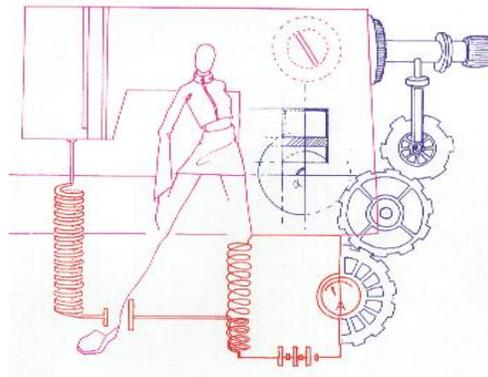


IPIA C.A. DALLA CHIESA – OMEGNA
PROGETTO ALTERNANZA SCUOLA – LAVORO
classi 4° e 5° MANUTENTORI



PRODUZIONE DI ENERGIA DA
FONTI RINNOVABILI

RISPARMIO ENERGETICO

prof. Massimo M. Bonini

MACCHINE A FLUIDO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA



PARLIAMO DI

- Macchine idrauliche
 - Turbine
 - Pompe
- Macchine termiche:
 - Turbine a vapore
 - Turbine a gas
 - Motori endotermici
- Turbine eoliche

SCHEMA BASE DI UN SISTEMA DI GENERAZIONE

Motore primo Collegamento meccanico Generatore elettrico rotante

Motore primo	Collegamento meccanico	Generatore elettrico rotante
Macchina a fluido	Accoppiamento	Alternatore
Idraulica	Diretto	Generatore asincrono
Termica	Con riduttore	Dinamo
Eolica	Regolazione di velocità	

PARAMETRI GENERALI

- Potenza nominale: potenza restituita (uscente) dalla macchina alle condizioni nominali di funzionamento; è il valore di potenza che viene “passato” al generatore elettrico
- Rendimento: rapporto tra potenza restituita e potenza assorbita dalla macchina, espresso in valore assoluto (0 – 1) o percentuale (0 – 100%)

MACCHINE IDRAULICHE

DEFINIZIONI

- Idraulica: è quella parte della fisica meccanica che studia il comportamento dell'acqua, ferma o in movimento.
- Come è noto l'acqua, in quanto fluido allo stato liquido, deve sempre trovarsi in un contenitore; in caso di acqua in movimento il contenitore viene denominato condotto.
- Un condotto completamente riempito dall'acqua (tubo) si dice 'in pressione'; se invece l'acqua scorre sovrastata da uno strato di aria a pressione atmosferica (canale) il condotto è detto 'a pelo libero'.



Canale a pelo libero a cielo libero



Canale a pelo libero in galleria



Condotta forzata (a pressione)

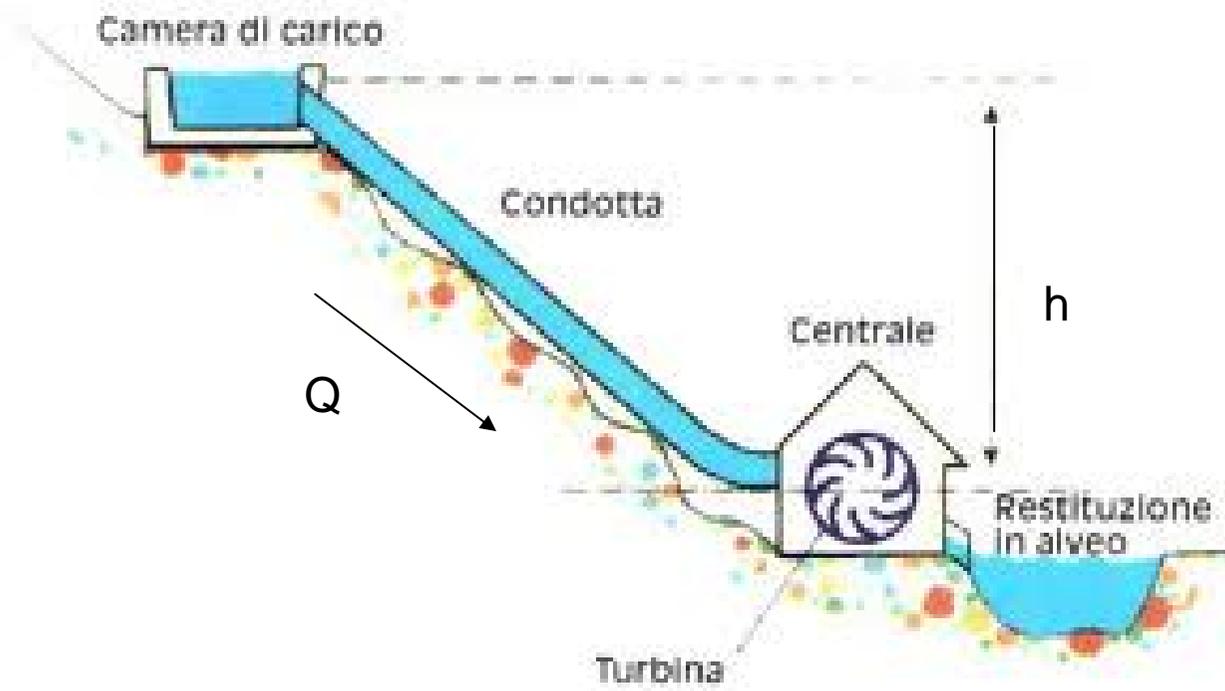
DEFINIZIONI

- Portata: quantità di acqua che passa in una sezione del condotto nell'unità di tempo; si indica con Q e si misura in l/s o m^3/s
- Salto: dislivello (verticale) tra il punto di partenza e quello di arrivo dell'acqua; si indica con h e si misura in m
- Potenza ricavabile da un impianto idraulico: è direttamente proporzionale ai due parametri di cui sopra [$P = Q h$ (circa)]

Ne deriva che il miglior impianto è quello che presenta salti e portate elevate.

Purtroppo le condizioni reali presentano in genere una compensazione dei medesimi parametri

1. Salti elevati e piccole portate
2. Grandi portate ma salti modesti



SFRUTTAMENTO DI UN SALTO D'ACQUA

- Ruota idraulica
 - Spinta “da sopra”
 - Spinta “da sotto”
- Turbina
 - Ad azione
 - A reazione
 - Mista
 - A coclea (o a vite senza fine)

RUOTE IDRAULICHE DA MULINO

I mulini ad acqua, insieme a quelli a vento ove le condizioni climatiche ne permettono l'uso, hanno costituito per millenni l'unica fonte di energia meccanica disponibile, utilizzata per la lavorazione dei prodotti agricoli e di manufatti artigianali. L'unica alternativa era l'energia prodotta da lavoro animale (o umano).



Ruota con spinta “da sotto”



Ruota con spinta “da sopra”



Impieghi dell'energia "animale"

TURBINE IDRAULICHE

Sono macchine rotanti che producono energia meccanica (cinetica) sfruttando la caduta di una certa quantità d'acqua (portata) da una certa altezza (salto).

Appartengono a due categorie

- Turbine ad azione
 - Sfruttano la spinta diretta dell'acqua; sono adatte a funzionare con portate ridotte e salti elevati
- Turbine a reazione
 - Sfruttano la spinta indiretta dell'acqua, sulla base del principio di azione e reazione; sono adatte a funzionare con portate elevate e salti di media o bassa entità
- Turbine miste
 - Sfruttano contemporaneamente entrambe i principi di funzionamento

Tipo di funzionamento	Tipo di turbina	Portata (mc/s)	Salto (m)
Azione	Pelton	10	> 100
Mista	Banki	10	Circa 20
Reazione radiale	Francis	10 – 100	Fino a 100
Reazione assiale	Elica fissa o Kaplan	> 100	Fino a 10

Elementi costitutivi delle turbine

- Girante: parte interna, mobile, montata sull'albero rotante; è dotata di pale, fisse od orientabili, che ricevono la spinta dell'acqua
- Distributore: organo fisso che regola il flusso dell'acqua e lo orienta opportunamente verso le pale della girante; è comandato dal regolatore di potenza; ha un'azione progressiva e relativamente lenta
- Sospensioni dell'albero: a cuscinetti o a bronzine
- Carcassa: contiene e sostiene gli altri componenti, evita la dispersione dell'acqua nell'ambiente di centrale

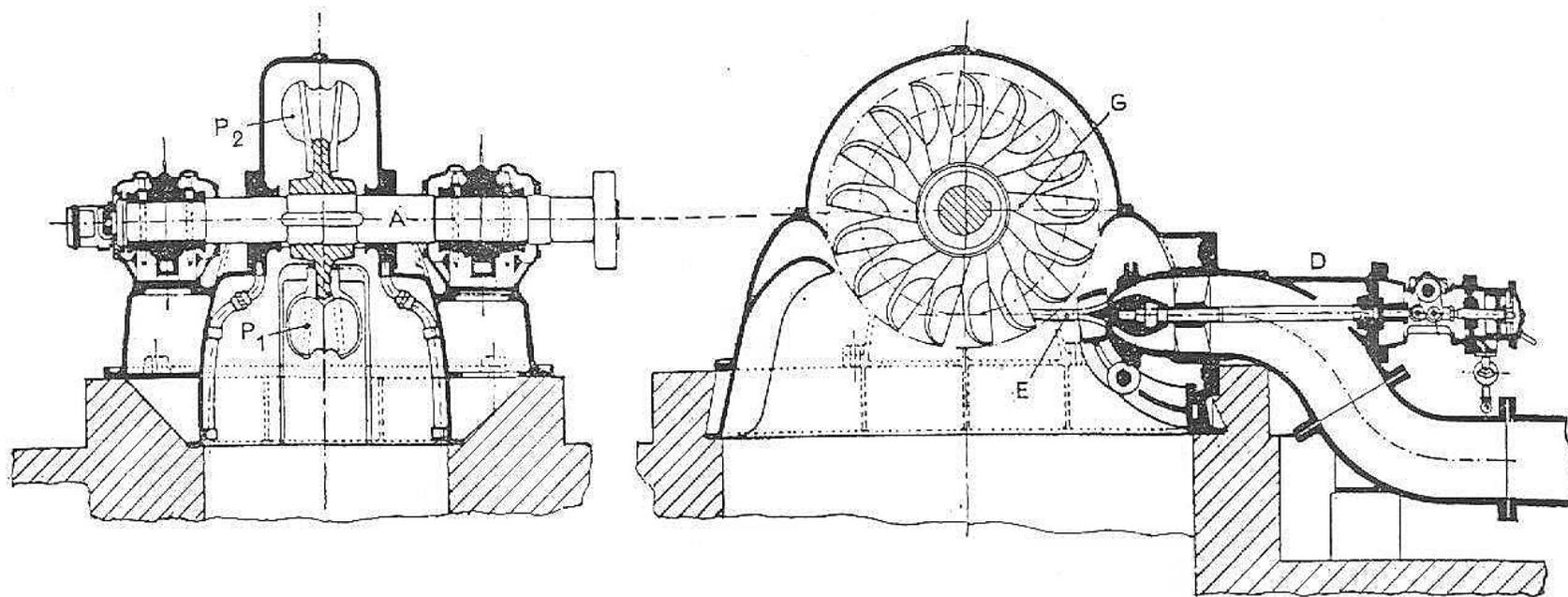
- Il diffusore o tubo di aspirazione, il suo uso è limitato alle sole turbine a reazione. Esso, serve a mantenere all'uscita della girante una depressione rispetto al pelo libero nel canale di scarico, con due scopi, permettere di sfruttare il dislivello tra girante ed il canale di scarico e di recuperare una parte dell'energia cinetica posseduta dall'acqua.
- Regolatore di potenza: dispositivo esterno alla turbina vera e propria; controlla la potenza meccanica richiesta all'albero della macchina e regola di conseguenza il flusso d'acqua agendo sul distributore; lo scopo è quello di mantenere costante la velocità di rotazione, da cui dipende il valore di frequenza generato
- Valvola d'intercettazione dell'acqua: organo terminale della condotta; permette di aprire o chiudere totalmente il flusso d'acqua, ma non di regolarlo; ha un'azione tipo on/off, relativamente lenta

TURBINE AD AZIONE

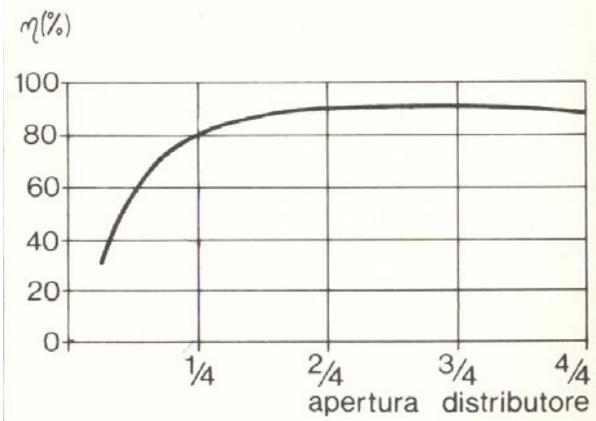
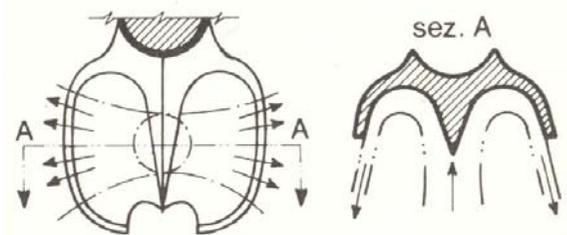
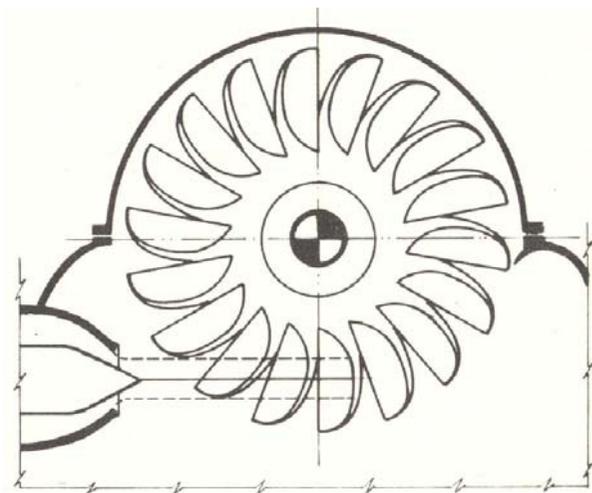
- Il tipo di maggior impiego è stato inventato nel 1880 dall'ingegnere californiano Lester Pelton (1829 – 1908), di cui ha preso il nome (turbina Pelton) e perfezionato nel 1900 da Doble. Questa macchina è l'unica capace di gestire i maggiori salti idraulici, il più alto dei quali, nel mondo, è quello di Fully, negli USA, con caduta di 1850m. In Italia la più esasperata è quella di Arise con un salto di 1050m.
- Altri modelli, molto meno utilizzati in pratica a causa di un minor rendimento, sono la turbina Turgo, inventata nel 1920 da Eric Crewsdon, e la Ossberger, inventata nel 1903 dall'australiano Mitchell e realizzata industrialmente da Ossberger.

TURBINE PELTON - PARTI COSTITUENTI

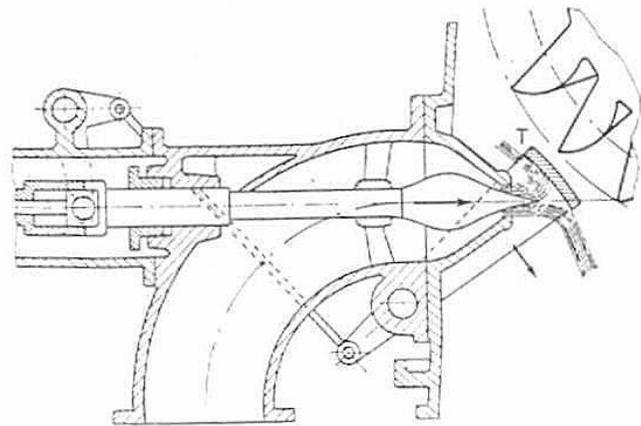
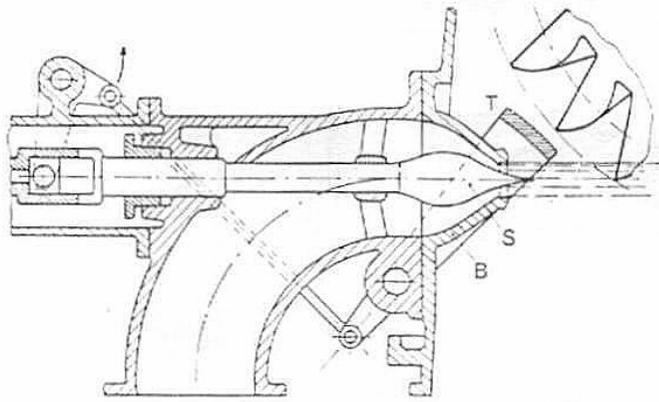
- GIRANTE:** può essere ad asse orizzontale o verticale. Le pale sono sagomate a doppio cucchiaio e ricevono direttamente la spinta del getto d'acqua proveniente dal distributore.
- DISTRIBUTORE:** sagomato a lancia, con regolatore di flusso interno a fuso scorrevole.
- TEGOLO DEVIA FLUSSO:** serve ad intercettare il getto d'acqua tra distributore e girante; permette l'arresto rapido della macchina.



Turbina Pelton ad asse orizzontale.
A, albero; **D**, getto; **E**, getto; **G**, girante; **P1**, fronte della pala; **P2**, dorso della pala



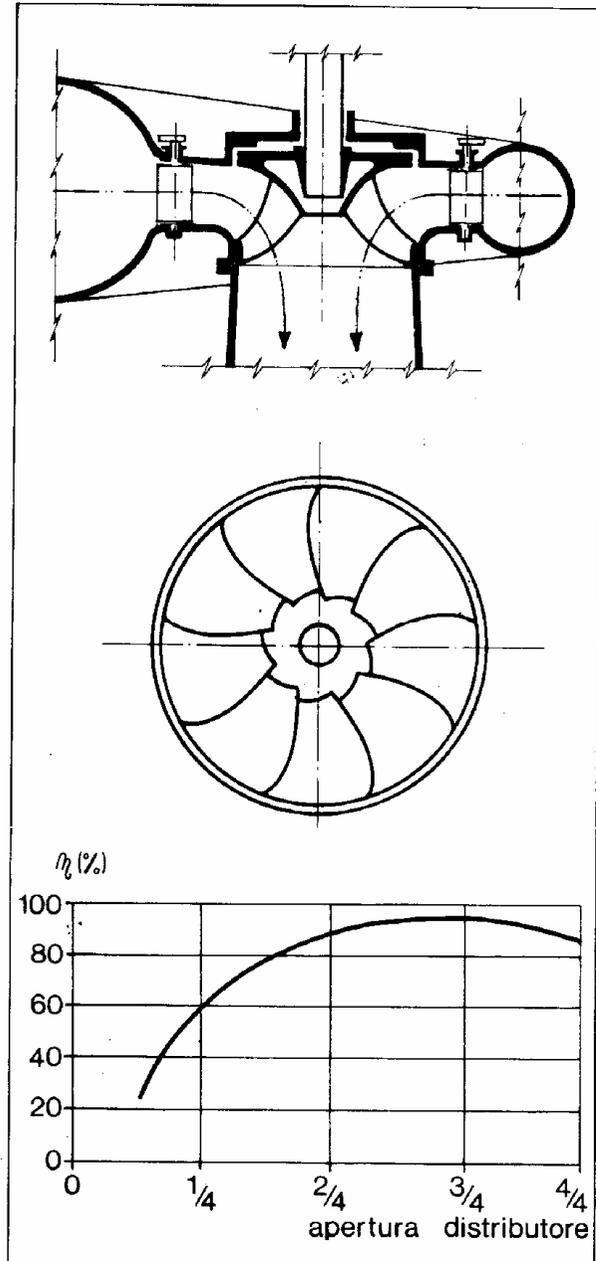
Girante Pelton



Distributore Pelton

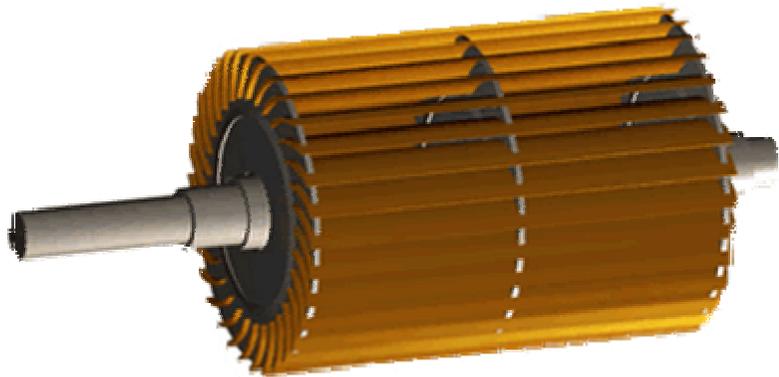
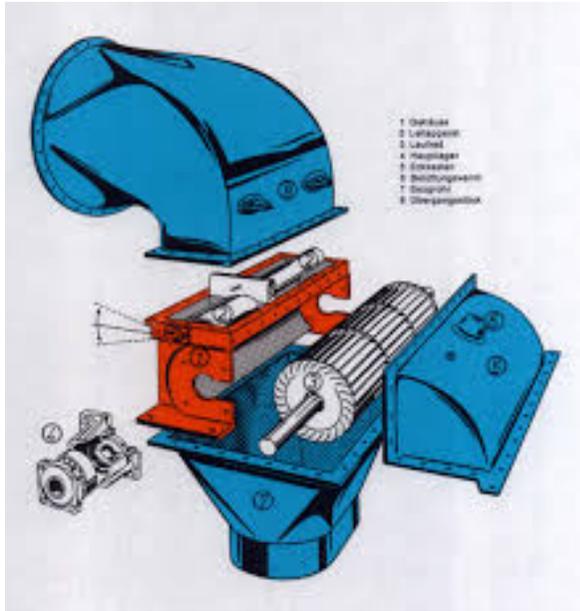
TURBINA A REAZIONE FRANCIS

- Prende il nome dall'ingegnere britannico James Bicheno Francis (1815 – 1892) che la brevettò nel 1849. Fu perfezionata poi in varie fasi. E' adatta a sfruttare salti compresi tra 20 e 80 metri.
- La Francis è una turbina centripeta a scarico assiale, essa ha larghissimo campo di impiego, subendo però notevoli variazioni nella sua forma e nei particolari costruttivi.
- Nel caso di salti molto bassi può essere:
 - In camera libera, ed allora dal bacino di carico l'acqua entra direttamente nel distributore.
 - Collegata ad una condotta forzata, che fa capo ad una camera a spirale destinata a convogliare l'acqua verso il distributore.



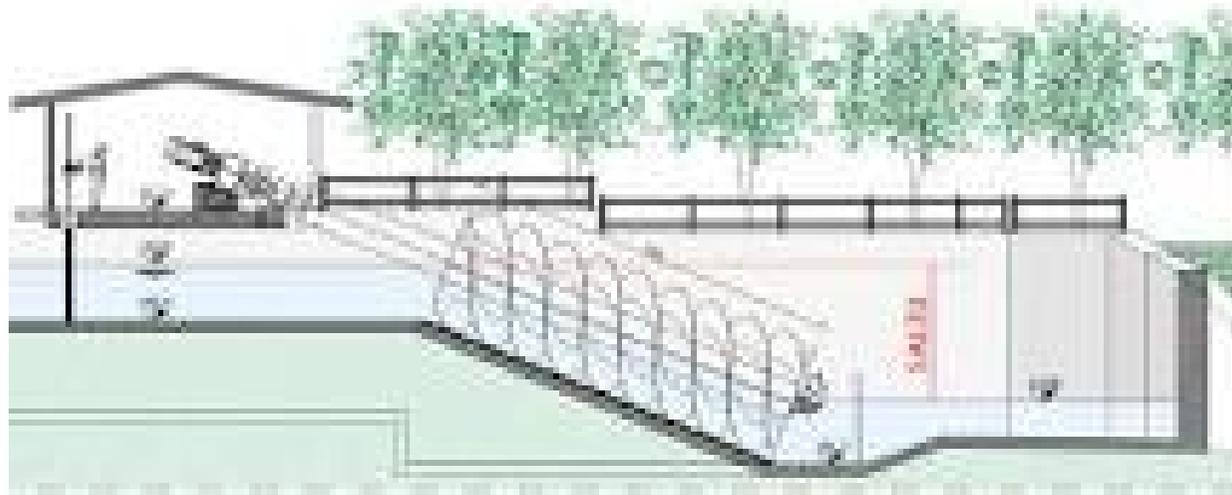
TURBINA BANKI

- Questa turbina ad azione si utilizza con una gamma molto ampia di portate e salti tra 5 m e 200 m.
- Il suo rendimento massimo è inferiore all'87%, però si mantiene quasi costante quando la portata discende fino al 16% della nominale e può raggiungere una portata minima teorica inferiore al 10% della portata di progetto.
- L'acqua entra nella turbina attraverso un distributore e passa nel primo stadio della ruota, che funziona quasi completamente sommersa (con un piccolo grado di reazione).
- Il flusso che abbandona il primo stadio cambia di direzione al centro della ruota e s'infiltra nel secondo stadio, totalmente ad azione.
- La ruota è costituita da due o più dischi paralleli, tra i quali si montano, vicino ai bordi, le pale, costituite da semplici lamiera piegate.
- Queste ruote si prestano alla costruzione artigianale nei paesi in via di sviluppo, anche se, non raggiungono i rendimenti dei gruppi realizzati con tecnologie appropriate.

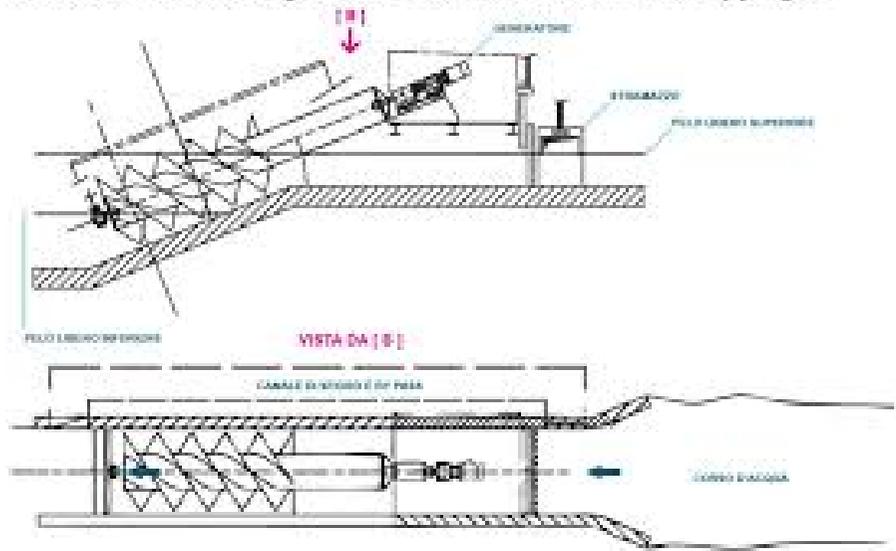


TURBINA A COCLEA

La **turbina a vite di Archimede**, nota anche come **coclea**, è un dispositivo meccanico atto a trasformare l'energia potenziale di un liquido in energia meccanica. Un esempio di applicazione è la trasformazione dell'energia potenziale dell'acqua al livello monte in energia meccanica. Essa è comparabile alla ruota idraulica, rispetto alla quale ha un rendimento più elevato. La turbina è costituita da un rotore tubolare con saldata una vite senza fine, che ruota in un contenitore metallico semicircolare chiamato trogolo. Il liquido scorre nella turbina e, per gravità, spinge la spirale, che ha funzione di pala, facendo ruotare la turbina sul suo asse. Questa caratteristica la identifica anche come *turbina a gravità* dato che non è la pressione, come per le turbine convenzionali, a generare il movimento ma la gravità stessa. Ciò consente a questa tipologia di turbine di operare senza necessità di essere intubate, ma utilizzando corsi d'acqua a pelo libero. L'acqua fluisce liberamente dall'imbocco a monte fino allo scarico a valle. Il movimento rotatorio della turbina viene trasformato in energia elettrica attraverso l'applicazione in serie, di un moltiplicatore e di un alternatore.



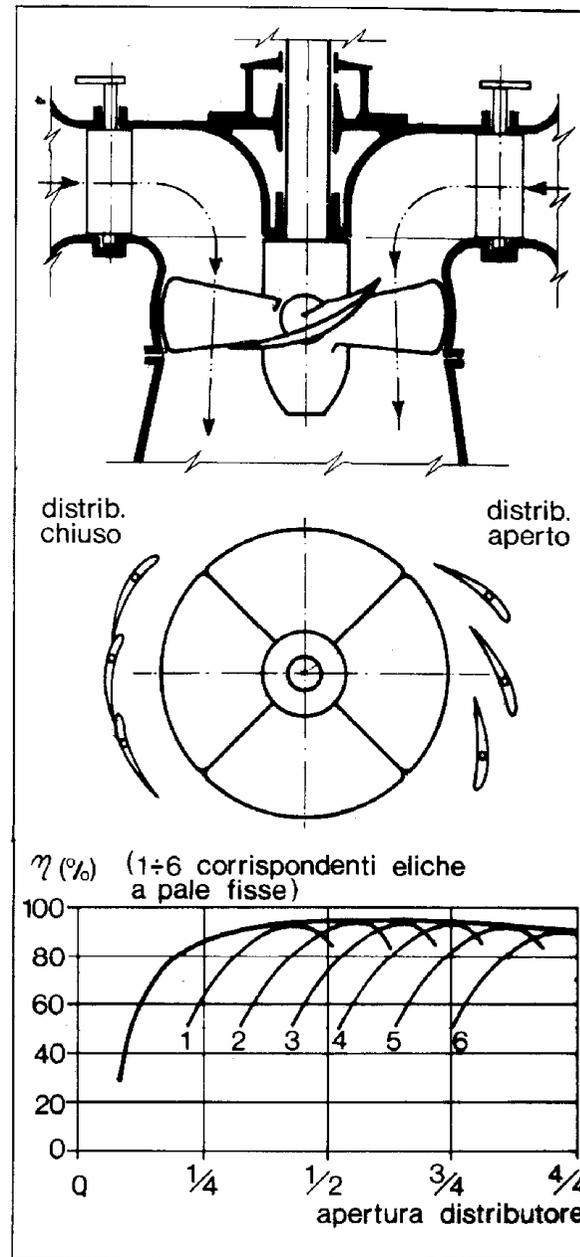
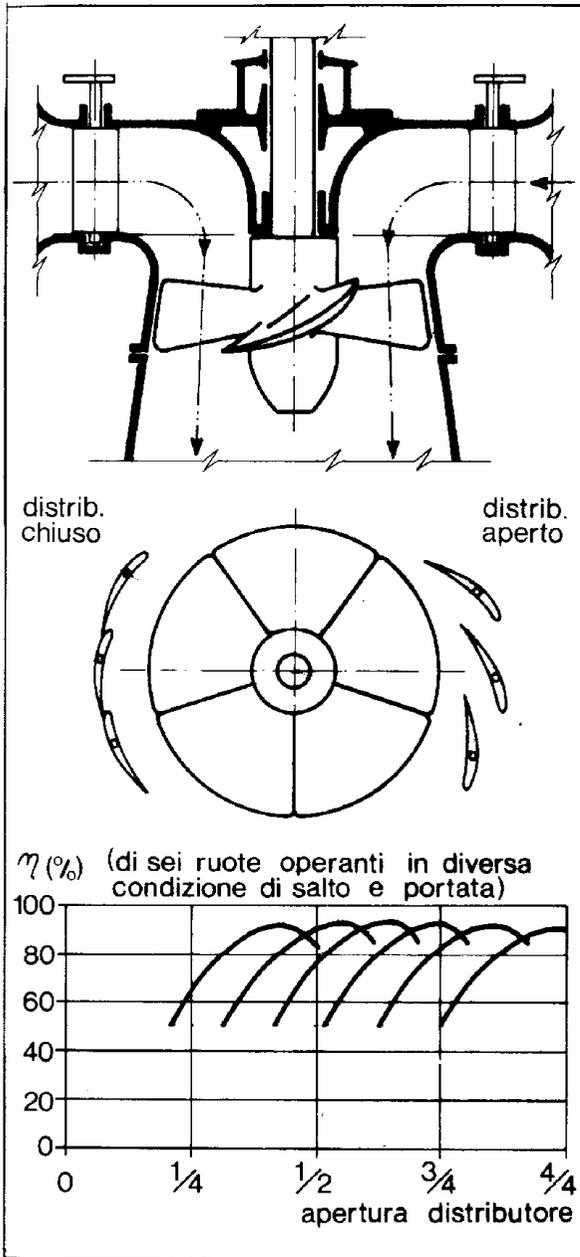
Schema tecnico del generatore idroelettrico mini idro Spyragen

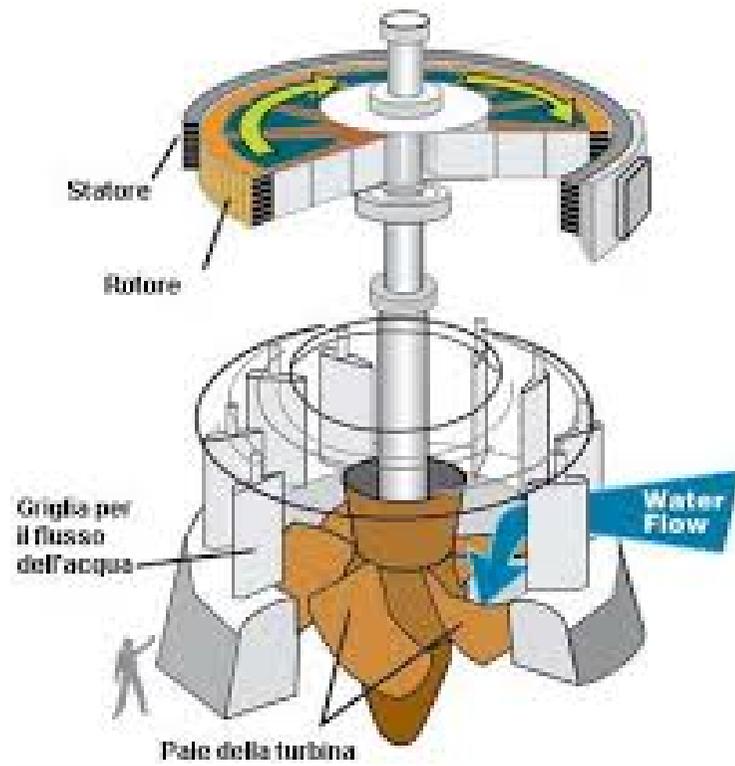


TURBINE A ELICA

Sono del tipo a reazione

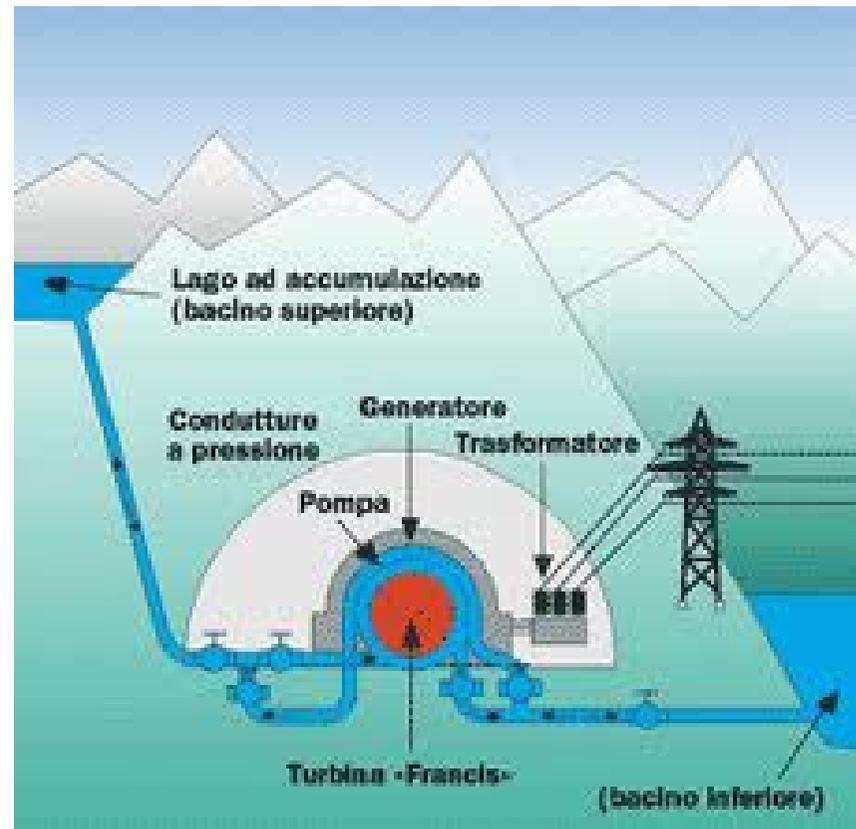
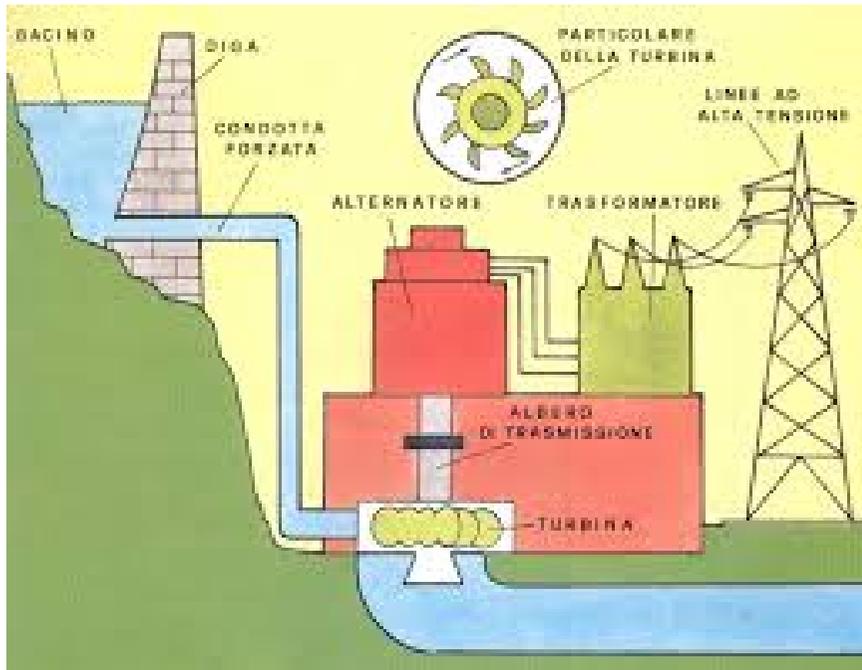
- Turbina ad elica fissa, derivata dagli studi di perfezionamento condotti sulla Francis. Può sfruttare salti fino a 20 metri circa, con portate elevate.
- Turbina Kaplan, con girante ad elica e pale orientabili; ideata nel 1912 dall'austriaco Victor Kaplan. Sfrutta lo stesso tipo di salto dell'elica semplice, ma presenta migliori rendimenti alle portate ridotte





POMPE TURBINE REVERSIBILI

- Questi tipi di turbine trasformano l'energia prodotta in eccesso rispetto al consumo, accumulandola sotto forma di energia di posizione, cioè pompando dell'acqua da un bacino inferiore ad uno superiore; tale acqua potrà quindi produrre nuova energia elettrica.
- Le due funzioni di pompaggio e di turbinaggio vengono affidate ad una sola macchina, che mossa da un motore elettrico – spesso lo stesso generatore - funziona da pompa e che invertendo il senso di rotazione, trascina la stessa macchina elettrica, che in questo caso funziona da generatore.
- Dal punto di vista costruttivo, a seconda del tipo di pompa, si nota una conformazione analoga a quella di una turbina Francis o di una Kaplan, che in effetti sono i due tipi di macchine che si prestano a questo tipo di impiego.
- Non sono invece reversibili le turbine ad azione; quando si volesse eseguire un recupero di energia occorrerà quindi accoppiare al gruppo turbina – generatore una pompa indipendente.

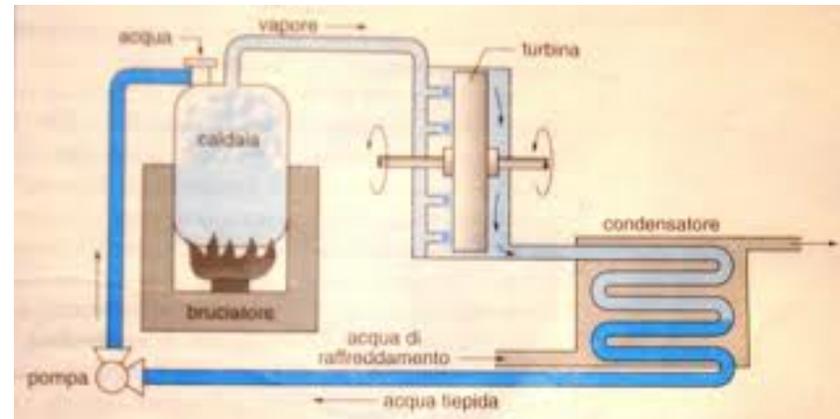


MACCHINE

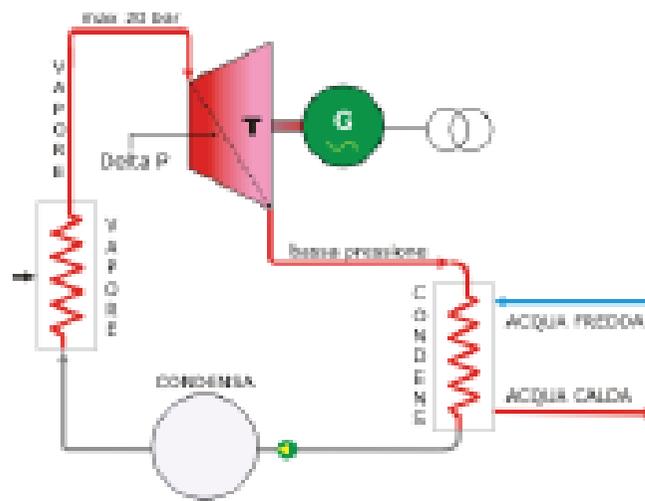
TERMICHE

TURBINE A VAPORE

- La turbina a vapore, grazie alla più alta efficienza termica ed al miglior rapporto potenza-peso, ha completamente sostituito la macchina a vapore di Newcomen - Watt.
- Da un punto di vista termodinamico la massima efficienza si ha quando l'espansione del vapore rappresenta un processo ideale (trasformazione reversibile) in cui la pressione del vapore diminuisce, diventando lavoro meccanico, in un numero infinito di stadi. La macchina alternativa di Watt era a singolo stadio, e i perfezionamenti successivi hanno utilizzato al massimo due o tre stadi (doppia e triplice espansione). Invece le moderne turbine a vapore raggiungono un'elevata efficienza termica proprio grazie alla presenza di un maggior numero di stadi in serie.
- Le turbine a vapore sono costose e richiedono processi di fabbricazione avanzati e materiali di alta qualità. Inoltre esse hanno elevata efficienza quando operano a regimi dell'ordine delle migliaia di giri/min, quindi se il carico deve ruotare a regimi più bassi è necessario un riduttore. Se la potenza installata è alta, però, gli alti costi di investimento sono compensati dal fatto che la turbina a vapore consuma meno combustibile, richiede meno manutenzione ed è di dimensioni più contenute rispetto ad un motore alternativo di pari potenza.



- Le turbine a vapore possono essere usate per produrre energia elettrica, accoppiate a generatori, spesso senza la necessità di riduttori. In questo caso esse operano a regimi ideali, in quanto i generatori devono ruotare ad una velocità costante (3000 giri/min per reti a 50 Hz e 3600 giri/min per reti a 60 Hz – in alcuni casi, specie in impianti nucleari, si utilizzano generatori a 4 poli che ruotano a velocità dimezzata). Inoltre la turbina a vapore, essendo una macchina rotativa, è vantaggiosa come motore di un generatore elettrico, in quanto non richiede alcun organo meccanico che trasformi il moto alternativo in rotativo.
- Un altro tipico campo di applicazione per le turbine a vapore è in impianti come raffinerie, cartiere, impianti di dissalazione e altri impianti in cui sono necessarie elevate quantità di vapore di processo. Si può progettare l'impianto in modo tale da avvalersi della turbina a vapore per ottenere una sinergia tra la produzione di vapore e quella di energia elettrica o lavoro meccanico.
- Infine le turbine a vapore sono utilizzate come motori marini sulle navi, in cui i limitati ingombri sono un vantaggio. Sono state realizzate anche locomotive propulse da turbine a vapore, ma la loro diffusione è stata molto limitata.



Questa piccola turbina, prodotta in sette modelli, da 50 a 350 kW, diventa utile quando si dispone di recuperi termici industriali altrimenti dissipati e dai quali sia possibile produrre vapore da 2 a 20 bar.

E' anche indispensabile quando sia necessario abbassare la pressione del vapore, in sostituzione delle valvole di riduzione, utilizzando il Delta P per produrre energia elettrica.

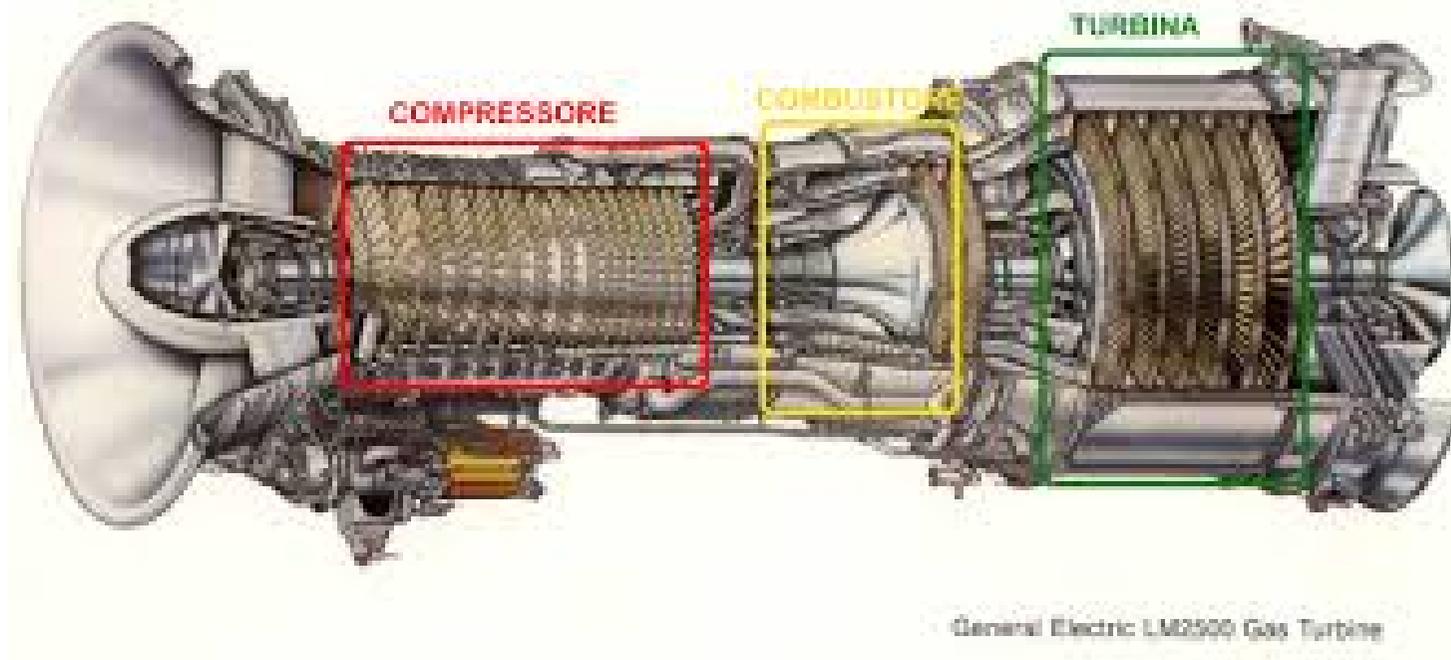
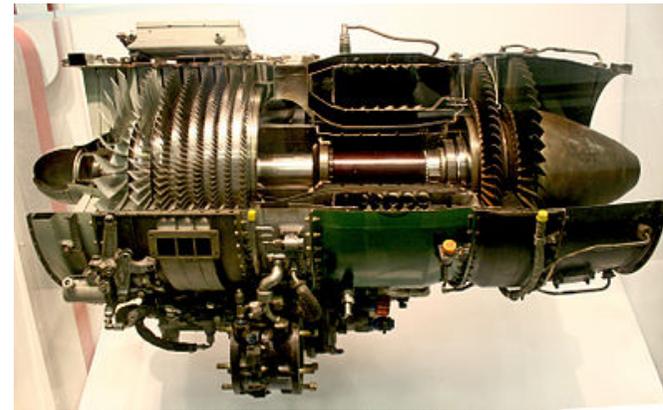
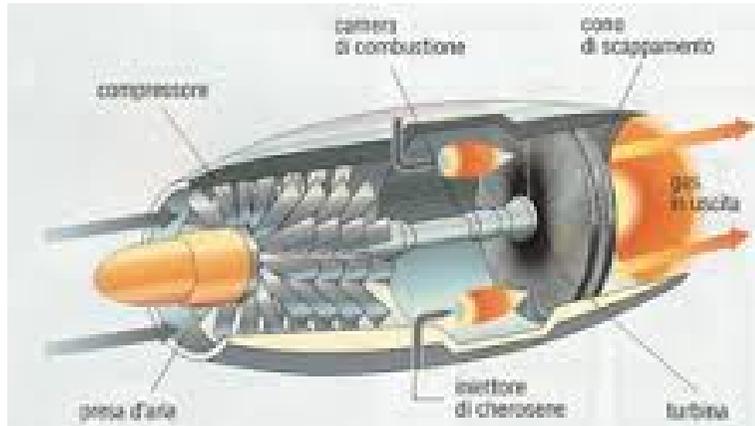
Il suo utilizzo in sistemi di combustione di biomassa consente di produrre energia elettrica nonché di utilizzare il calore di condensazione per usi termici e frigoriferi fino a -24 °C, ottenendo un rendimento globale superiore al 90%.

Non per ultimo, l'utilizzo in sistemi di cogenerazione combinata in unione a turbine gas o motori, sfruttando i gas esausti dissipabili, permette di produrre ulteriore energia elettrica con rendimenti molto elevati e di sfruttare il vapore a bassa pressione di risulta o il calore di condensazione.



TURBINE A GAS

Il **gruppo turbogas**, detto anche **turboespansore** o **turbina a gas** (in quest'ultimo caso da non confondere con l'omonima macchina), è un motore a combustione interna utilizzato per trasformare mediante turbomacchine l'energia chimica del combustibile. L'energia estratta viene resa disponibile sotto forma di potenza all'albero, aria compressa, spinta o una loro combinazione ed è utilizzata per muovere aerei, treni, navi, generatori o anche carri armati.



MOTORI ENDOTERMICI

Sono i motori tipicamente utilizzati per l'autotrazione; si suddividono in

- Motori a scoppio a due o quattro tempi, per piccole o medie potenze
- Motori Diesel a quattro tempi (ma esiste anche la versione a due tempi) per medie e grandi potenze
- Equipaggiano normalmente i gruppi elettrogeni autonomi



TURBINE EOLICHE

L'energia eolica è la conversione dell'energia del vento in una forma utilizzabile di energia, generalmente grazie all'utilizzo di aerogeneratori che producono energia elettrica, tramite mulini a vento che producono energia meccanica, pompe a vento che pompano l'acqua oppure ancora vele che spingono in moto le navi.

