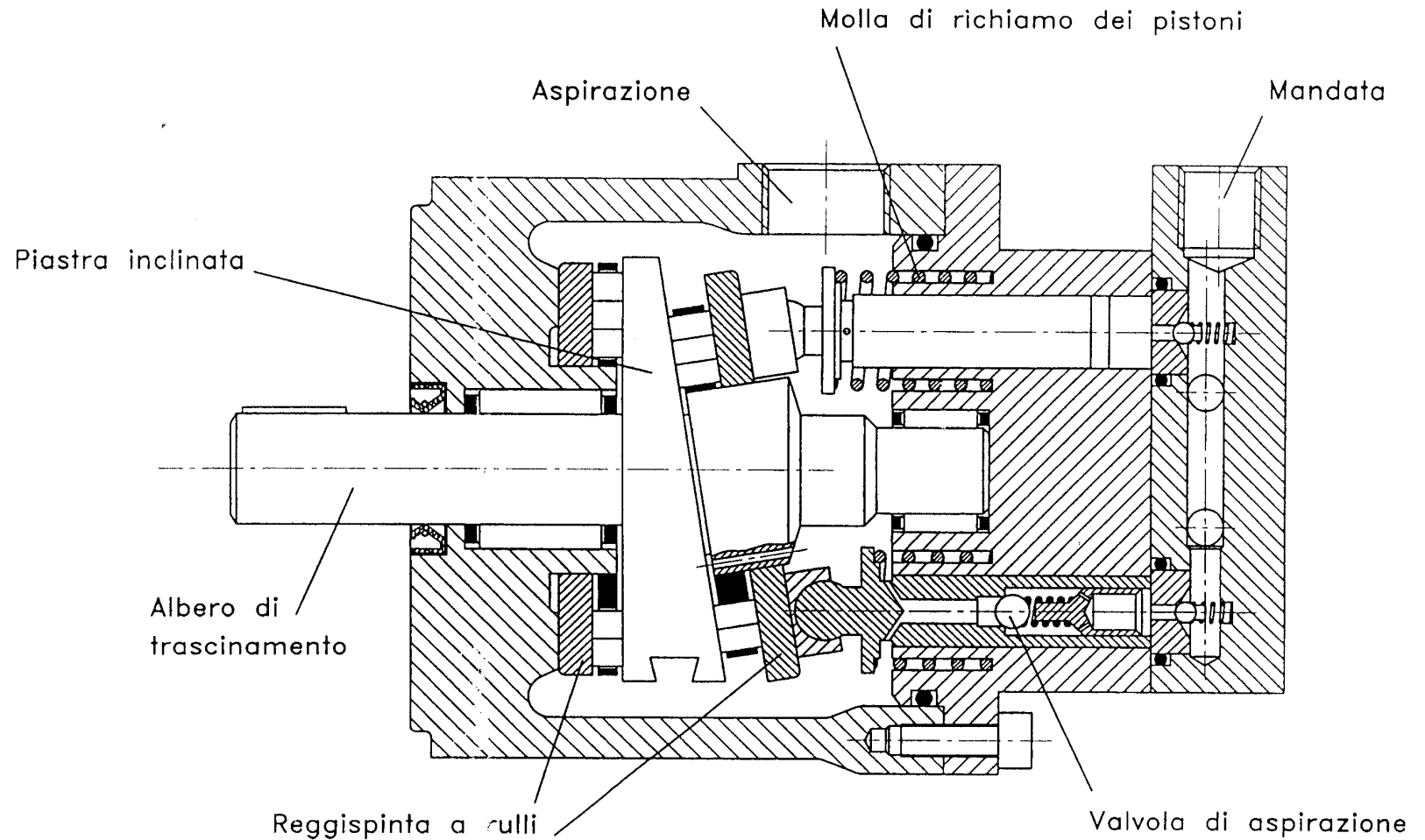


## Pompa a Pistoni Assiali

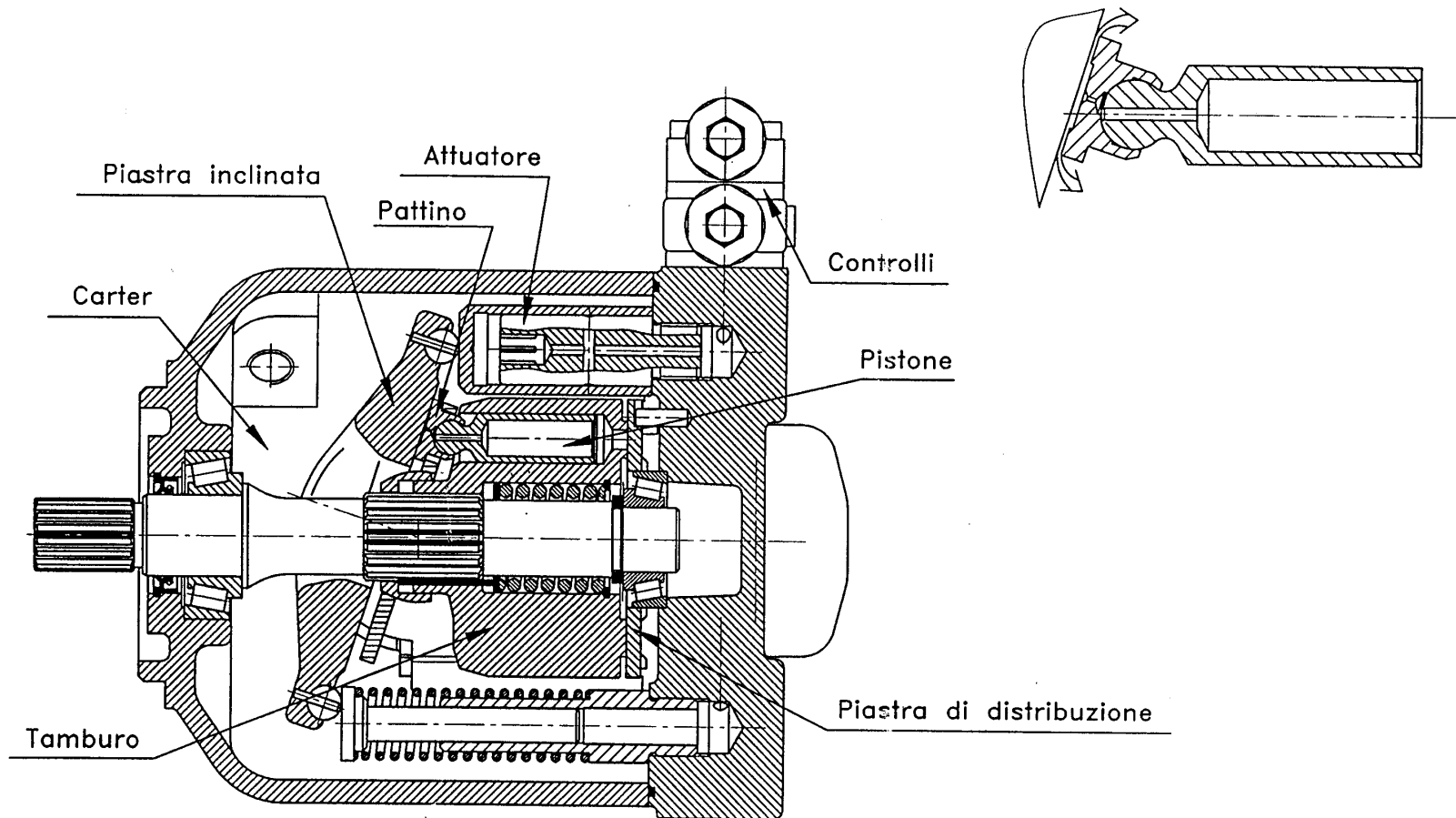


## Pompa a Pistoni Assiali

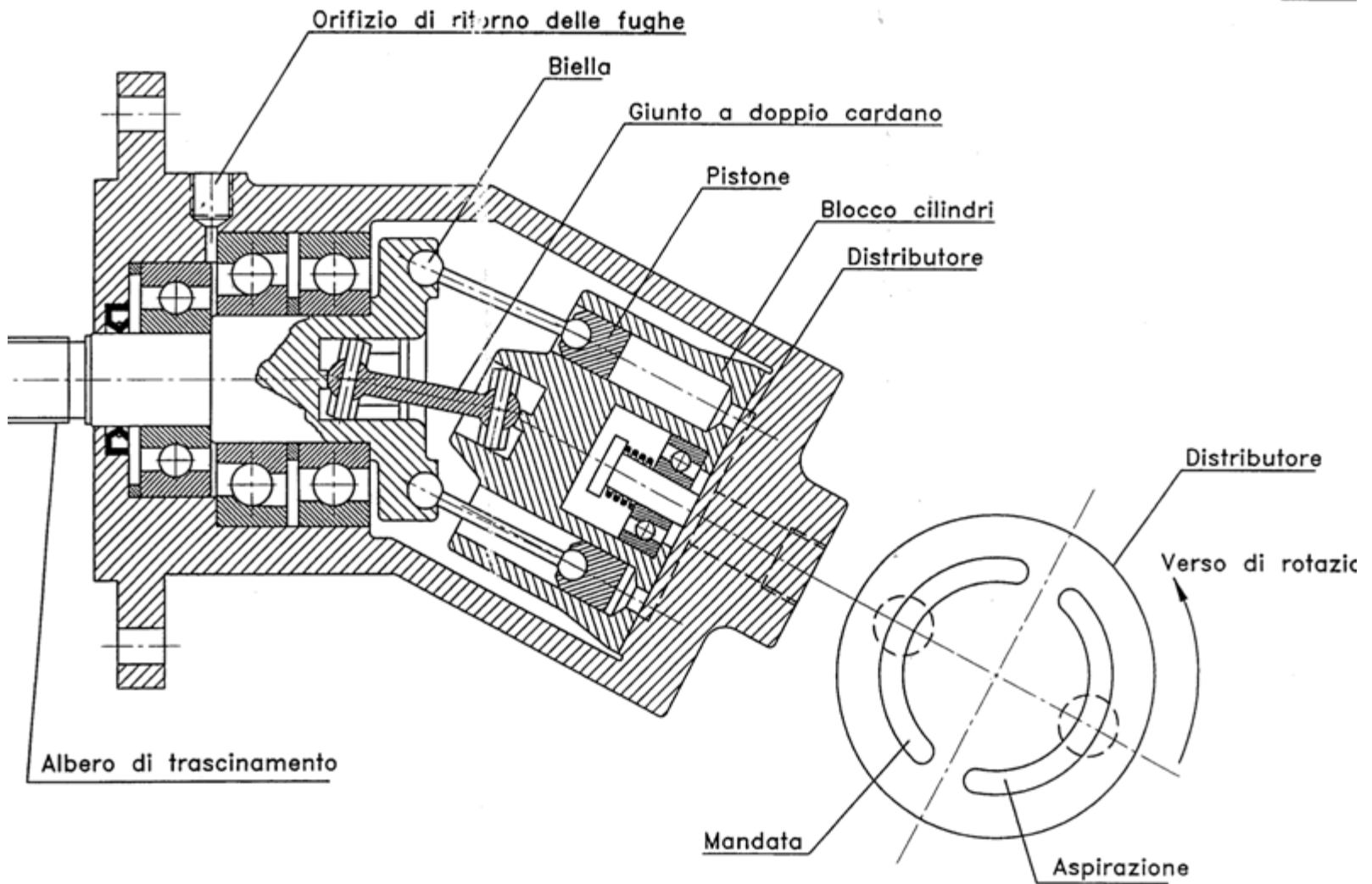
- Pompa (sistema Dynex) a pistoni assiali in linea; blocco in linea fisso



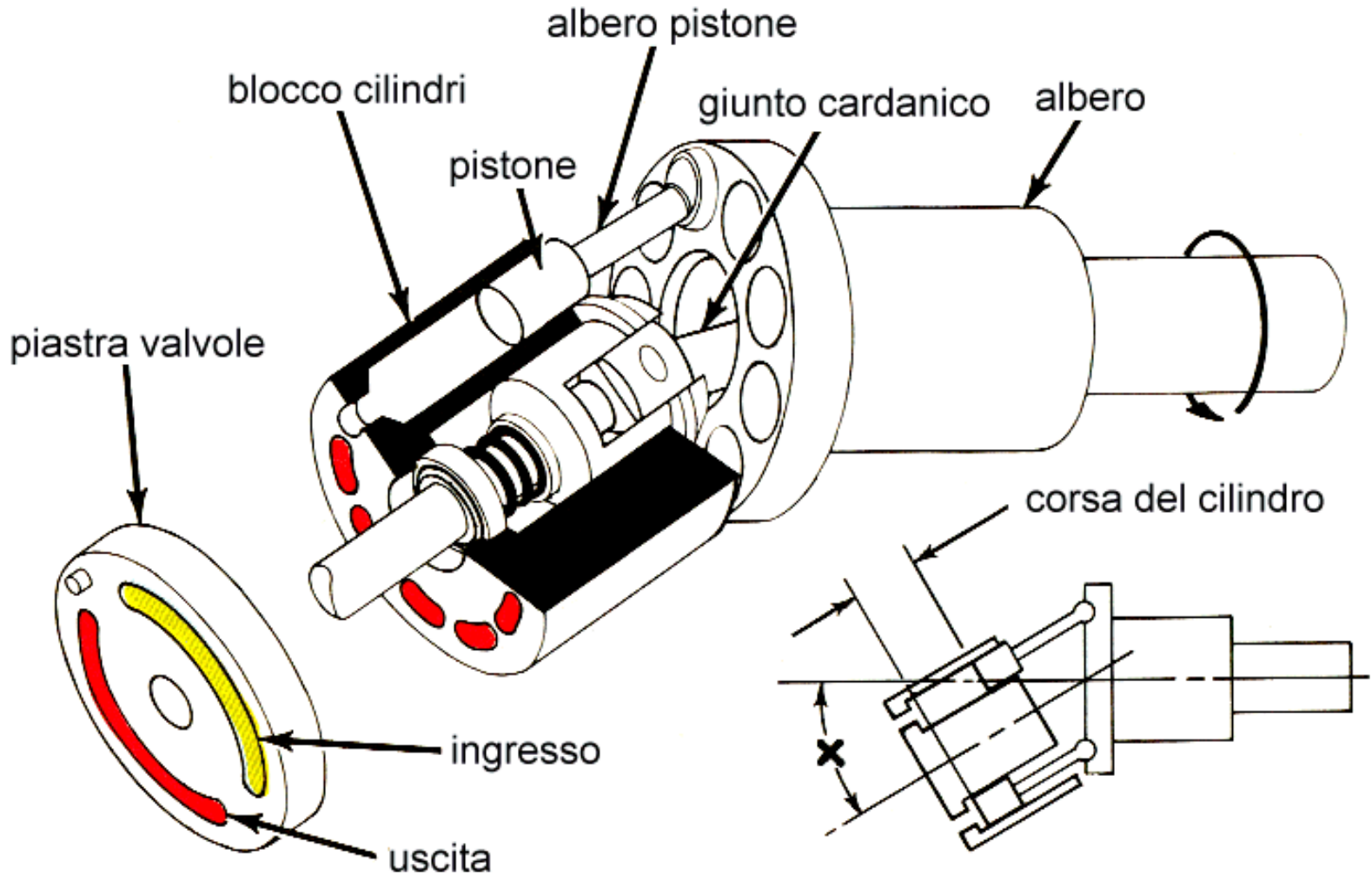
## Pompa a Pistoni Assiali



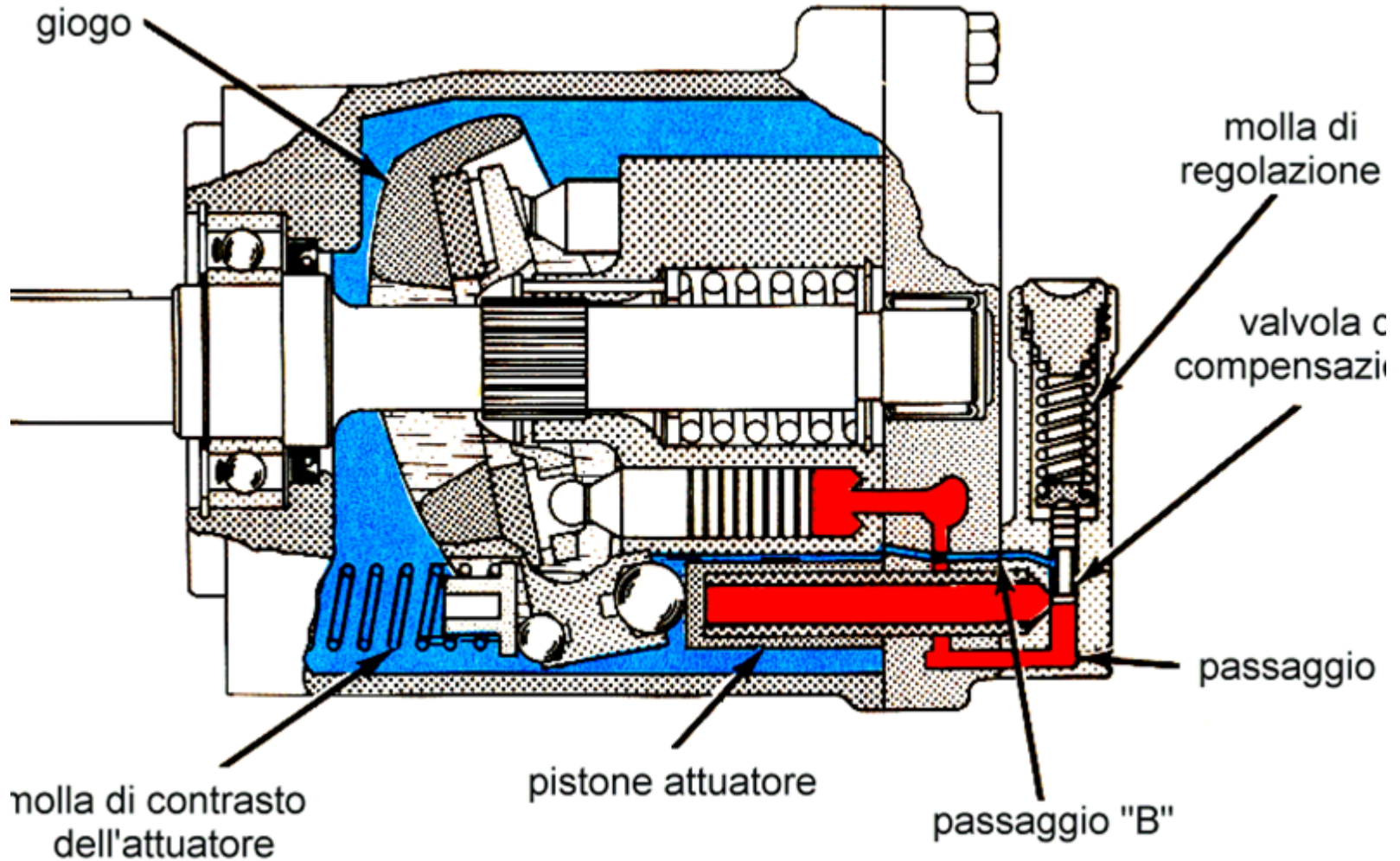
## Pompa a Pistoni Assiali a corpo inclinato



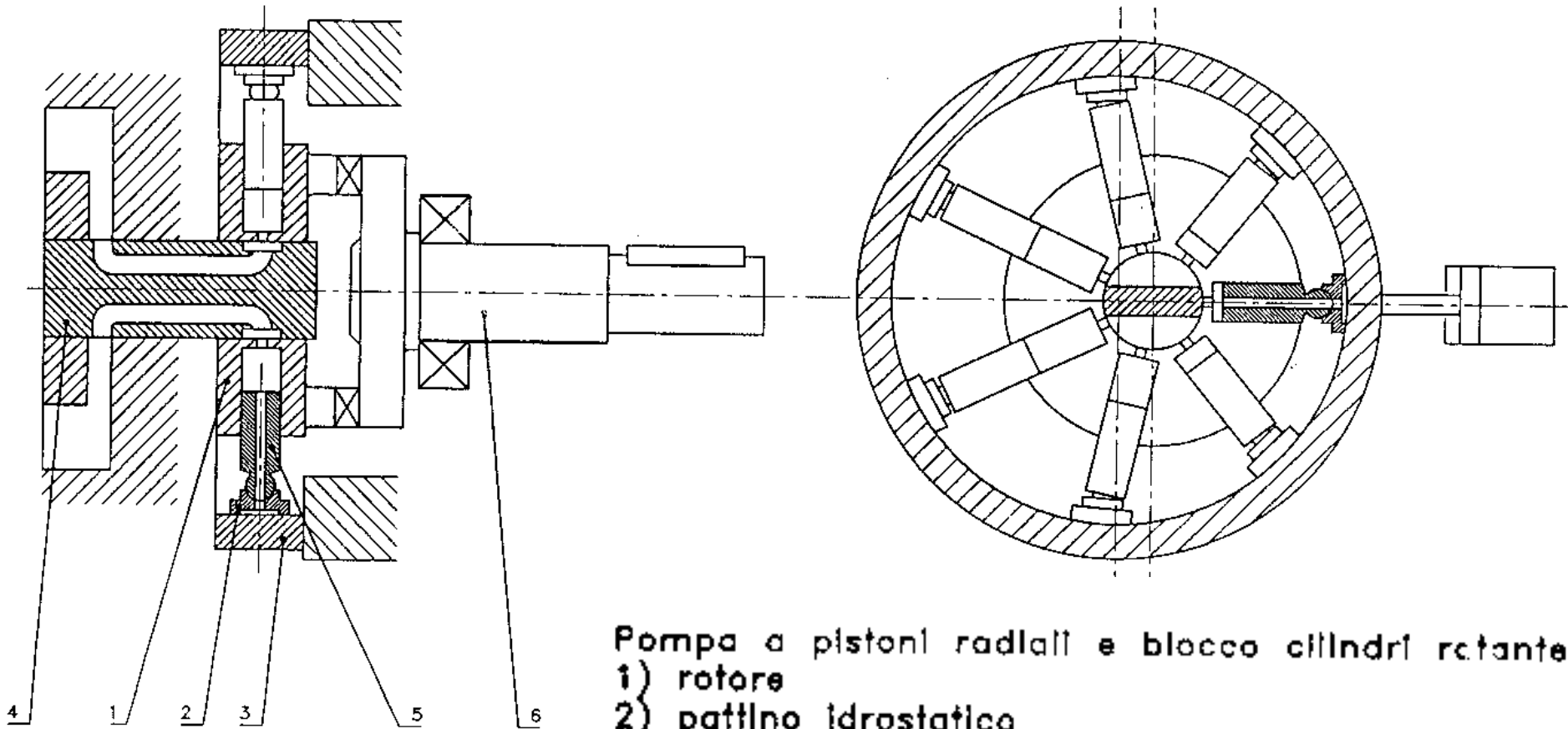
## Pompa a Pistoni Assiali a corpo inclinato



## Pompa a Pistoni Assiali compensata in pressione



## Pompa a Pistoni Radiali



Pompa a pistoni radiali e blocco cilindri rotante

- 1) rotore
- 2) pattino idrostatico
- 3) corona o pista eccentrica interna
- 4) distributore
- 5) pistone
- 6) albero di ingresso





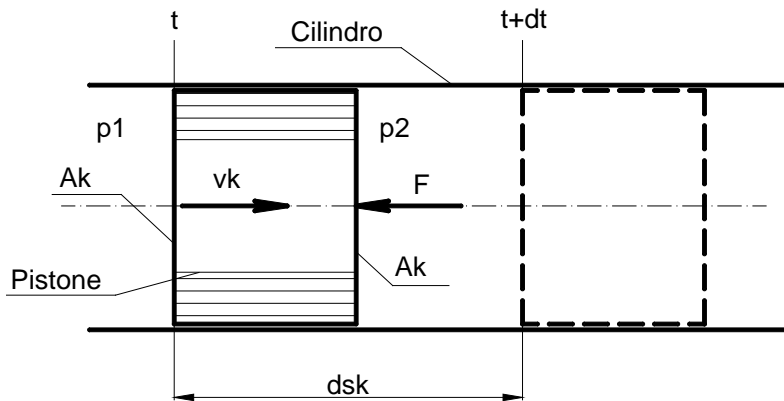
## Caratteristiche ideali della macchine volumetriche idrauliche

Le principali variabili idrauliche di esercizio delle macchine idrostatiche sono essenzialmente la portata volumetrica e la pressione di esercizio.

$$Q = \omega \tilde{V} = \omega \alpha \tilde{V}_o$$

La portata volumetrica elaborata dalla pompa è direttamente dipendente dalla cilindrata  $\tilde{V}$  della macchina e dalla sua velocità di rotazione  $\omega$

La differenza di pressione presente ai capi della macchina determina la coppia assorbita dalla pompa ovvero quella disponibile all'asse della macchina idraulica.



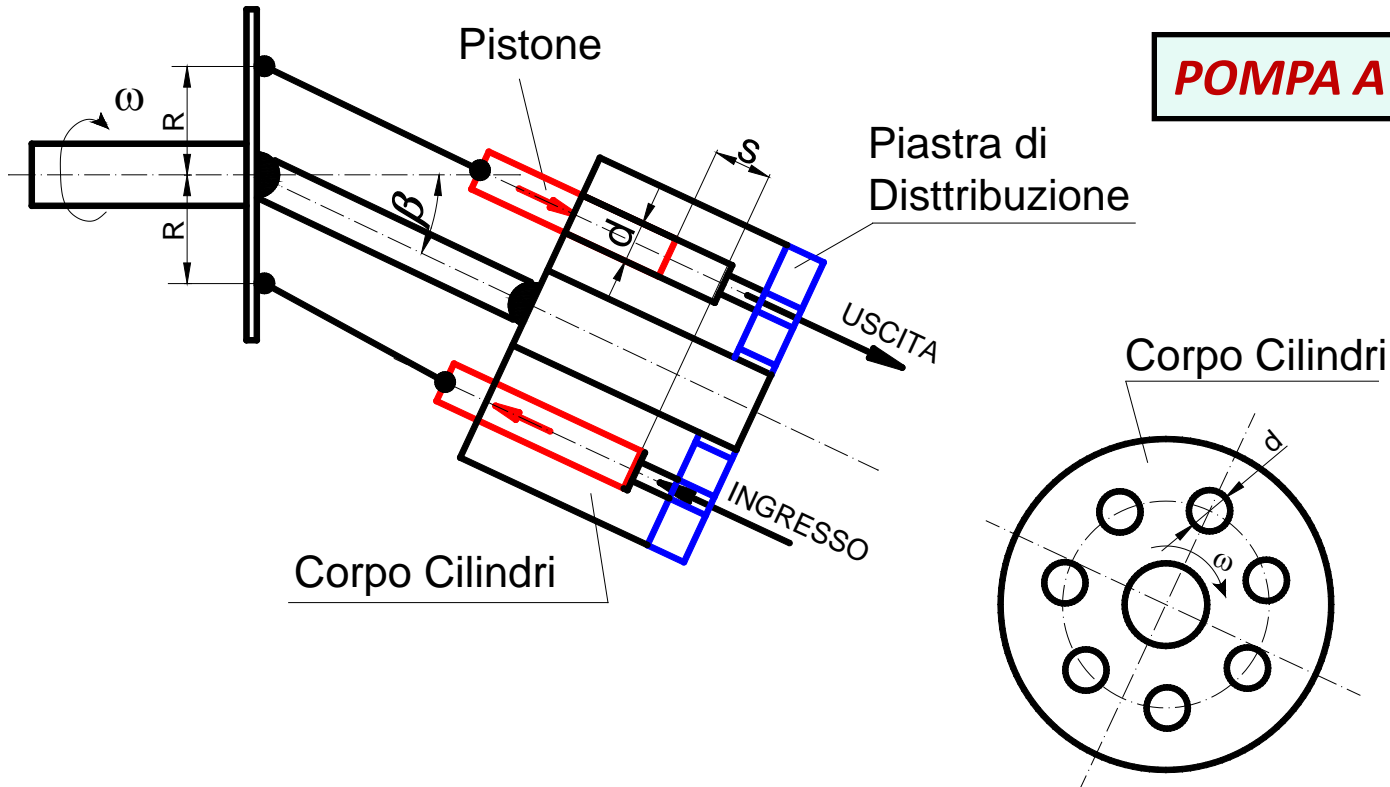
$$F = \Delta p A_k \quad ds_k = v_k dt \quad Q = v_k A_k$$

$$P = F v = \Delta p A_k v_k = \Delta p Q$$

$$C = \Delta p \tilde{V} = \Delta p \alpha \tilde{V}_o$$



## Calcolo della cilindrata per macchine a pistoni assiali



**POMPA A CORPO INCLINATO**

corsa

$$s = 2 R \sin \beta$$

sezione pistone

$$A = \pi d^2 / 4$$

volume del cilindro

$$V_i = s A = \pi d^2 / 2 R \sin \beta$$

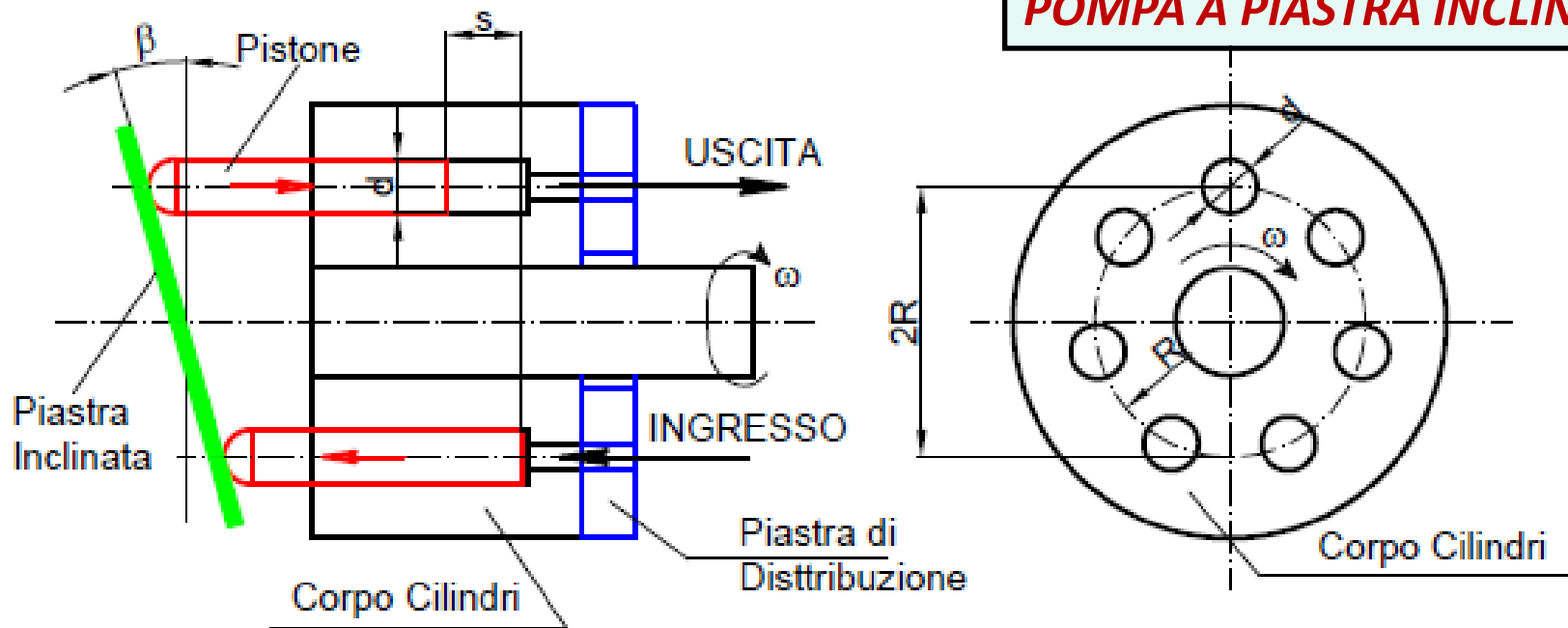
cilindrata

$$V = N V_i = N \pi d^2 / 2 R \sin \beta = K \sin \beta$$



## Calcolo della cilindrata per macchine a pistoni assiali

**POMPA A PIASTRA INCLINATA**



<i>corsa</i>	$s = 2 R \tan \beta$
<i>sezione pistone</i>	$A = \pi d^2 / 4$
<i>volume del cilindro</i>	$V_i = s A = \pi d^2 / 2 R \tan \beta$
<i>cilindrata</i>	$V = N V_i = N \pi d^2 / 2 R \tan \beta = K \tan \beta$



## Portata istantanea e media di macchine a pistoni assiali

$$Q_i = \frac{dV_i}{dt} = \frac{dV_i}{d\vartheta} \frac{d\vartheta}{dt} = \omega \frac{dV_i}{d\vartheta}$$

**Portata istantanea del singolo cilindro**

$$Q = \omega \sum_{i=1}^N \frac{dV_i}{d\vartheta} = \omega \sum_{i=1}^N F_i(\vartheta) = \omega N F_i(\vartheta)$$

**Portata istantanea della pompa**

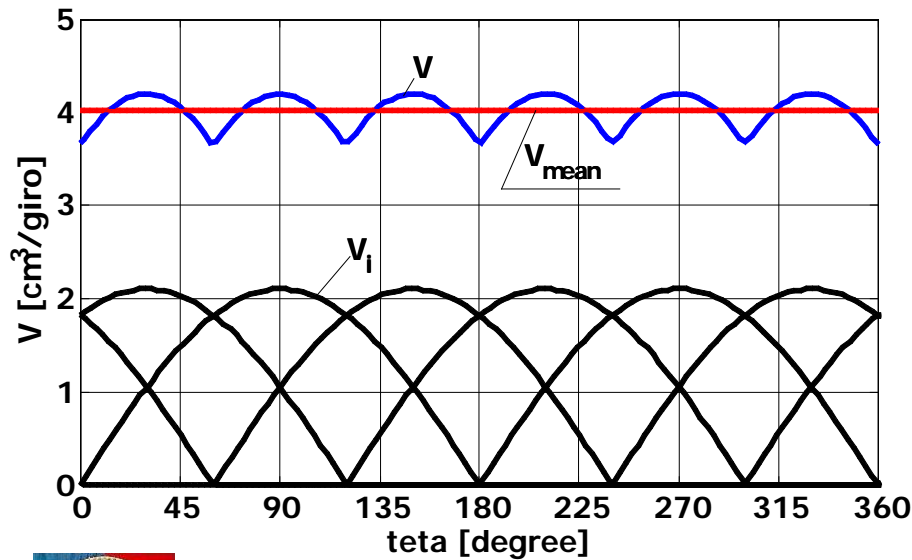
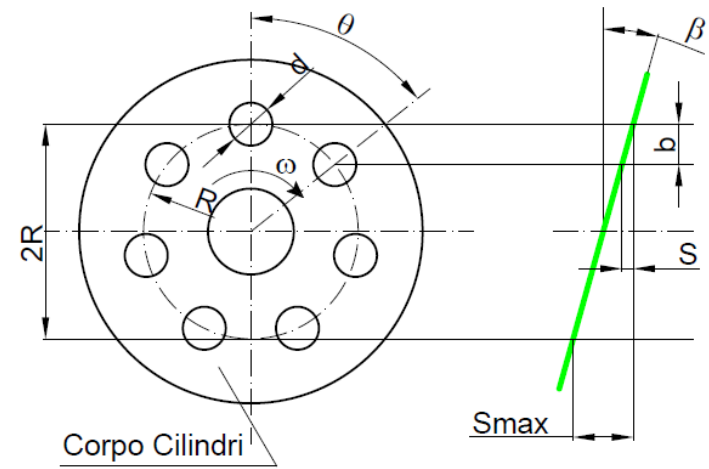
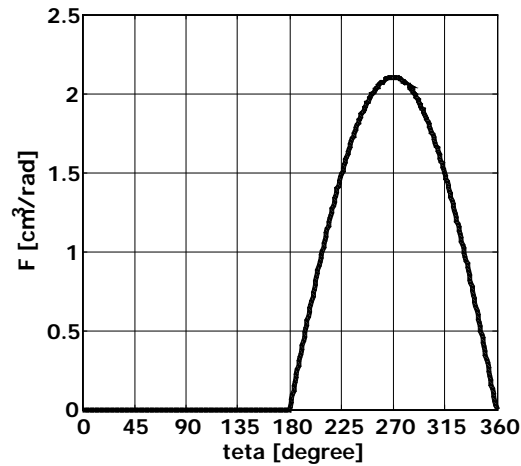
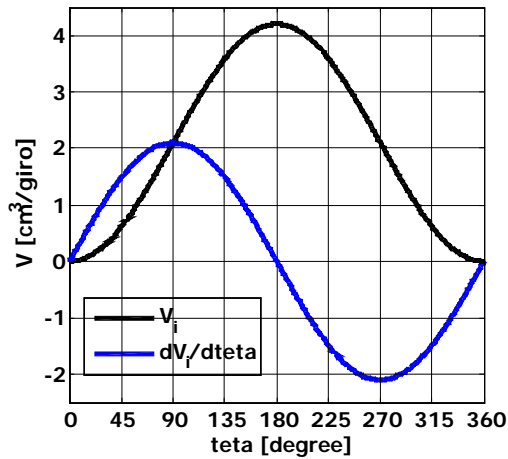
$$\begin{cases} \text{Aspirazione} & \left\{ \begin{array}{l} F_i(\vartheta) = 0 \\ \frac{dV_i}{d\vartheta} > 0 \end{array} \right. \\ \text{Mandata} & \left\{ \begin{array}{l} F_i(\vartheta) = -\frac{dV_i}{d\vartheta} \\ \frac{dV_i}{d\vartheta} < 0 \end{array} \right. \end{cases}$$

**Portata media della pompa**

$$\bar{Q} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} Q d\vartheta = \frac{\omega N}{2\pi} \int_0^{2\pi} F_i(\vartheta) d\vartheta = \frac{\omega N V_o}{2\pi} = \omega \tilde{V}$$



## Portata istantanea e media di macchine a pistoni assiali



$$\left. \begin{aligned} S_{\max} &= 2R \operatorname{tg} \beta \\ S &= b \operatorname{tg} \beta \end{aligned} \right\} \Rightarrow S = \frac{S_{\max} b}{2R}$$

$$b = R(1 - \cos \vartheta)$$

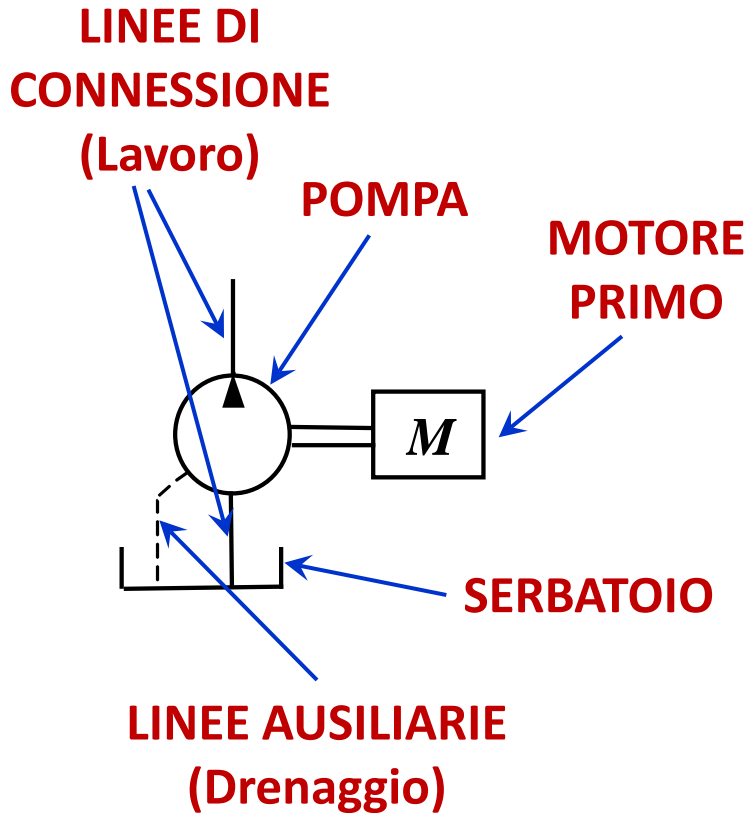
$$S = \frac{S_{\max}}{2} (1 - \cos \vartheta) = R \tan \beta (1 - \cos \vartheta)$$

$$V_i(\vartheta) = A_i R \tan \beta (1 - \cos \vartheta)$$

$$F_i(\vartheta) = A_i R \tan \beta \sin(\vartheta)$$

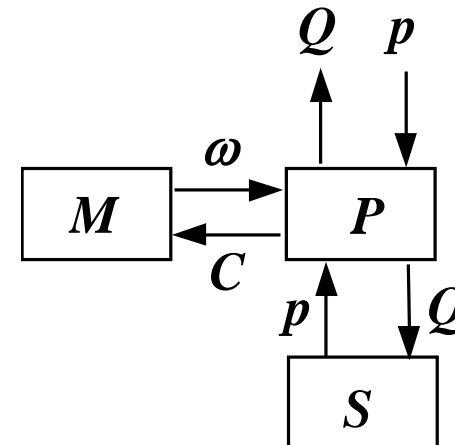


## Caratteristiche reali della macchine operatrici



## SCHEMA A BLOCCHI

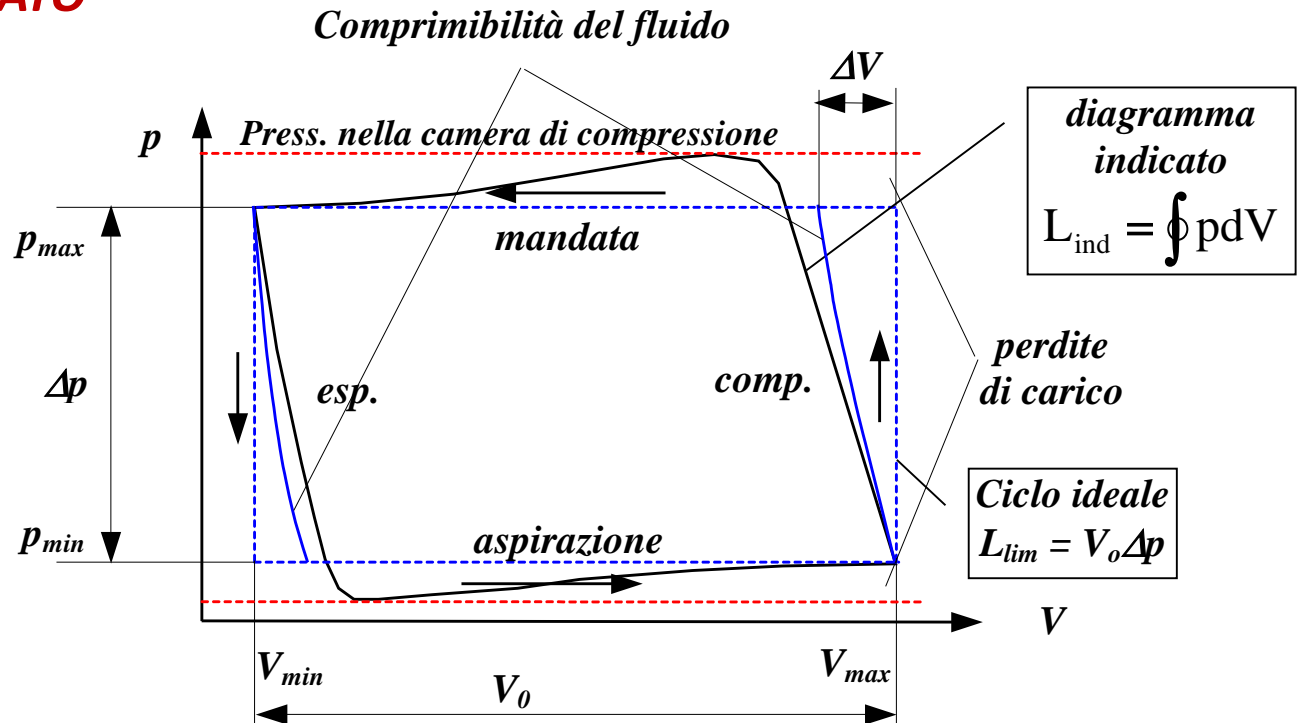
Flusso delle informazioni fra la pompa e gli elementi contigui con cui essa interagisce.



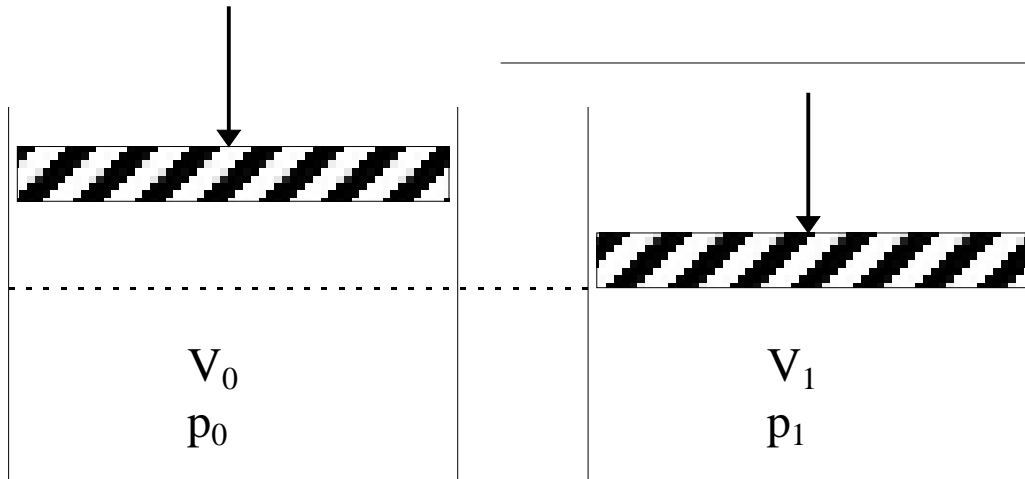
## Ciclo di lavoro del fluido operativo

- Il ciclo ideale: trasformazioni ideali con un fluido ideale
- Il ciclo limite: trasformazioni ideali con un fluido reale
- Il ciclo reale: trasformazioni reali con fluido reale

### DIAGRAMMA INDICATO E NON DI CICLO



## Comprimibilità del fluido operativo



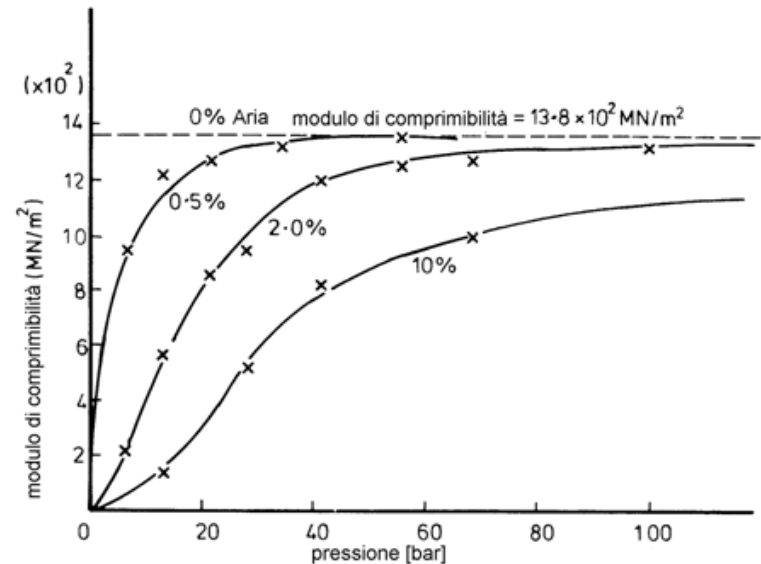
$$\Delta V = V_1 - V_0 < 0$$

$$\Delta p = p_1 - p_0 > 0$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = -\frac{\Delta p}{\beta}$$

**$\beta$  modulo di comprimibilità**

- ✓  $\beta$  è molto sensibile alle inclusioni d'aria
- ✓ Per un olio minerale privo d'aria si può assumere  $\beta = 1400 \text{ MPa}$ 
  - Per  $p=150 \text{ bar}$  -  $\Delta V/V \cong 1 \%$ .
  - Nel campo  $0 \div 500 \text{ bar}$  -  $\Delta V/V \cong 3.6\%$





## Rendimenti delle pompe

**Rendimento interno  
o idraulico**

$$\eta_i = \frac{L_{id}}{L_{ind}} = \frac{P_{id}}{P_{ind}}$$

**Rendimento meccanico**

$$\eta_m = \frac{P_{ind}}{P_{ass}}$$

**Rendimento volumetrico**

$$\eta_v = \frac{Q_r}{Q_t}$$

**Potenza assorbita**

$$P_{ass} = \frac{P_{ind}}{\eta_m} = \frac{P_{id}}{\eta_m \eta_i}$$

$$P_{ass} = \frac{Q_t \Delta p}{\eta_m \eta_i} = \frac{Q_r \Delta p}{\eta_m \eta_i \eta_v} = \frac{Q_r \Delta p}{\eta_{tot}}$$

**Rendimento totale**

$$\eta_{tot} = \eta_m \eta_i \eta_v$$

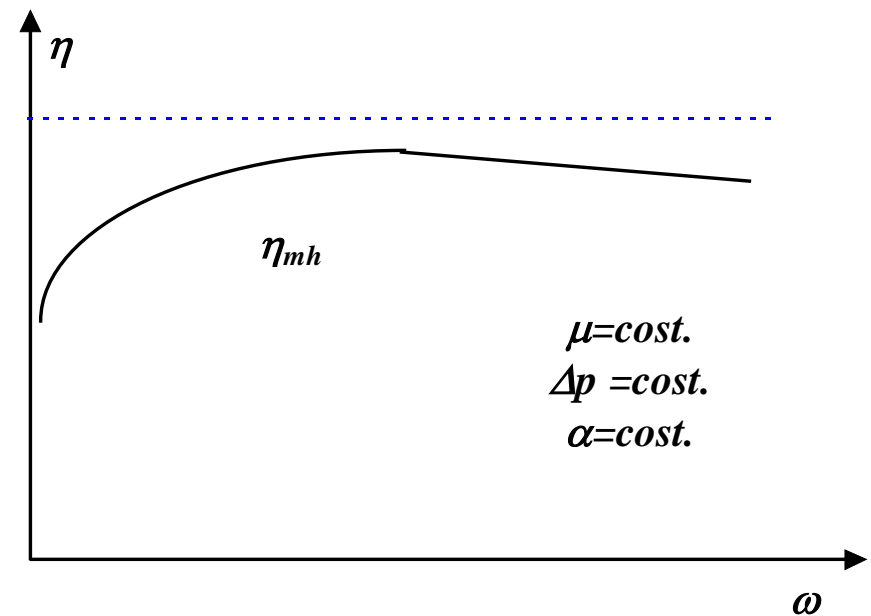
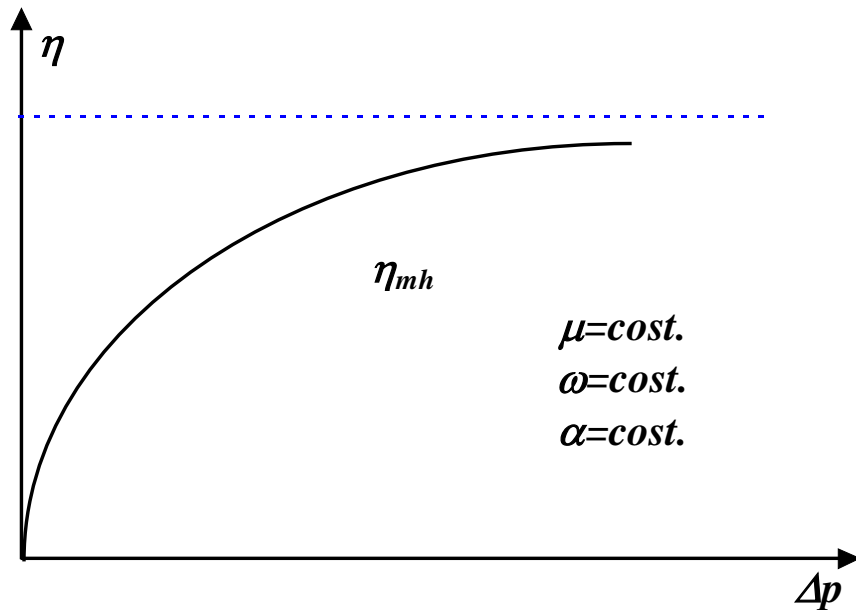
**Rendimento meccanico-idraulico**

$$\Rightarrow \eta_m \eta_i = \eta_{mh} = \frac{\eta_{tot}}{\eta_v}$$



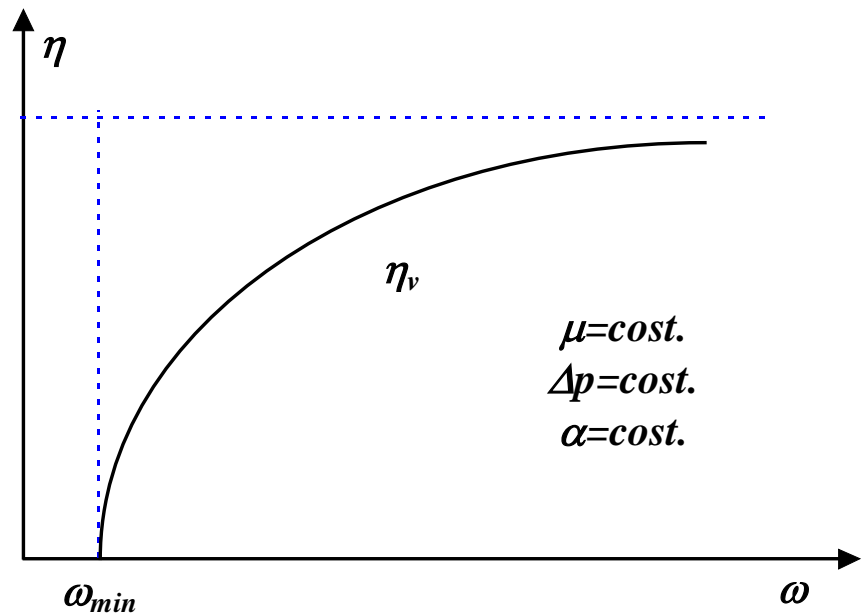
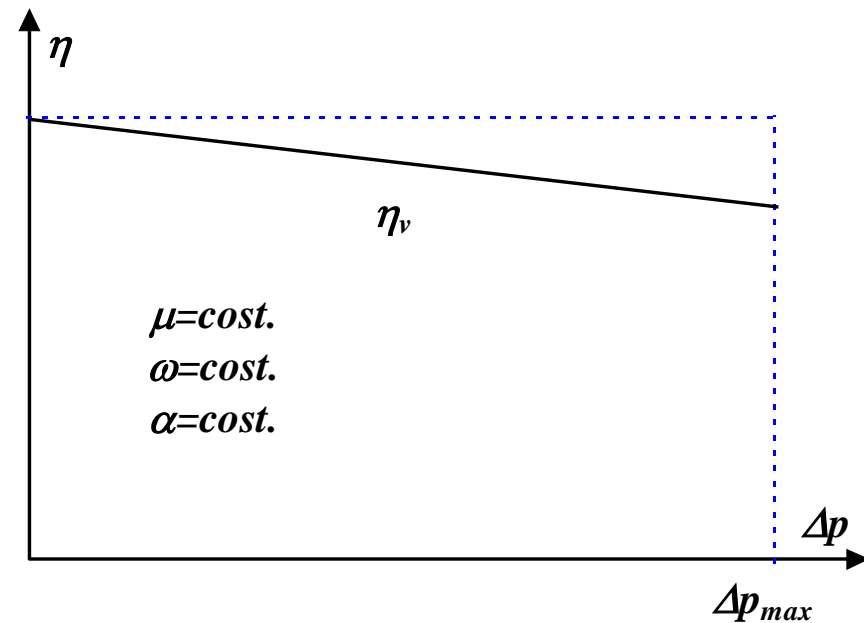
## Rendimento meccanico-idraulico delle pompe

$$\eta_{mh} = \frac{C_t}{C_t + \Delta C} = \frac{1}{1 + \Delta C / C_t} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta C}{\alpha V_0 \Delta p}} = f(\alpha, \omega, \Delta p, \mu)$$

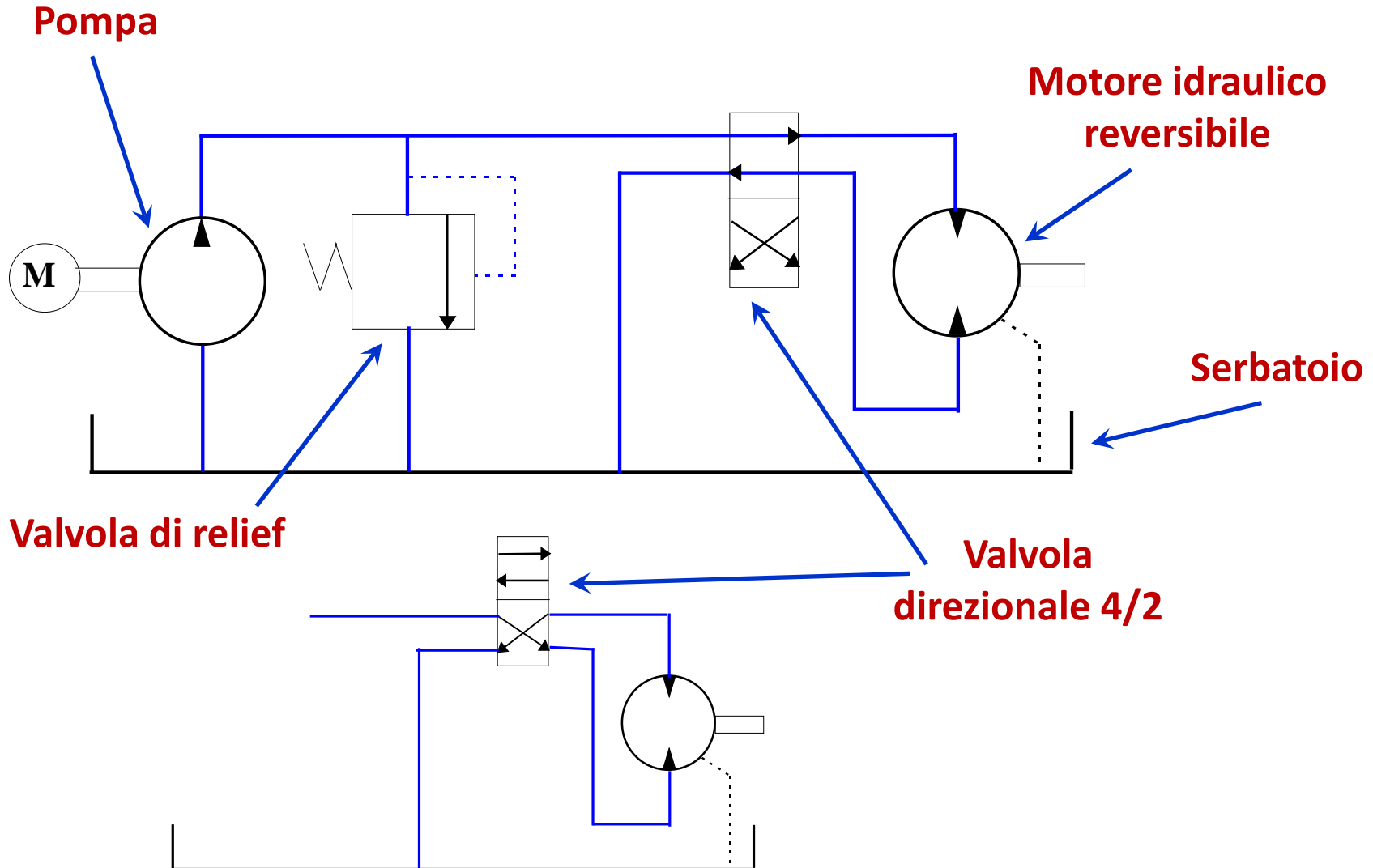


## Rendimento volumetrico delle pompe

$$\eta_v = \frac{Q_r}{Q_t} = \frac{Q_t - \Delta Q_L}{Q_t} = 1 - \frac{\Delta Q_L}{Q_t} = 1 - \frac{\Delta Q_L}{\alpha \omega V_0} = f(\alpha, \omega, \Delta p, \mu)$$

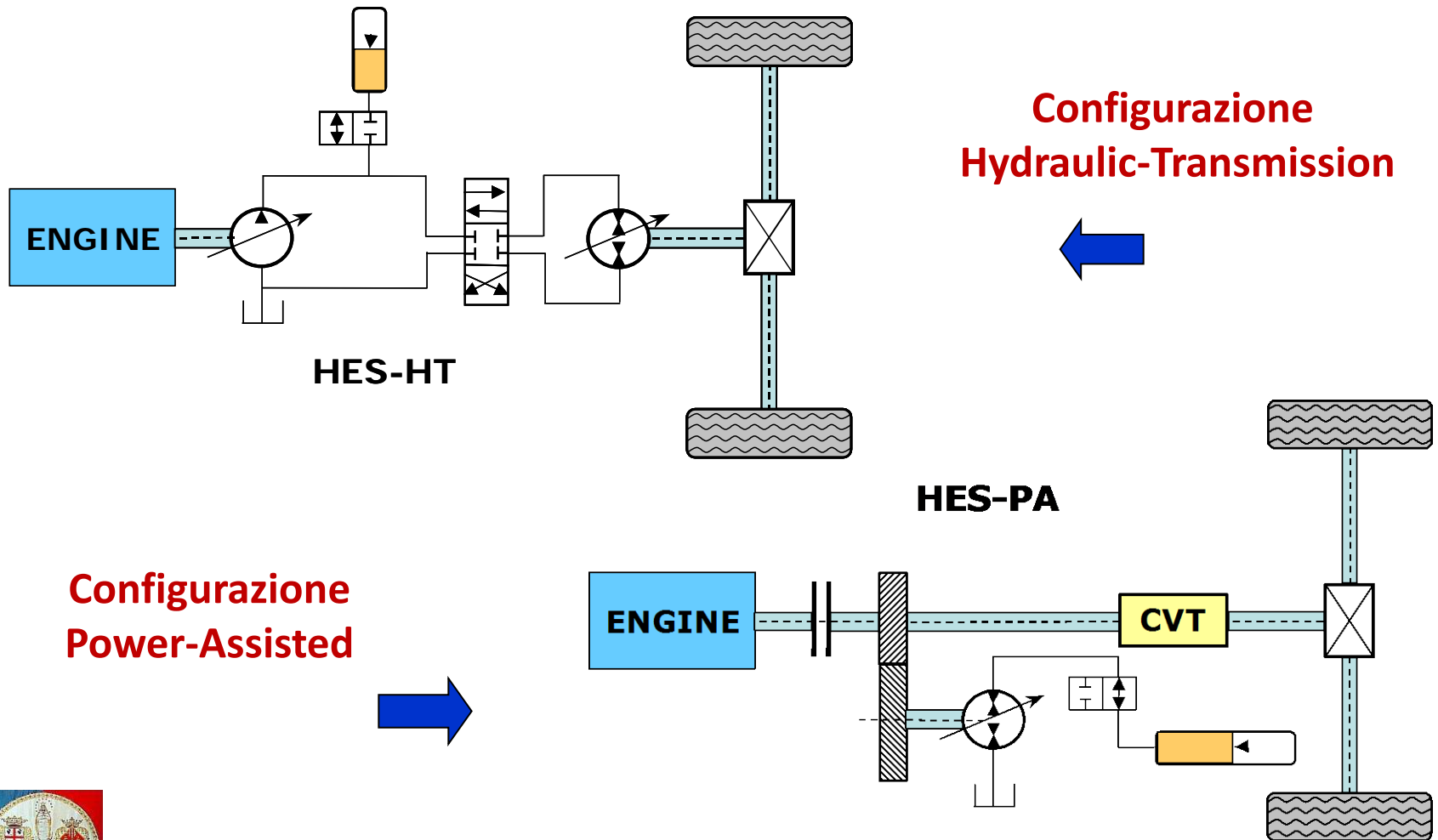


## Trasmissione idrostatica

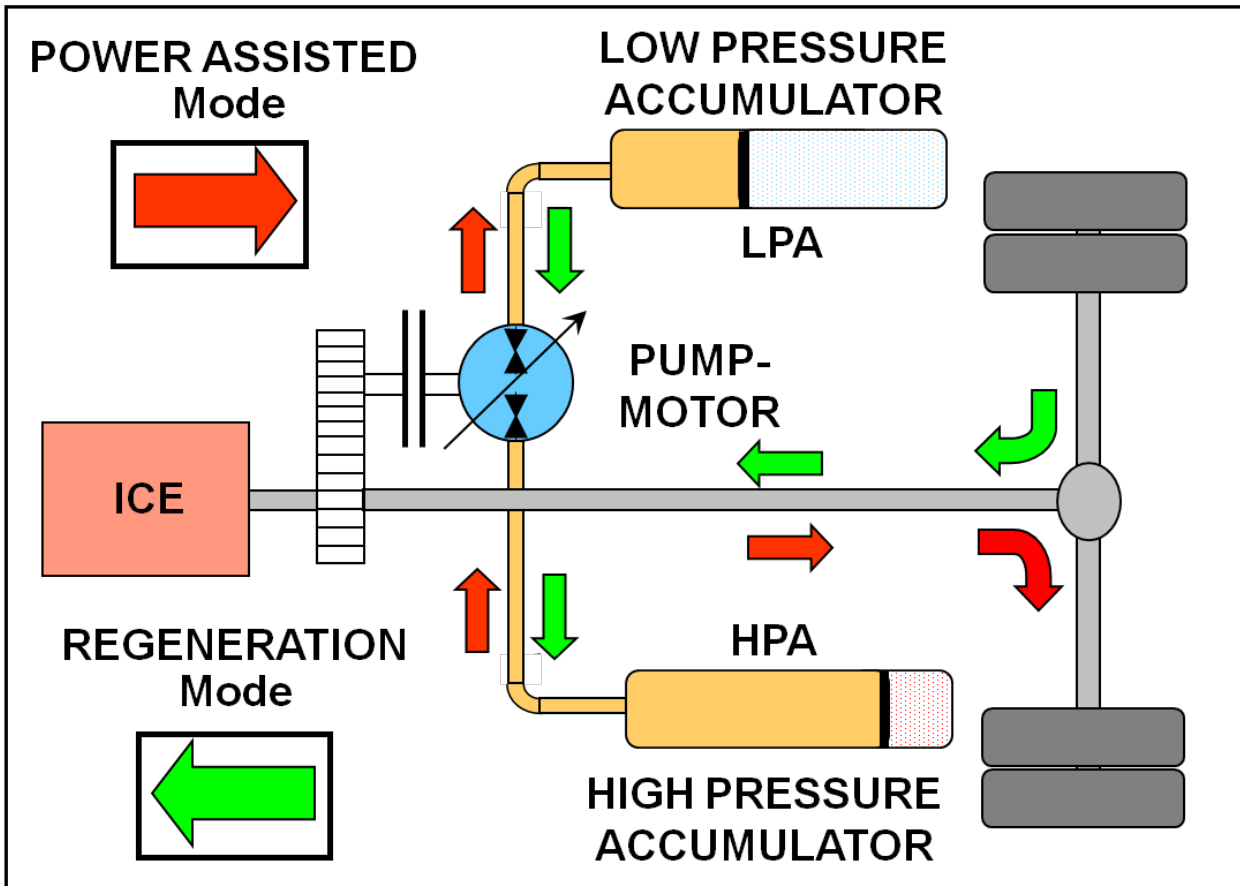


# I Sistemi Ibridi HES (Hydraulic Energy Storage Systems)

## Sistemi Rigenerativi Idro-Pneumatici



## Parallelo Termico-Idropneumatico



Principali campi di applicazione:

- veicoli pesanti (raccolta rifiuti solidi urbani, autobus, etc) sottoposti a continui cicli di start-stop (ambito urbano)
- applicabilità ad apparati di propulsione convenzionali, anche come retrofit

