

LA MACCHINA A VAPORE

Che cos'è?

Una macchina a vapore è un dispositivo che permette la conversione dell'energia termica del vapore acqueo in lavoro meccanico. Il calore è in genere prodotto dalla combustione di un combustibile fossile (carbone fossile), della legna o di un idrocarburo (gasolio, olio combustibile) o scarto termico di processi industriali.

Come funziona?

La macchina a vapore è costituita da un contenitore, il “bollitore”, dove è messa dell'acqua; essa viene riscaldata grazie ad una fonte di calore esterna che, facendo raggiungere al liquido temperature vicine all'ebollizione, rende possibile la formazione di vapore. Il gas, caratteristico per la sua adattabilità alla forma del recipiente, si espande in tutto il bollitore o in un secondo contenitore; in questo modo esercita una pressione sulle pareti tanto maggiore quanto più alta è la concentrazione del vapore stesso. Il vapore, tramite condotte, agisce su un pistone o una turbina e, esercitando una pressione, le mette in movimento producendo lavoro meccanico. La caratteristica che ha permesso nel tempo la diffusione di questo strumento e la sua applicazione in diversi campi è stata la possibilità di utilizzare fonti di calore e combustibili differenti.

Qual è la sua storia?

L'invenzione della macchina a vapore è attribuita, da molti studiosi, a Erone di Alessandria, detto anche Erone il Vecchio, filosofo e inventore greco vissuto nel I secolo d.C. Il dispositivo che realizzò fu l'eolipila (di cui parla nel suo trattato sulla pneumatica), un congegno che, sfruttando la forza del vapore, avrebbe consentito l'apertura delle porte del tempio di Serapide ad Alessandria nel momento dell'accensione del sacro fuoco da parte del sacerdote. L'etimologia della parola ci aiuta a comprendere di cosa stiamo parlando; essa infatti è composta da due vocaboli “eolo”, in greco, vento, e “pila”, in latino, sfera. Come possiamo vedere

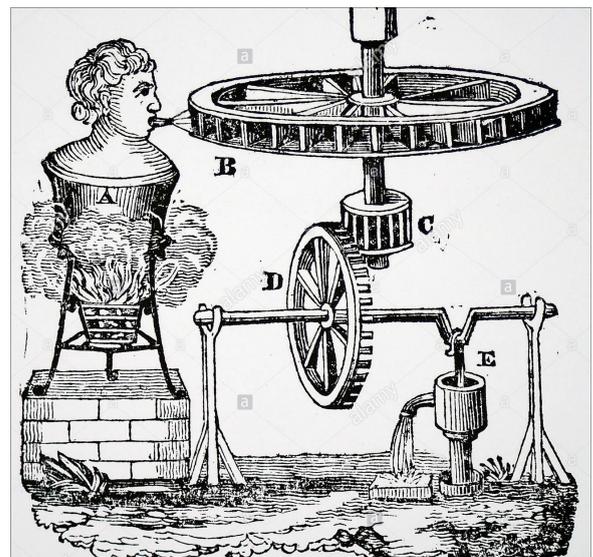
nell'immagine, infatti, lo strumento è composto da una sfera cava di rame o di ottone (buoni conduttori di calore), da due tubicini ricurvi forati all'apice e da una caldaia semisferica. La sfera è riempita d'acqua e viene riscaldata dalla fiamma; una volta che il liquido raggiunge una temperatura sufficientemente elevata il getto di vapore esce dagli orifizi mettendo in rotazione la palla in direzione opposta rispetto a quella del gas.



La maggior parte degli studiosi, però, ritengono che la macchina a vapore sia di origine moderna e dunque negano l'invenzione ai Greci e ai Romani, attribuendo loro solo la creazione di modelli che non hanno poi portato ad una reale applicazione.

Intorno alla metà del '600 Giovanni Branca, celebre architetto e ingegnere italiano, ideò un modello di macchina con cui introdusse i principi che stanno oggi alla base della macchina a vapore.

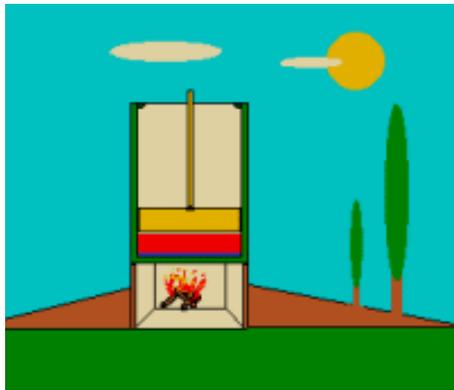
Guardando la figura possiamo renderci conto della ingegnosità della costruzione. Il vapore prodotto nella caldaia A fuoriusciva dall'ugello posto nella bocca del busto umano e metteva in moto la ruota a turbina B, la quale a sua volta, mediante un sistema di ruote a pioli C e D, forniva il movimento ai mortai e ai pestelli oppure ai sistemi di sollevamento dell'acqua e di taglio del legno E. Il modello di Branca aveva come scopo, all'epoca, la macinazione dei minerali per preparare la polvere da sparo, diffusasi in seguito all'avvento delle armi da fuoco.



Anche in questo caso i progetti non ebbero un'applicazione pratica ma rimasero solo teorici.

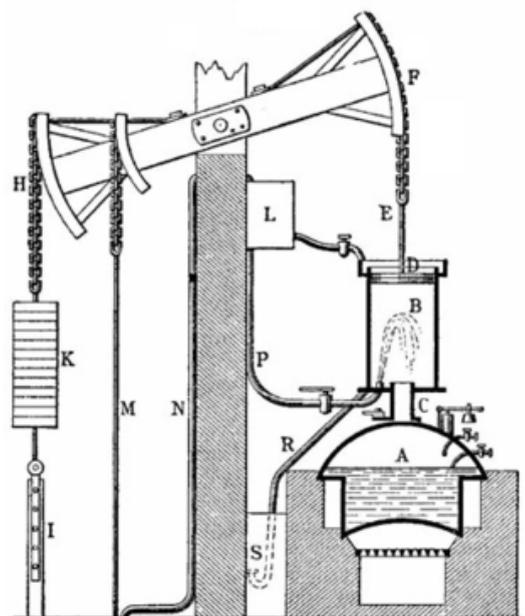
Solo nel 1690 vediamo apparire la prima rudimentale macchina a vapore, ideata dal matematico e fisico francese Denis Papin e usata per pompare l'acqua. Il dispositivo descritto nella sua opera *News Digester*, conosciuto anche come “digestore” o “pentola di Papin”, è composto da un cilindro metallico che funge da bollitore per l'acqua e contiene un pistone; accendendo il fuoco sotto il cilindro, il liquido si scalda e produce vapore, la cui pressione solleva il pistone. Quando il pistone arriva nel punto più alto, si spegne la fonte di calore; ne consegue che la temperatura dell'acqua diminuisce, il vapore si condensa, si riduce la pressione ed il pistone ritorna verso la parte inferiore del bollitore.

<http://ungaretti.racine.ra.it/SeT/macvapor/images/anim/papin.mp4>



Nel 1705 il britannico Thomas Newcomen fece un ulteriore passo avanti, creando il cosiddetto “motore atmosferico”.

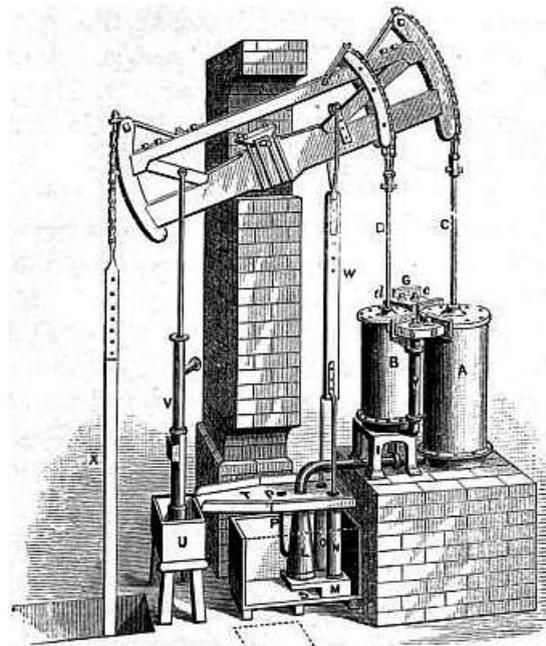
Si trattava di un cilindro verticale B nel quale era inserito un pistone D, a sua volta dotato di un contrappeso esterno K. Il vapore, prodotto esternamente al cilindro, veniva iniettato nel fondo del cilindro stesso, spingendo verso l'alto lo stantuffo, ulteriormente alleggerito dal contrappeso. Quando lo stantuffo raggiungeva la sommità del cilindro si apriva automaticamente una valvola e all'interno del cilindro veniva spruzzato un getto d'acqua fredda proveniente dal serbatoio L: l'abbassamento di temperatura faceva condensare il vapore e



la pressione atmosferica spingeva in basso lo stantuffo. Un braccio HF, basculante su un perno fisso, collegava lo stelo dello stantuffo E con il contrappeso e si prolungava con una barra che, alzandosi e abbassandosi secondo il movimento dello stantuffo, azionava una pompa I.

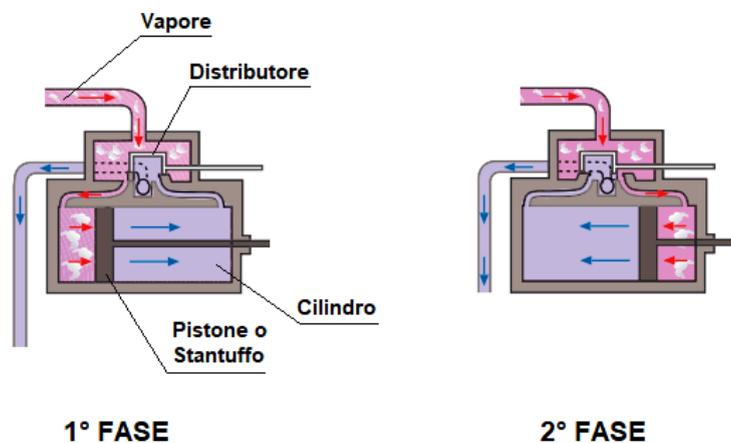
Pur essendo poco efficiente, il motore di Newcomen si rivelò abbastanza pratico e venne largamente usato per pompare l'acqua fuori dalle miniere di carbone.

<https://digilander.libero.it/calchic/primeapplic/immagini/newcomenult.gif>



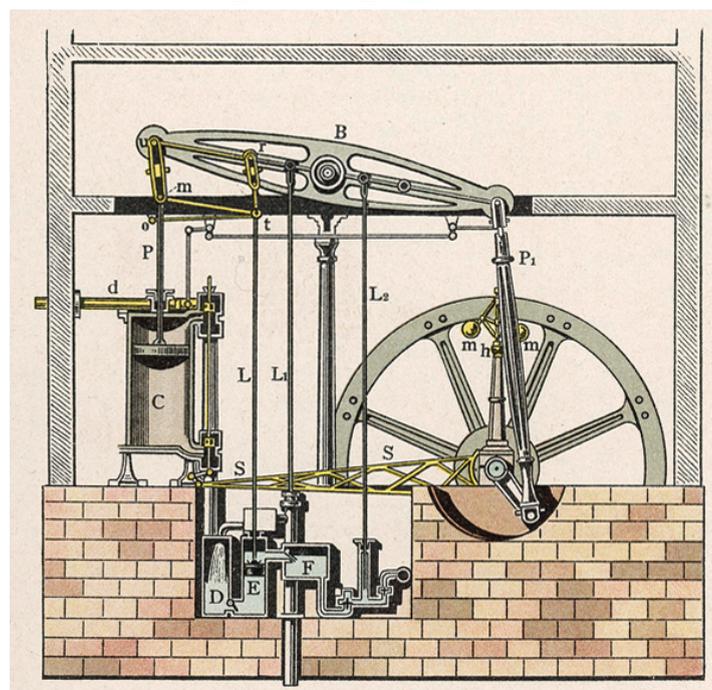
L'invenzione di Watt fu il primo esempio di macchina a vapore moderna ottenuta dalla modifica del modello di Newcomen. Tale prototipo, messo a punto tra il 1763 e il 1775,

si distingueva da quello di Newcomen per via del condensatore esterno e del moto rotatorio. Nel dettaglio, era presente una camera di condensazione del vapore separata che veniva raffreddata ad acqua ed era dotata di una pompa che si occupava

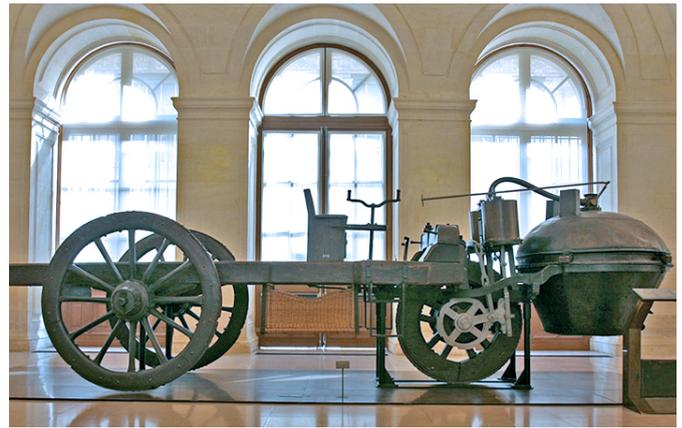


dell'aspirazione di vapore dal cilindro e della rimozione dell'acqua dalla camera stessa. Questo nuovo meccanismo riduceva la perdita del gas, che si verificava invece nei continui cicli di raffreddamento e riscaldamento nella macchina di Newcomen. Un altro vantaggio di questo apparato separato era che il lavoro (abbassamento del cilindro) era svolto dalla pressione del vapore e non da quella atmosferica, come nel modello precedente. La seconda e più importante novità della macchina di Watt fu l'introduzione di un meccanismo che trasformava il moto lineare del pistone, dal basso verso l'alto e viceversa, in un moto circolare continuo di un volano mediante dapprima un sistema di ingranaggi, detto planetario, e successivamente mediante un sistema biella-manovella. Da ultimo, Watt ne aumentò l'efficienza grazie al principio del doppio effetto (immissione alternata del vapore che aziona il pistone all'andata e al ritorno), inserendo una seconda valvola, il "distributore", che permetteva di introdurre vapore nel cilindro dal basso, quando il pistone si alzava, e dall'alto, quando il pistone aveva raggiunto il massimo della corsa per farlo ridiscendere; quest'ultima era comandata da un meccanismo di retroazione, noto come "regolatore di Watt", al fine di mantenere costante la velocità di rotazione del volano.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f0/Steam_engine_in_action.gif/440px-Steam_engine_in_action.gif



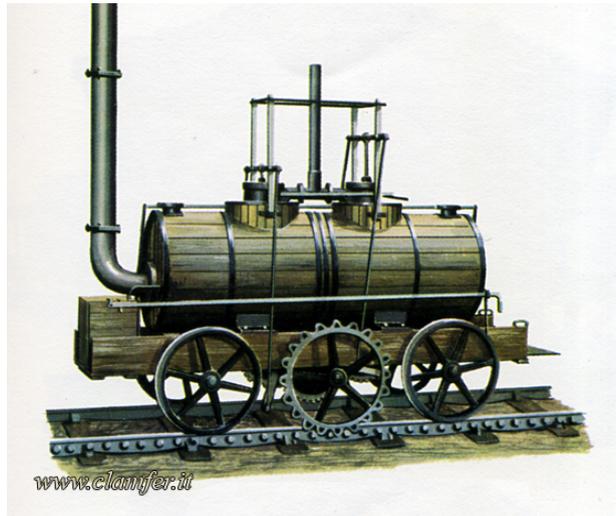
Nel 1770 l'ingegnere francese Joseph Cugnot fu il primo a costruire una macchina a vapore in grado di azionare le ruote di un carro per il trasporto militare della armi. Il collaudo della creazione, però non andò a buon fine perchè il mezzo acquistò velocità e andò a sbattere contro il muro. Nonostante il fallimento dell'esperimento, Cugnot confermò la possibilità di utilizzare il vapore per la locomozione e ricevette un premio dal governo francese.



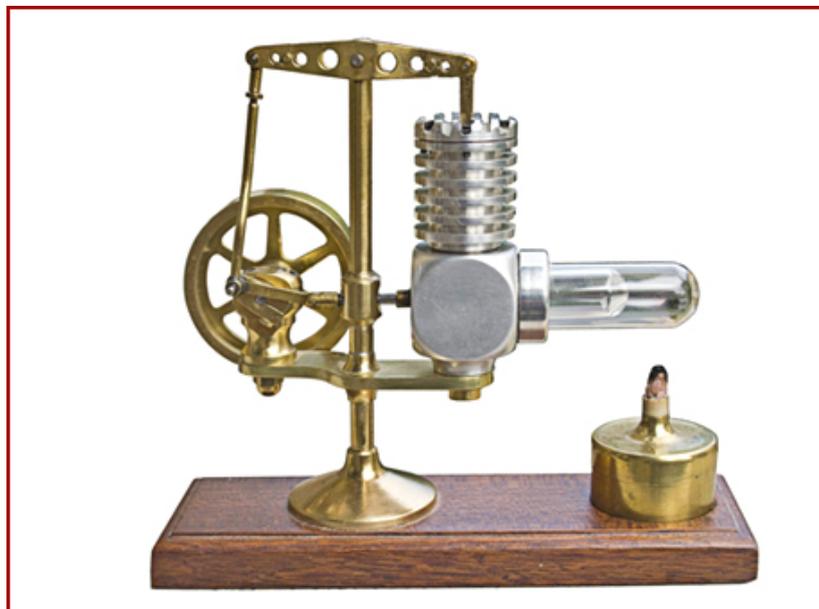
Nel 1804 gli inglesi realizzarono la prima locomotiva a vapore funzionante ad opera di Richard Trevithick. L'invenzione, chiamata "Penydarren", era costituita da un unico cilindro verticale, un volano e una biella. L'accorgimento che permise il successo della sua locomotiva fu l'utilizzo di un comignolo come via di scarico per il vapore del cilindro e come sistema di tiraggio per l'aria utile alla combustione.



Nel 1812 l'inglese John Blenkinsop sviluppò ulteriormente la creazione, aggiungendo un secondo cilindro, ancora alloggiato nella caldaia.



Nel 1816 Robert Stirling, pastore protestante scozzese, ideò un motore ad aria calda a combustione esterna al fine di ridurre il rischio di esplosione delle caldaie all'interno delle miniere e delle fonderie; questa alternativa era dunque più sicura rispetto alle prime macchine a vapore perchè funzionava ad una pressione inferiore, che non avrebbe potuto causare pericolose emissioni di vapore. L'invenzione fu abbandonata a causa del perfezionamento di macchine più efficienti a livello di rendimento.



Nel 1825 George Stephenson realizzò la prima locomotiva impiegata nel servizio pubblico, la Locomotion, e pertanto è oggi considerato il padre della locomotiva a vapore.



Dove viene applicata?

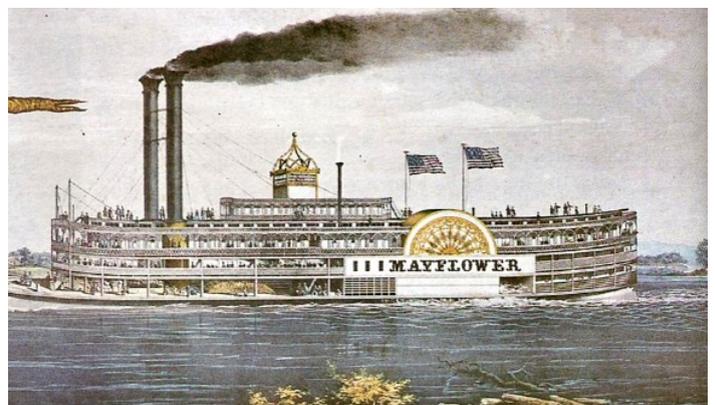
1. Estrazione del carbone fossile

Il carbone di legna venne progressivamente sostituito dal carbone fossile che, però, poteva essere estratto solo in profondità; per l'estrazione del materiale era necessario aspirare l'acqua delle falde sotterranee e ciò fu possibile grazie alle macchine a vapore.

2. Navi e treni a vapore

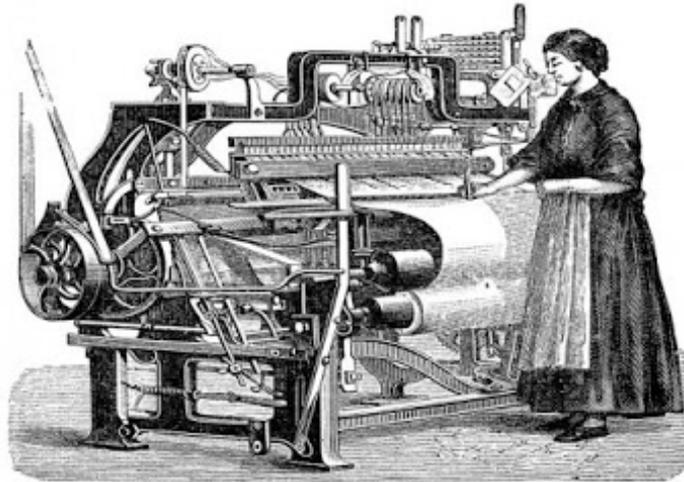
L'ottimo rapporto peso/potenza, il rendimento maggiore e i minori consumi consentirono l'installazione della macchina ad alta pressione sui mezzi di trasporto.

Ciò portò ad un enorme rivoluzione dei trasporti: il primo battello a vapore, il Clermont, fu costruito nel 1807 dallo statunitense Robert Fulton mentre, come anticipato, nel 1829 sarà la volta della locomotiva di Stephenson.



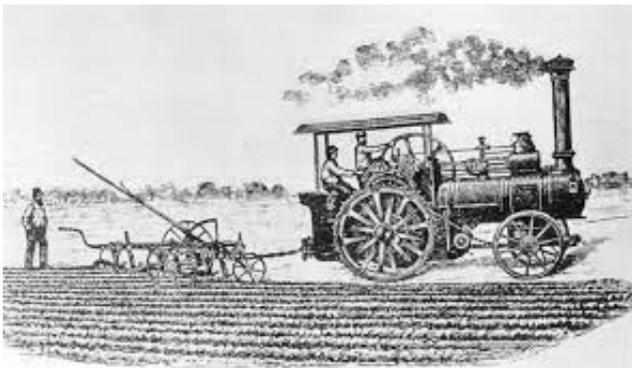
3. Attività tessile

Dal 1784 la macchina a vapore fu applicata ai filatoi meccanici e poi ai telai meccanici. Così facendo, ogni macchina poteva azionare decine di telai riducendo il numero di operai necessari per la supervisione.



4. Meccanizzazione in agricoltura

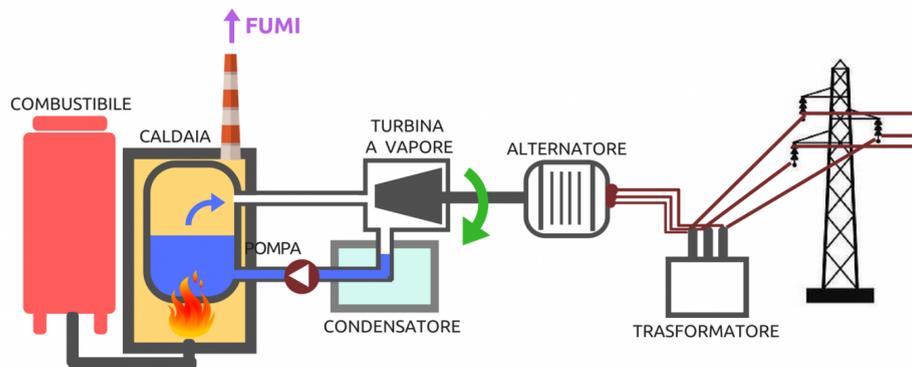
Le prime attrezzature agricole mosse da motori a vapore, le locomobili, fecero il loro ingresso in Inghilterra agli inizi del XIX secolo. Erano utilizzate principalmente per la seminatura, mietitura e trebbiatura dei cereali e la pressatura dei foraggi.



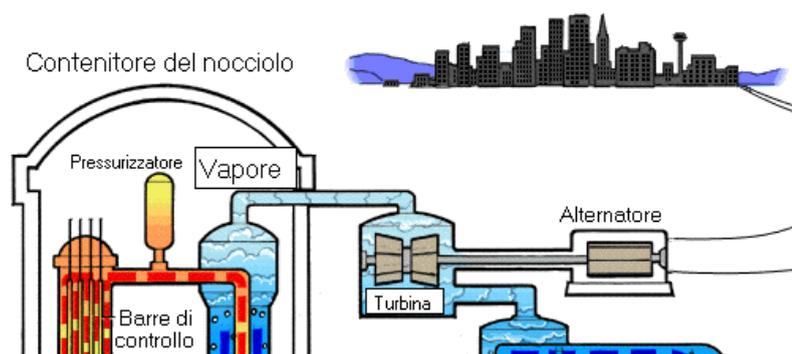
5. Centrali elettriche di tipo termico e nucleare

Gli elementi fondamentali di una centrale termoelettrica sono: caldaia, turbina, alternatore e condensatore. Nella caldaia viene prodotto un fluido ad alta pressione e temperatura che raggiunge la turbina, costituita da un insieme di ruote su cui è sistemata una serie di pale. Sotto l'azione del fluido la turbina ruota e fa girare il suo

asse, collegato all'alternatore, da cui parte la linea elettrica verso l'esterno. Così, l'energia meccanica della turbina viene trasformata in energia elettrica. Dalla turbina il vapore passa in un condensatore dove diventa acqua, ritorna alla caldaia e il ciclo riprende.



Il funzionamento di una centrale nucleare è simile a quello della precedente; la differenza sostanziale sta nel combustibile. Nella seconda, infatti, il calore proviene dalla fissione nucleare, cioè da una scissione dei nuclei di uranio quando sono bombardati da neutroni. La scissione dell'atomo è accompagnata da una produzione di energia sotto forma di calore e di altri neutroni che provocano nuove fissioni, in una reazione a catena controllata. Il calore prodotto viene trasferito ad un fluido refrigerante, che può essere acqua (reattori ad acqua) o gas (reattori a gas).



<https://www.informazioneambiente.it/macchina-a-vapore/>

<https://www.tecnologiaduepuntozero.it/2017/01/28/macchina-vapore/>

http://www.fmboschetto.it/didattica/inventori_italiani/Branca_Bielli_Bosello.pdf

http://www.clamfer.it/02_Ferrovie/Vapore/Vapore.htm