

## ECONOMIA

### DEFINIZIONE DI IMPIANTO

Un impianto, è la parte tecnica di un'azienda costituita sia da mezzi fisici che da risorse umane e il cui scopo è quello di trasformare l'input in un output di valore superiore. Si basano su 4M: man, machinery, material, money [+mission]  
Impianti produttivi: trasformazione da input ad output con processo monolinea, convergente (più input, un output) o divergente (un input, più output). Impianti di servizio: non intervengono nella trasformazione ma supportano la produzione principale.

### COS'È IL DIAGRAMMA DI REDDITIVITÀ?

Il diagramma di redditività è un diagramma cartesiano (asse x quantità, asse y valore in euro) dove si trovano le curve di costi fissi, costi variabili, costi totali e anche la curva dei ricavi. Da queste curve è possibile definire il BEP.

### DISEGNA IL DIAGRAMMA DI REDDITIVITÀ

- CF= costante al variare della produzione (retta parallela all'asse delle x). Sono per esempio affitto, ammortamenti.
- CV= partono da 0 perché quando non si produce nulla non ci sono CV. Aumentano all'aumentare della quantità prodotta. Sono per esempio materie prime.
- SCV (semi variabili) = sono costi che hanno una componente fissa e una componente variabile. Per esempio la fornitura di energia elettrica: quota fissa legata al livello di potenza richiesto; quota variabile legata alla quota di energia che si consuma.
- CT= è la curva dei CV che parte dal punto di CF con però una traslazione verso l'alto.
- R=  $p \times q$  e partono da 0.

In teoria se il prezzo si mantiene fisso, i ricavi dovrebbero continuare ad aumentare, ma si deve considerare anche la convenienza economica nel produrre delle unità in più: dopo un po' i costi totali aumentano in modo più che proporzionale [si supera di nuovo il punto di BEP]. Quindi per capire l'ottimo di produzione si intersecano le curve di costi medi  $C_m$  [costo totale/quantità] e costi marginali  $C_M$  [incremento dei costi per produrre un'unità in più].  
Utile massimo → tangente alla curva dei CT [parallela dei ricavi, dove coefficiente angolare è il prezzo], punto in cui distanza tra curva costi e ricavi è massima. Se invece i CT sono una retta l'utile max si ha producendo sempre di più.

### COS'È IL BEP? [CF/(P-CV<sub>u</sub>)]

Il punto di pareggio è il livello di produzione in cui costi totali e ricavo sono uguali, quindi in questo punto l'utile è uguale a zero. Si può calcolare analiticamente solo se la curva ha linearità (c'è CV<sub>u</sub>), sennò metodo grafico. Possono esserci due BEP perché la curva dei costi può curvare: fatto spiegato dalla legge dei rendimenti marginali decrescenti che indica che ad un certo punto il beneficio della produzione di un'unità aumenta in modo meno che proporzionale.

### MARGINE DI CONTRIBUZIONE

Serve per capire quale scelta è più conveniente: quella con MC più alto [R-CV]

Si può usare anche per valutare la convenienza di una produzione marginale. Si fa  $P > CV_u$  dove  $P > CV_u$  perché è sufficiente che la produzione copra i costi variabili: i CF sono coperti dalla produzione principale. Se la produzione marginale prevede un investimento, si devono considerare anche i CF (solo quelli imputabili a prod marginale).

### COS'È LA COMPOSIZIONE ORGANICA DEL CAPITALE?

Indica il livello di automazione [CF/CV]: CF investimenti, CV manodopera. Aiuta a scegliere se fare investimenti.

- COC alto → CF alto, automazione alta
- COC basso → CF basso, alta manodopera

Per confrontare: disegno le curve dei CF e CT di entrambe le opzioni. Poi traccio la retta dei ricavi → in base a quantità da produrre si fa la scelta. Con COC basso si raggiunge il BEP prima → conviene COC alto quando si supera il punto in cui  $U_{COC\ basso} = U_{COC\ alto}$ . ! Non sempre la soluzione tecnologicamente più avanzata è la migliore.

Se il capitale proprio > capitale di terzi e non si deve restituire velocemente: scelgo COC alto così utile maggiore.

Se il capitale proprio < capitale di terzi: scelgo COC basso così raggiungo prima BEP e inizio subito a guadagnare.

### AFFIDABILITÀ E DISPONIBILITÀ [valori %]

Affidabilità R: probabilità che l'impianto continui a funzionare senza guasti in un determinato intervallo di tempo e in determinate condizioni (cioè quelle descritte dal produttore). Durante la *vita utile* la macchina può avere dei guasti (accidentali o per degradazione): con la **manutenzione** si sposta la curva e aumenta la vita utile. Da aumentare.

Disponibilità A: tempo di buon funzionamento rispetto al tempo totale per cui è richiesto il funzionamento stesso [tempo di buon funzionamento, tempo di riparazione e tempo di guasto]. Va aumentata.

! Per aumentarli vanno messi in parallelo.

**PAYBACK PERIOD – Tempo di recupero**

Indica in quanti anni si riesce a recuperare l'investimento fatto grazie ai benefici che si traggono. La vita utile della macchina deve essere maggiore del payback senno non si recupera l'investimento. Deve essere il più basso possibile: si comincia ad avere un ritorno dell'investimento in tempi più veloci.

**ROI – Ritorno dell'investimento**

Indicatore di rendimento annuo [%] dell'investimento che tiene conto del risparmio e del deprezzamento.

$$\text{ROI} = [(\text{risparmio annuo} - \text{deprezzamento}) / \text{prezzo d'acquisto}] \times 100 [\%]$$

Deve essere il più alto possibile.

**COS'È UN'ECONOMIA DI SCALA?**

Il costo specifico degli impianti diminuisce con l'aumentare delle dimensioni: il costo aumenta in modo meno che proporzionale. Il fattore di scala  $m$  correla costi e produttività; negli impianti è tipicamente di 0,6-0,7. Se è uguale a 1 i costi sono proporzionali alla produttività [ma essendo inferiore a 1 è meno che proporzionale].

Considerare che le attrezzature producono bene se producono al massimo: un impianto grande però non è elastico. Quindi si può frazionare trovando un compromesso tra spesa in termini di investimento e guadagno usando correttamente le attrezzature. [Confronto costo per acquistare le macchine con il costo di inefficienza che si avrebbe acquistando una sola macchina: dove si eguagliano c'è il numero ottimale da mettere in *parallelo* così aumentano R e A]

**L'INTEGRAZIONE GRAFICA, COS'È?**

L'integrazione grafica è un approccio matematico che serve a dimensionare correttamente il serbatoio che deve accumulare, in modo da creare un equilibrio tra quello richiesto dall'utenza e quello che viene generato.

Asse x tempo e asse y quantità.

**ELETTROLOGIA****DIFFERENZA TRA ENERGIA E POTENZA? [→ Energia correla potenza e tempo]**

L'energia è la capacità di un sistema di compiere un lavoro [J].

La potenza elettrica è un'energia nell'unità di tempo che si calcola come tensione V per l'intensità di corrente I dove la tensione V è la forza che permette al sistema di mettere la corrente in movimento e l'intensità I è una carica per l'unità di tempo [coulomb/S]. La potenza si misura in  $W = J/s$

Potenza nominale/potenza di targa. È una potenza attiva che se viene tenuta per un tempo indefinito non danneggia mai il motore. È la potenza si cerca di lavorare: sopra si sforza troppo il motore; sotto non si sfrutta il motore.

**COME SI FA L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO?**

Consiste nel portare il fattore di potenza  $\cos\phi$  almeno a 0,9 [ $\cos\phi = P_{att}/P_{app}$ ]. Se è inferiore, si consuma più energia e quindi è un costo per l'azienda, ma si arrecano anche danni all'ambiente e quindi ci sono penali.

Il  $\cos\phi$  indica la quantità di corrente che si trasforma in potenza utile per il motore.

Se  $\cos\phi < 0,9$  allora si sta investendo una quota eccessiva della  $P_{app}$  in  $P_{reatt}$ , cioè si sta utilizzando potenza per generare campi magnetici [reattanza induttiva]. [Aumentando  $P_{app}$  aumenta anche l'intensità perché aumenta la dispersione termica: si ha un *effetto Joule* maggiore, quindi si disperde calore e le rese si abbassano].

Se nella bolletta  $\cos\phi < 0,9$ , si fa un rifasamento dell'impianto inserendo dei condensatori [della reattanza capacitiva].

In un circuito ci sono tre effetti:

- Resistenza: il vettore della tensione è più lungo di quello dell'intensità, ma sono nella stessa direzione.
- Reattanza induttiva: aumenta la  $P_{reatt}$ , c'è uno sfasamento dei vettori portando quello dell'intensità in ritardo di 90° [dove tensione è al massimo c'è inizio intensità].
- Reattanza capacitiva: si applica il condensatore che sfasa in anticipo di 90°, quindi cerca di ridurre l'effetto induttivo (un po' di campo magnetico deve rimanere).

Con la somma vettoriale di questi tre effetti si ottiene un angolo di  $\phi$  che deve essere il più basso possibile: così il  $\cos\phi$  diventa più alto. Questo angolo è dovuto alla reattanza induttiva, al fatto che c'è effetto magnetico.

! Il condensatore è opposto al campo magnetico, quindi diminuisce la reattanza induttiva (cioè lo sfasamento → più piccolo angolo sfasamento, più grande il  $\cos\phi$ ).

**QUANDO SI USA UN MONOFASE E QUANDO UN TRIFASE?**

La differenza sta nella tensione. Monofase ha tre pin in linea: i due esterni sono conduttori (fase e neutro con un  $\Delta P$  220V), mentre quello centrale è la messa a terra; usato in utenze domestiche e in industriali (con potenza bassa).

Il trifase ha quattro pin: tre fasi più un neutro (pin più grosso) con  $\Delta P$  380V. Circuito più complesso e costoso ma permette risparmi dal punto di vista dell'assorbimento della corrente: se  $P = V \times I$  l'intensità diminuisce aumentando la V e quindi c'è meno dispersione di calore (riduzione effetto Joule) [→ usato per il dispacciamento].

## SISTEMI DI SICUREZZA

**Messa a terra:** serve per far sì che l'uomo non prenda la corrente. L'uomo ha una resistenza di circa 3.000 Ohm. La messa a terra ha invece una resistenza di massimo 1 Ohm, così se c'è dispersione di corrente questa va verso la messa a terra [se un po' di corrente arriva all'uomo ha un'intensità non pericolosa]. È un *sistema passivo* perché non toglie la corrente ma la scarica a terra [poi scatta comunque il salvavita perché percepisce differenza di intensità].

**Interruttore salvavita** scatta nel momento in cui non torna indietro la stessa intensità di corrente perché vuol dire che c'è una dispersione che può essere pericolosa per l'uomo: evita pericolo di folgorazione. *Sistema attivo:* stacca corrente.

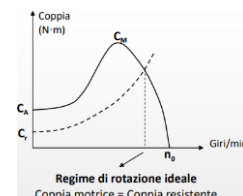
**Interruttore Magnetotermico** [termomagneto] è un interruttore che scatta per la differenza di resistenza. Se aumenta la resistenza aumenta anche la temperatura che potrebbe portare ad un rischio di incendio. È una protezione contro il surriscaldamento dato da un sovraccarico di corrente

**IP: indice di Protezione.** Ci sono due numeri: 1° protezione contro i solidi, 2° protezione dall'accesso di liquidi.

**IK:** 3° numero (eventuale) che di riferisce alla protezione da urti.

## DESCRIVI LA CURVA CARATTERISTICA DEL MOTORE.

La curva caratteristica di un motore indica le condizioni di coppia e di velocità a cui il motore funziona. La curva del motore non parte dall'origine ma con un  $C_A$  che è la coppia di avviamento. Poi la curva raggiunge un punto massimo  $C_M$  che una volta superato, anche aumentando il n di giri, la coppia diminuisce fino ad annullarsi. La curva  $C_r$  è la curva della coppia resistente: in corrispondenza del punto di incrocio tra  $C_r$  e curva del motore c'è il regime di rotazione ideale. Se  $C_r > C_A$  non si avvia il motore: si aggiunge un reostato di avviamento che è una resistenza che dissipa energia termica facendo in modo che il  $C_r < C_A$ .



## A COSA SERVONO I COEFFICIENTI DI UTILIZZAZIONE E CONTEMPORANEITÀ?

Sono dei coefficienti con valori da 0 a 1 che servono per dimensionare al meglio l'impianto elettrico perché permettono di stimare quanta potenza serve da chiedere poi all'ente erogatore [difficilmente un motore lavora sempre alla massima potenza]. Il coefficiente di utilizzazione dà un valore che indica la *reale utilizzazione dell'utenza* in base alla potenza del motore. Il coefficiente di contemporaneità è in funzione del *numero di utenze* a disposizione: più sono, meno probabilmente si useranno insieme [all'aumentare dei motori il cc diminuisce]. [1 motore, cc=1 perché si usa al 100%].

## EFFETTO JOULE

Quando ad un conduttore di resistenza  $R$  è applicata una differenza di potenziale  $V$  [ $V=R \times I$ ] che genera un'intensità  $I$ , al conduttore è sempre associata una potenza termica  $W$  [ $W=R \times I^2$ ].

Quindi se l'obiettivo è trasportare corrente elettrica si deve minimizzare l'effetto Joule: ridurre  $I$ , aumentare  $V$ . Per questioni di sicurezza il cavo deve avere  $I < 4A/mm^2$ , sennò si surriscalda: problema di incendio della guaina che riveste.

## LEGGE DI OHM

$V=R \times I$ .  $R$  è direttamente proporzionale a resistività [propensione di un materiale a favorire il flusso di corrente: conduttore resistività più piccola] e alla lunghezza; indirettamente proporzionale alla sezione del cavo.

## INVERTER, MOLTIPLICATORI E DEMOLTIPLICATORI

La corrente continua è un flusso di corrente in cui il flusso ha intensità e direzione costanti; la corrente alternata ha un flusso variabile nel tempo sia in intensità che in direzione.

Sia inverter che trasmissione meccanica modificano il numero dei giri:

- Un inverter modula la frequenza: prende la corrente alternata, la trasforma in corrente continua per poi ritrasformarla in corrente alternata con la frequenza giusta. Non è una trasformazione a punto fisso, quindi si usa se si vuole modificare spesso la frequenza
- Trasmissione meccanica si usa quando non si deve modificare la velocità, quindi si modifica il n di giri con degli ingranaggi.  $\tau > 1$  è un moltiplicatore,  $\tau < 1$  è un riduttore.

## DESCRIZIONE DEL MOTORE

Il motore elettrico sfrutta il fenomeno del magnetismo associato alla corrente alternata. È costituito da uno statore fisso e da un rotore che ruota. Lo statore è una bacchetta ferromagnetica avvolta da spire in cui passa corrente alternata: quando si fa passare la corrente, nella bacchetta cambiano i poli e quindi il rotore ruota per adeguarsi alla variazione del polo [la frequenza a cui cambiano i poli è di 50Hz]. Più sono i poli, meno gira il rotore.

## MOTORI SINCRONI E ASINCRONI

**Sincroni:** regime di rotazione teorico combacia con quello e lo scorrimento è uguale a zero [usarlo come rifasatore perché assorbe la corrente in anticipo].

**Asincroni:** regime teorico di rotazione non corrisponde con il reale, quindi lo scorrimento è diverso da zero. Sono motori molto elastici e versatili perché si può variare il loro scorrimento.

## TRASFORMATORE

Il trasformatore è usato per cambiare le caratteristiche di tensione e intensità. Il trasformatore è un anello costituito da due *selenoidi*, una con più spire, una con meno spire. Nell'abbassatore la corrente entra nella parte dove ci sono più spire, poi passa a quella con meno spire e quando esce ha una tensione più bassa. Nell'elevatore la corrente entra da dove ci sono meno spire, passa a dove ce ne sono di più e esce con una tensione più alta.

## ALTERNATORI

L'alternatore è una macchina elettrica rotante basata sul fenomeno dell'induzione elettromagnetica, che trasforma energia meccanica in energia elettrica sotto forma di corrente alternata.

[Quando c'è un motore si genera un campo magnetico che riesce a indurre un campo elettrico sulla parte statica; poi dal campo magnetico indotto si genera un campo elettrico su una delle componenti di questi alternatori].

## CALORE

### MEZZI DI TRASPOSTO DI CALORE

Vapore: mezzo maggiormente usato perché è quello che immagazzina più energia e scambia in modo più efficiente [cp più alto]. Si possono usare tubi con una sezione più piccola: meno costi impiantistici.

Aria: poco efficienza [cp basso], si usa solo se non ci deve essere uno scambio di umidità, per esempio per essiccare.

Acqua: meno efficiente del vapore, più dell'aria. Può dare problemi di incrostazioni date da depositi di calcare lungo il tubo, questo causa perdite di carico (si riduce diametro): soluzione è inserire una pompa e il vaso di espansione per limitare le perdite. Mettendo acqua in sovrappressione si scalda senza passaggio di stato, ma è rischioso.

### COM'È COSTRUITO UN SISTEMA DI UTILIZZO DEL VAPORE?

Generatore. È una caldaia in cui si mettono combustibile e acqua: la combustione produce calore che serve per il passaggio di stato da acqua a vapore [a T e P desiderate]. Se c'è poco ossigeno si può formare il *monossido di carbonio* (al posto del biossido di carbonio) che è pericoloso perché si lega all'emoglobina e causa avvelenamento. Se il materiale di combustione è solido, si effettua la combustione con eccesso d'aria per evitare la produzione di monossido. Sono:

- A tubi di fumo: i tubi in cui passano i fumi della combustione, sono immersi in una vasca d'acqua che scaldandosi diventa vapore. C'è anche un aumento di pressione, quindi serve personale qualificato (è rischioso).
- A tubi di acqua: nei tubi passa l'acqua e si trovano vicino al bruciatore così nel tubo l'acqua diventa vapore che si accumula verso l'alto. L'acqua non deve essere dura (incrostazioni da calcare, diminuzione diametro, perdite di carico); non acida (corrosioni localizzate); con poco ossigeno (reazioni indesiderate).
- A fluido diatermico: i tubi hanno il fluido che viene scaldato con dei fumi, poi il fluido passa in uno scambiatore dove c'è l'acqua che diventa vapore. Sono fluidi con catene di carboni che possono raggiungere anche 300°C senza il passaggio di stato [non superare le T<sub>max</sub> senno le catene di carboni degradano]. Il vantaggio è che non c'è un aumento di P, quindi possono essere usati anche da personale non qualificato [ma costano tanto].

Surriscaldatore [non è necessario]. Serve per surriscaldare il vapore (con calore sensibile) così che superi i 100°C (130°C): si ottiene vapore secco che non forma condensa. Non si vuole condensa perché trattiene poca energia e perché può rilasciare calore in parti più delicate dell'impianto dove può causare deformazioni dei tubi [→ per allontanare la condensa ci sono delle valvole].

Valvola riduzione pressione del vapore, è una perdita di carico voluta e gestita.

Desurriscaldatore è una doccia di acqua fredda che in contatto con il vapore ad alta T evapora riducendo il contenuto di energia [oppure bagno di acqua].

Linea di distribuzione. Implica necessariamente una riduzione di P e T per una degradazione delle caratteristiche qualitative del vapore. Le perdite (carico e calore) sono maggiori più è lunga la linea, vanno evitate perché sono una perdita economica. Perdite di carico. Distribuite sono quelle che si hanno quando il vapore attraversa le tubazioni a causa degli attriti [ridurre velocità e viscosità]. Si possono calcolare con l'abaco di Moody che distingue la zona del fluido laminare e del fluido turbolento [con scambio termico cerco il turbolento]; è considerata anche la rugosità.

. Localizzate sono le perdite che il fluido ha incontrando le discontinuità [angoli, valvole...], quindi dipendono dalla tipologia di impianto. Per calcolarle si usa un grafico che le indica come lunghezza di tubo in m equivalenti e va sommata alla lunghezza effettiva del tubo. Perdite di calore. Queste perdite possono essere stimate usando l'abaco con 5 quadranti: si trovano parametri *a* e *b* che sono da moltiplicare per trovare le perdite di calore per metro lineare di tubo. Come soluzione si può usare l'isolamento facendo un ragionamento economico per capire di quanto spessore farlo.

Perdite di pressione: più è lungo il tubo, più ce ne sono; più il fluido va veloce, più ce ne sono.

Utenza. C'è uno scambio di calore tra prodotto e vapore generando condensa.

Recupero vapore condensato. Il condensato se non è stato inquinato può essere raccolto e con una pompa può essere rimandato al generatore.

## COME SI RECUPERA IL CALORE?

Si può recuperare la condensa che si crea alla fine del sistema di utilizzo del vapore per riportarla a vapore: non si parte più da un fluido a temperatura ambiente. Si può usare un economizzatore che recupera calore dai fumi di combustione [a livello del generatore di calore] che altrimenti si batterebbero via per scaldare l'acqua in ingresso.

Si possono poi sfruttare dei flussi controcorrente: un liquido che deve raffreddarsi con uno che deve scaldarsi [es. latte].

## POMPE

### COS'È?

È una turbomacchina che trasforma energia meccanica (creata da potenza elettrica) in energia idraulica (che sposta fluidi). Ha un'aspirazione (da dove prendo fluido) e una mandata (da dove si butta per arrivare all'utenza). La  $P$  si calcola come  $\dot{m}$  (portata) per  $H$  (prevalenza).

### SE DEVO PORTARE L'ACQUA A 200m, RISPETTO A PRELEVARLA DA UN POZZO CHE È A 20m, DOV'È IL PROBLEMA?

Il problema non è dato dai 200m perché basta mettere delle pompe in serie, ma sono i 20m che possono innescare fenomeni di cavitazione legati all'aspirazione del fluido. La cavitazione è un fenomeno che si verifica se si superano i 7-9 metri. Aspirando il fluido si può abbassare la pressione fino a raggiungere la tensione del vapore e quindi si favorisce il cambiamento di fase da liquido a gas formando delle bolle. Quando queste bolle arrivano alla pompa causano dei danni e problemi di rumore.

### POMPA IN SERIE E IN PARALLELO

In serie usate per vincere una pressione elevata, per esempio per mandare l'acqua al 50° piano di un palazzo. C'è un incremento della prevalenza grazie al contributo di ogni pompa [si sommano le  $H$ ] mentre la portata rimane costante. In parallelo se voglio movimentare tanto fluido perché si mantiene costante la prevalenza, ma aumenta la portata.

### CURVA CARATTERISTICA DI UNA POMPA, CENTRIFUGA E VOLUMETRICA

Centrifughe: macchina con delle giranti che accelera la velocità del fluido aumentandone la pressione. La movimentazione avviene modificando l'energia cinetica.

Curva semi-parabola: all'aumentare della portata di fluido, la pressione diminuisce [indirettamente proporzionale]. La pompa deve avere una potenza tale per vincere l'attrito del tubo: si mette la curva della pompa in correlazione con la curva dell'impianto e si individuano le condizioni ideali di portata e prevalenza. [Per scegliere il modello della pompa si usa diagramma fazzoletti inserendo i valori di prevalenza e portata delle condizioni di funzionamento desiderate].

Viscosità: per mantenere una prevalenza costante si devono ridurre le portate; per garantire portate costanti si deve aumentare prevalenza. Tipologie:

- Monostadio → c'è una sola girante. Facile manutenzione. Più utilizzate, ma non idonee se il prodotto è delicato.
- Multistadio → più giranti. Usate per vincere prevalenze maggiori, ma il lavaggio è difficile.
- Sommerse → evitano la cavitazione durante aspirazione, perché la pompa è già sommersa nel fluido che deve aspirare. Può anche essere solo un avvicinamento. Devono avere alto indice IP [per sicurezza].

Volumetriche: macchine che movimentano il fluido con una camera di pompaggio in cui il fluido si comprime incrementando di pressione. [Il volume di riferimento è detto cilindrata].

Curva verticale: varia la prevalenza ma la portata rimane costante. Se la pompa raggiunge pressioni elevate è pericoloso (esplosione), quindi si inseriscono dei by-pass che sono sensori con delle valvole che si aprono per ridurre la pressione: parte del fluido viene portato indietro e fatto ricircolare attraverso la pompa [portata rimane costante].

In alcuni casi la retta può inclinarsi leggermente verso a sinistra [la portata si riduce rispetto a quella teorica], questo è causato dalla continua apertura/chiusura delle valvole che fanno tornare indietro il fluido: fenomeno del trafilamento.

Viscosità: se il fluido non è viscoso il trafilamento è maggiore; se il fluido è viscoso il comportamento è teorico.

Tipologie:

- A stantuffo → la camera assume geometria variabile: si alternano aspirazione e mandata con le rispettive valvole. Questo però fa rumore. Questo andamento del fluido è detto pulsatile: se voglio linearizzarlo si inserisce una camera di compensazione dopo la pompa, qui si accumula il fluido e poi si può prelevare per la mandata costante.
- A membrana → camera di aspirazione e mandata che si intercambiano contemporaneamente (tra aspirazione e mandata). Queste camere si formano perché c'è una membrana deformata con un pistone. Le pressioni non possono essere troppo alte senno la membrana si deforma: la curva diventa quella delle pompe centrifughe [non voluto]. È una pompa adatta a fluidi viscosi [con corpi solidi].
- A vite → rotore fisso che crea delle camere, muovendosi il fluido passa da una camera all'altra. Le  $P$  non possono essere alte e le portate sono basse: per aumentare  $P$  si deve allungare la pompa [ogni modulo rappresenta  $x$  Bar].
- A lobi → meno il fluido è viscoso, più può esserci perdita di portata. Per evitare trafilamenti: lobi coincidere 100%.
- Peristaltiche → fluido passa in un tubo e ci sono rulli che definiscono le camere e quindi il volume della pompa.

## COS'È LA PREVALENZA?

È una pressione espressa in Bar, PA o mCA.

- $\Delta H_0$ : prevalenza statica; indica il dislivello che il fluido deve superare in termini di altezza.
- $\Delta H_1$ : prevalenza dinamica; prevalenza per le perdite di carico nella tubatura durante il moto (perdita di pressione) e dipende dalla velocità.

## REGOLAZIONE PORTATA

**By-pass:** è una valvola che serve per ridurre la portata in uscita dalla pompa. A livello della pompa la portata rimane la stessa, quindi continua a lavorare a punto fisso [=ottimo]. Questa valvola potrebbe essere regolata automaticamente da un sensore di pressione in un punto critico dell'impianto. [Queste valvole si mettono sia prima che dopo la pompa così che si riesca a fare manutenzione]. Sia *volumetriche* che *centrifughe*.

**Regolazione regime del motore:** riducendo il n di giri del motore, si riduce anche la portata perché la pompa gira meno. È però un approccio da usare in modo saltuario perché qualsiasi macchina (pompe e ventilatori) sono accoppiati ad un dato motore che deve funzionare ad un dato regime. Si usa per le *volumetriche* in cui cambia la portata (non dovrebbe mai succedere).

**Strozzare la mandata:** si strozza la valvola così si riduce la portata, ma si aumentano le perdite di carico, quindi è da usare in modo saltuario perché si esce dall'intervallo di buon funzionamento. Solo per le *Centrifughe* perché nelle volumetriche non si riduce la portata ma si aumenta solo la pressione [pericoloso].

## VENTILATORE

### COSA SONO?

È una turbomacchina che trasforma energia meccanica in energia idraulica. È collegata ad un motore: energia elettrica si trasforma in meccanica e con questo si produce potenza aeraulica. Si distinguono da compressore (anch'essi turbomacchine) perché compressore fornisce più lavoro ( $> 17\text{kJ/Kg}$ ) per unità di massa rispetto al ventilatore.

### CURVA del ventilatore

La curva caratteristica del ventilatore correla la portata di gas con la prevalenza: per far circolare il fluido nell'impianto si deve fornire una certa energia sottoforma di pressione al fine di vincere gli attriti durante il moto. Deve essere correlata alla curva dell'impianto per individuare le condizioni ideali per raggiungere un buon rendimento.

### PRESSIONI

**Statica (PS):** è quella che il gas esercita in ogni direzione quando è contenuto in un tubo [ordine di grandezza dei Pa].

**Dinamica (PD):** è la pressione che esercita il fluido in una condotta, ma è in funzione della sua velocità perché il fluido si sta muovendo. La pressione agisce nella direzione in cui si muove il fluido.

Grazie a queste due definizioni distinguiamo gli estremi dei ventilatori:

- A bocca chiusa: ha solo pressione statica perché non c'è un flusso (si chiude l'uscita). L'unica pressione nella tubazione è quella esercitata dal fluido non in movimento che è sulle pareti interne.
- A bocca aperta: la pressione è tutta dinamica (si tolgono le condotte).

In entrambe le condizioni non va bene far funzionare il ventilatore perché non si raggiungono rendimenti corretti all'interno del circuito e c'è alta rumorosità. Se ci si trova a lavorare in una situazione più verso la bocca vuol dire che sono stati scelti dei modelli di grandezza superiore; se invece ci si trova più vicini alla situazione di bocca chiusa, molto probabilmente si dovrà prendere un ventilatore più piccolo. La condizione di pressione ideale è quella che incrocia la curva del ventilatore [pressione totale e pressione statica] e quella dell'impianto in cui deve essere inserito il ventilatore: sarà un intervallo di pressione.

### TIPOLOGIE

Assiali: l'aria passa attraverso le pareti. Portata elevata ma pressione inferiore.

Centrifughi: aspirazione assiale e poi l'aria viene convogliata in modo centrifugo alla mandata. Si aumenta la pressione a scapito della portata.

## MATERIALI SFUSI

### MODALITÀ DI TRASPORTO degli sfusi

**Pneumatico:** si usano dei bagni di aria (sospensioni in aria) e così facendo si riducono gli attriti. [fluidificazione].

**Idraulico:** il mezzo è l'acqua in cui i prodotti galleggiano [considerare peso specifico]. Si sfruttano pendenze.

**Meccanico:** con *tubi* e *scivoli* con inclinazione  $>$  angolo di attrito. A *nastro*. *Coclee* possono scaldare o no.

Angolo di riposo  $\rightarrow$  si crea posizionando naturalmente il materiale sfuso sul materiale.

Angolo di attrito  $\rightarrow$  si crea nel momento in cui il prodotto inizia a scivolare.

## REFRIGERAZIONE

### FARE IL DISEGNO DEL CICLO FRIGORIGENO

È il ciclo di Carnot è un diagramma pressione/entalpia. Ha su un piano temperatura ed entropia [ordine o disordine della materia]; se l'entropia è bassa il grado di disordine sarà basso (liquido o solido), se l'entropia è alta il disordine sarà alto (vapore). Il ciclo di Carnot è organizzato con due isoterme (orizzontali) e due isoentropiche (verticali). Il ciclo di Carnot si caratterizza per avere un ciclo di trasformazione ad alta temperatura, assorbire calore alle alte temperature e cederlo alle basse temperature. Il calore viene assorbito con un fluido frigorifero che è quello che fa il passaggio di stato. Questo ciclo è specifico per ogni fluido in base a  $T_{ev}$  e  $T_{cond}$ .

### COS'È IL DIAGRAMMA PRESSIONE/ENTALPIA E A COSA SERVE? [→è quello del frigo]

Il diagramma pressione/entalpia è un diagramma in cui si mettono in relazione la pressione, temperatura ed entalpia di un fluido frigorifero. Si usa il ciclo di Carnot *inverso*, dove il fluido refrigerante assorbe calore a basse temperature e lo cede ad alte temperature. Su questo diagramma troviamo una campana al cui interno avvengono i passaggi di stato liquido/vapore del fluido, all'esterno a destra c'è la zona del vapore (surriscaldamento), all'esterno a sinistra c'è la zona del liquido (sotto-raffreddamento). [La cima della campana è un punto critico di instabile equilibrio tra liquido/gas].

Per disegnare il ciclo si parte da  $T_{ev}$  e  $T_{cond}$  all'interno della campana. Con questo possiamo individuare 4 fasi, che corrispondono alle 4 componenti del frigorifero.

**Evaporazione BC** avviene nell'evaporatore che è uno scambiatore di calore. Il fluido frigorifero acquista calore dall'ambiente per raffreddarlo: questo è l'elemento che determina la potenzialità frigorifera, quindi è l'elemento che porta a scegliere un frigo o un altro. Più è alta la potenzialità frigorifera, più il  $Q_{ev}$  è alto e quindi più calore assorbe [il  $Q_{ev}$  indica quanta energia si riesce a sottrarre]. Per calcolare l'efficienza  $\epsilon$  si considera  $Q_{ev}/L$  [→componente attiva].

Trasformazione isoterma e isobara:  $T$  e  $P$  costanti, aumento di  $H$ .

**Compressore CD** è l'unica componente in cui è richiesta energia e che compie lavoro ma non ha un'efficienza del 100%. L'aumento di temperatura c'è perché il vapore secco diventa surriscaldato. Un problema è legato al *rumore* delle valvole che si aprono e chiudono: si possono usare compressori che comprimono il fluido e lo fanno passare tra i fori.

- Aperti → la parte meccanica è separata da motore. Si usa in impianti grandi (industriali) perché si produce tanto calore e si deve evitare che il motore si surriscaldi.
- Ermetici → compressore e motore sono nella stessa struttura (frigo domestici). Non si riesce a fare manutenzione, ma per questo l'affidabilità è elevata.
- Semiermetici → hanno un involucro per compressore e motore, ma è possibile aprirli per la manutenzione.

Alcuni cicli non hanno il compressore, ma usano ammoniaca come fluido. Si basano su un ciclo di assorbimento. Il fluido esce dall'evaporatore e passa in un *assorbitore* dove c'è dell'acqua (assorbente): vengono miscelati a bassa  $T$  e poi il fluido ottenuto viene pompato in uno scambiatore di calore controcorrente. Poi entra in un *separator-generatore* (boiler) che fa separare l'acqua dall'ammoniaca per effetto termico: l'acqua condensa mentre ammoniaca diventa gas ad alta  $P$  e va verso condensatore. In questo caso è necessario un fluido frigorifero solubile in un solvente.

Trasformazione isoentropica e adiabatica (no scambio calore con esterno): aumento di  $T$  e  $H$ .

**Condensatore DA**. Prima c'è il passaggio da  $D$  ad  $E$  in cui viene perso calore sensibile: fase di desurriscaldamento così il fluido raggiunge  $T_{cond}$ . Poi da  $E$  ad  $A$  c'è il condensamento con il passaggio di stato: il fluido frigorifero cede calore ad un altro fluido. Aria: generalmente poi è buttata via. Acqua: può essere recuperata in altre fasi del processo per fare preriscaldamenti; altrimenti si manda nelle *torri di raffreddamento* per raffreddarla in controcorrente con aria fredda e poi viene reimpressa nel frigorifero per raffreddare nuovamente il fluido frigorifero. In questa torre possono esserci condensatori evaporativi: nelle torri c'è il condensatore (che comunque deve essere vicino all'impianto di refrigerazione) dove il calore è ceduto dal fluido all'acqua e immediatamente dall'acqua all'aria [in alto si forma sempre aria satura]. Può esserci anche un sottoraffreddamento, quindi si va più a sinistra del punto  $A$  per aumentare l'efficienza  $\epsilon$  perché si parte da un fluido più freddo che quindi può sottrarre più calore.

È una trasformazione isoterma, isobara e comporta una riduzione dell'entalpia.

**Anello del freddo**: il condensatore caldo è lontano dall'utenza. L'acqua glicolata viene raffreddata con l'impianto di refrigerazione, viene accumulata in un serbatoio e poi inviata a più utenze che richiedono il raffreddamento; poi ritorna al condensatore per il ri-raffreddamento.

**Valvola di espansione AB**. Il fluido passa da  $T_{cond}$  a  $T_{ev}$  senza variazione di entalpia.

**Valvola capillare**: riduzione del diametro del tubo che genera una forte caduta di pressione. **Valvola a pressione**: si esercita una pressione a livello di membrana che deformandosi fa aprire un ugello che modifica il volume, cade la pressione che fa andare il fluido all'evaporatore. **Valvola termostatica**: c'è un termostato alla fine dell'evaporatore e in base alla temperatura che ha il liquido, la valvola si apre se l'evaporatore deve sottrarre calore; se no si chiude.

Trasformazione isoentalpica, isoentropica e *irreversibile*: diminuzione  $T$  e  $P$ ,  $H$  stabile.

**POMPA DI CALORE?**

È il contrario del frigo e serve per produrre calore: la parte essenziale diventa il condensatore. Prende calore a basse T portandolo ad alte T: ciclo di Carnot non inverso. Per riscaldare l'ambiente prendo aria fredda da fuori e la scaldo per portarla all'interno. Non si parla più di  $\epsilon$ , ma di COP che è il coefficiente di prestazione  $COP=Q_{cond}/L$  [ $\epsilon+1 \rightarrow$  le pompe di calore sono sempre più efficienti rispetto al frigo].

**IMPIANTI DI TRI-GENERAZIONE?**

Sono impianti che producono:

- Calore attraverso caldaia che produce vapore
- Energia elettrica attraverso una turbina che sfrutta il fluido movimentandolo
- Energia termica negativa, per il raffreddamento [utile per impianti frigoriferi]

**+ Cogenerazione:**

- Calore attraverso caldaia che produce vapore
- Energia elettrica attraverso una turbina

In sostanza si produce vapore a pressioni più alte di quelle che servono nel processo tecnologico, si manda in turbina dove si produce energia elettrica e poi quando il vapore è esausto si manda al processo tecnologico.

**CONDIZIONAMENTO**

L'impianto frigorifero controlla solo la temperatura, mentre l'impianto di condizionamento controlla temperatura, umidità (relativa e assoluta) e la purezza (gas indesiderati, polveri...).

**PERCHÉ FARE RICIRCOLO? PERCHÉ RINNOVO? E COSA SONO?**

Rinnovo prendo aria dall'esterno con condizioni di T e UR esterna.

Ricircolo riciclo aria in condizioni T e UR dell'ambiente [con filtrazione].

Fare 100% ricircolo sarebbe la condizione economicamente migliore perché l'impianto lavora con un  $\Delta H$  inferiore perché  $H_i$  quasi uguale a  $H_a$  e quindi abbassandosi la  $Q_{ev}$ , si abbassa il lavoro (energia, quindi pago meno). Però non si può fare solo ricircolo, perché l'aria interna è "contaminata": è necessario avere una percentuale di rinnovo. Quindi si crea una condizione di Mix: parte di aria da rinnovo, parte di aria da ricircolo. È una miscela adiabatica, perché non si introduce calore. Con questo approccio (miscela) si raggiunge benessere perché comunque viene rinnovata l'aria, ma con la miscela si hanno condizioni simili a quelle del locale e quindi si ha un risparmio energetico perché il compressore per raffreddare deve impiegare meno energia.

Quando fisso il punto M su mollier, se è costituita dall'80% da rinnovo, vuol dire che il punto M sarà più vicino ad E (cioè il punto esterno da cui prendo l'aria di rinnovo).

**COS'È LA BATTERIA DEL CALDO?**

$\Delta T$  è la temperatura che deve rispettare la temperatura di immissione rispetto a quella ambiente.  $\Delta T$ : civile max 5°C, industriale 10°C per persone; per il food è definito dal tecnologo e dipende dall'alimento. Se questo  $\Delta T$  non viene rispettato c'è un problema qualitativo. [per trovare il punto di immissione reale ci si deve spostare in modo parallelo all'asse delle y, e si arriva a un  $I_{pr}$  che rispetta il  $\Delta T$ . C'è quindi un post-riscaldamento fatto con le batterie del caldo che sono delle resistenze attraverso le quali passa l'aria alle condizioni di immissione non adeguate.

È meglio avere un  $\Delta T$  alto perché si consuma meno per portare l'aria di immissione alle condizioni.

**SE DEVO CONSERVARE MOZZARELLA E FRAGOLE/SALUMI, QUALI IMPIANTI USO?**

Per gli alimenti che respirano e/o perdono umidità [fragole, salumi, formaggi stagionati ...] è necessario usare un impianto di condizionamento che considera T e umidità. Mentre per alimenti confezionati [che non respirano, tipo mozzarella] si controlla solo la T e quindi basta l'impianto frigorifero.

**DESCRIZIONE DIAGRAMMA DI MOLLIER [diagramma dell'aria umida]**

Mette in correlazione umidità (relativa e assoluta), temperatura, ed entalpia.

- Umidità assoluta: è la quantità di acqua in aria ( $gH_2O/Kg$  aria)
- Umidità relativa (%): è il rapporto tra umidità assoluta ad una determinata temperatura sull'umidità che si potrebbe avere nelle stesse condizioni sulla curva di saturazione.

Si divide in due parti, separate dalla curva di saturazione che corrisponde a dove umidità relativa è uguale al 100%: a sinistra è quella degli *stati omogenei* dove l'aria è in grado di trattenere acqua (fino al suo 100%); a destra c'è zona degli *stati eterogenei* in cui l'aria non trattiene più acqua e in base alla T si verifica condensa ( $T > 0^\circ C$ ) o brina ( $T < 0^\circ C$ ).

Grandezze:

- Intensive: temperatura e umidità relativa  $\rightarrow$  non si possono sommare
- Estensive: entalpia e umidità assoluta  $\rightarrow$  si possono sommare

**QUALI SONO LE OPERAZIONI DELL'ARIA UMIDA? [operazioni elementari sul diagramma di Mollier]**

**Riscaldamento.** Si prende un'aria che dalla zona degli stati eterogenei va alla zona degli stati omogenei. L'aria ha un incremento della temperatura, riduzione dell'umidità relativa, conservazione dell'umidità assoluta.

**Raffreddamento.** L'aria ha una riduzione della temperatura, un aumento di umidità relativa (si va verso il 100%), una riduzione dell'entalpia. L'umidità assoluta non incrementa, ma se si supera la curva di saturazione ci si può spostare lungo la curva stessa: si perde umidità assoluta ed entalpia.

**Miscela adiabatica.** Miscela tra le due condizioni (A e E). Quindi se ho più aria di ricircolo (A) il punto M sarà più vicino ad A; se ho più aria di rinnovo (E) il punto M sarà più vicino ad E.

**Introduzione di acqua o vapore.** Serve per purificare l'aria. Introducendo vapore c'è un incremento di temperatura e entalpia (vado verso l'alto); introducendo acqua c'è un decremento di temperatura e un incremento di entalpia (vado verso il basso).

+ **Essiccamento.** L'immissione ha una umidità assoluta più bassa di quella dell'ambiente: si può prendere il calo peso perché l'aria di introduzione è secca e cerca di raggiungere l'equilibrio sottraendo acqua ai prodotti nel locale.

**AUTOMAZIONE****OBIETTIVO?**

L'automazione serve per migliorare il lavoro umano; infatti aiuta la condizione sociale dell'uomo perché va a ridurre tutte le operazioni ripetitive e alienanti, ma mantiene le attività più qualificanti. Inoltre con l'automazione si compensano i limiti umani perché si possono fare più operazioni contemporaneamente, è più precisa nelle valutazioni e comparazioni, è più veloce: l'automazione migliora la condizione sociale e il processo in termini di qualità/efficienza.

**Automazione:** l'uomo dà delle regole al sistema che grazie al principio del **feed-back** è in grado di controllare ed eventualmente correggerle. Con questo sistema il risultato del processo rimane costante [→a livello industriale].

**Meccanizzazione:** supporta un'attività perché l'uomo che mantiene l'autonomia decisionale, ma viene aiutato in alcune attività e quindi fa meno fatica [→a livello agricolo].

**FEED BACK**

È il principio che sta alla base dell'automazione. Si basa sulla capacità di una macchina di rispondere a degli stimoli indicati dall'uomo: il sistema diventa più efficiente, preciso e veloce [perché l'uomo ha dei limiti nel fare la stessa cosa]. C'è un circuito che può essere a sistema aperto o a sistema chiuso.

**Anello chiuso:** si controlla l'output per modificare l'input.

Si parte da un *device* [attrezzatura usata per una data attività] che è dotato di sensori. I sensori si occupano di trasformare un segnale fisico (T, t, pH) in segnale elettrico. Questo segnale viene poi amplificato (irrobustito) e filtrato per eliminare i segnali di fondo: arriva al sistema di controllo che lo confronta con il segnale di input [quello fissato dall'operatore] e prende delle decisioni. Se combaciano vuol dire che il processo è conforme. Se non combaciano il sistema di controllo dà un segnale di output che viene mandato all'attuatore che interviene sul device per riportare il parametro in condizioni normale. [Sensori: il collegamento tra segnale fisico e segnale teorico può essere per variazione di intensità di corrente o di tensione. Se aumenta T vuol dire che per l'effetto Joule, è aumentata I e surriscalda].

**Anello aperto:** non c'è il controllo con l'output perché è l'uomo stesso che interviene a fine processo per decidere se il prodotto è conforme o meno.

**TEORIA DEI SEGNALI**

La condizione ideale è quella in cui  $input=output$ , ma difficilmente la si ha. Il problema si riscontra quando input è tanto diverso da output perché il sistema di controllo ha difficoltà ad interpretarlo [e il sistema deve confrontarli].

I segnali possono essere:

- Gradino: off in origine e on al primo gradino, sistema più critico perché il salto è **repentino**.
- A rampa lineare e parabolico: partono sempre da off ma per arrivare all'on lo fanno più gradualmente.

Output possono essere:

- Esponenziale: si avvicina gradualmente (in modo esponenziale) al segnale ideale [valore teorico].
- Oscillatorio: il segnale fa su e giù rispetto al segnale ideale [cioè all'input]
- Oscillatorio smorzato: il segnale fa su e giù ma avvicinandosi sempre di più al segnale teorico. Qua la prima oscillazione è più grande rispetto alle successive [fenomeno dell'**overshoot**].

**ELEMENTI CHE CARATTERIZZANO SISTEMA DI CONTROLLO EFFICACIE [caratterizzano l'output]**

**Precisione**, misurata con gli *errori*. Più il segnale è uguale al valore teorico, meno errori ho. L'errori si misura facendo valore teorico/valore effettivo: più il rapporto è grande, meno il sistema è preciso. Valore relativo=valore assoluto/valore teorico. Errore percentuale=valore relativo $\times$ 100.

**Stabilità**. Un segnale è stabile se rimano in corrispondenza ( $\pm 2\%$ ) del valore teorico.

**Velocità di risposta**: è la velocità con cui risponde un sistema per regolare: più alta è meglio è.

- C'è una *costante di tempo*: tangente dell'output che parte dall'origine e arriva fino alla retta del valore teorico; in questo punto lo plotto sull'asse delle  $x$  e trovo la costante del tempo.
- *Tempo pendenza*: è un tempo che ci mette la curva a passare da 1/10 a 9/10 del valore teorico.
- *Tempo di arrangiamento*: è il tempo che ci mette il segnale a raggiungere la variazione massima del 2% rispetto al valore teorico [si usa per il movimento oscillatorio smorzato].
- *Tempo di ritardo*. È il tempo che impiega il segnale ad arrivare al 50% del valore teorico.

**SISTEMI DI CONTROLLO**

**Concetto di differenziale**: l'input è un intervallo e il segnale deve stare sempre all'interno di questo max/min. Può essere on-off, a tempo proporzionale o flottante. Nei primi due l'attuatore può assumere due posizioni [aperto/chiuso], mentre nel terzo può assumere anche posizioni intermedie [mazzo aperto/mezzo chiuso].

- **On-off**. Se il segnale si avvicina al limite massimo si prende la posizione off così si abbassa il parametro; se si avvicina al limite massimo si apre così si alza il parametro. Non si può mettere in punti critici perché apertura e chiusura sono uno sforzo meccanico. Se ci sono inerzie si superano gli estremi e la regolazione avviene dopo [=problema].
- **A tempo proporzionale**. Appena il segnale si allontana dal valore medio scatta apertura/chiusura. C'è una proporzionalità tra il tempo di apertura e chiusura [dura sempre 10sec, proporzionali tra apertura e chiusura].
- **Flottante**. Assume più posizioni, quindi l'attuatore può rimanere fisso in un intermedio apertura/chiusura se il sistema rimane costante.

**Valore puntuale**: definisce un vero e proprio valore, si chiama PID e ha tre azioni [usate tutte e tre o solo due].

- **Azione proporzionale**: si definisce una *banda di proporzionalità* che è un rapporto di proporzione tra azione dell'attuatore e discostamento dal valore puntuale impostato. Più è stretta la banda, più l'azione dell'attuatore sarà alta quando il segnale si discosta [e più è larga la banda, più l'azione dell'attuatore sarà minore se il segnale si discosta]. Se la perturbazione rimane costante si arriva al fenomeno di *off-set* per cui non si otterrà più il valore puntuale richiesto [ $\rightarrow$ necessaria taratura da parte dell'uomo].
- **Azione integrativa**: usata se ci sono perturbazioni costanti perché si usa un attuatore che riesce a regolarle. È una regolazione che rimane nel tempo.
- **Azione derivativa**: è una regolazione a livello di attuatore in tempi molto rapidi e serve per evitare uno scostamento significativo tra valore teorico e valore effettivo.