

INTRODUZIONE

Lo scopo di questo capitolo è introdurre il lettore nei concetti che stanno alla base del mondo delle centrali solari e delle centrali eoliche. Verranno introdotti i concetti di base per comprendere le tecnologie che stanno dietro al mondo della produzione di energia elettrica sfruttando il sole ed il vento. Inoltre verranno accennate altre tecnologie che sempre di più si stanno diffondendo come valida alternativa per la produzione di energia elettrica.

6.1 CENTRALI SOLARI

L'energia solare è una delle forme di energia in assoluto più pulite. Il funzionamento di una classica centrale solare è piuttosto semplice. Ma prima di descrivere il funzionamento di una centrale solare è bene fornire qualche semplice definizione di qualche concetto basilare. Per **energia solare** si intende l'energia raggiante derivante dal sole la quale viene trasmessa alla terra sotto forma di radiazione elettromagnetica. Le radiazioni elettromagnetiche sono composte da particelle elettricamente neutre chiamate **fotoni** la quale si propaga nel vuoto alla velocità della luce.

La centrale solare è un tipo di centrale per la produzione di energia elettrica che sfrutta tali radiazioni elettromagnetiche per generare energia elettrica o calore. Esistono due tipologie diverse di centrali solari:

- **centrali solari termiche**
- **centrali fotovoltaiche**

Gli impianti solari termici sono dispositivi che permettono di catturare l'energia solare, per utilizzarla per scopi termici (riscaldamento o acqua sanitaria calda) o per generare energia elettrica. I componenti fondamentali di una centrale solare termica sono:

- **pannelli solari**
- **Serbatoio per l'accumulo dell'acqua calda**

- **Centraline di regolazione**
- **Pompe di circolazione dell'acqua**

Il funzionamento di un **pannello solare**, chiamato anche **modulo fotovoltaico**, permette di trasformare la luce solare in energia elettrica, attraverso un fenomeno fisico che va sotto il nome di **effetto fotovoltaico**. In poche parole, alcuni materiali semiconduttori, come per esempio il Silicio, hanno la proprietà di generare energia elettrica quando sono sottoposti alla luce solare. Un pannello solare è composto da tante unità più piccole chiamate **celle fotovoltaiche**. La corrente generata è corrente in continua (C.C = Corrente in Continua o in inglese D.C=Direct Current). Successivamente, un **inverter** converte la corrente continua in corrente alternata. L'energia solare è quell'energia che viene prodotta dall'azione fotovoltaica delle celle solari. Nel processo di generazione di corrente, non vi sono emissioni di gas di scarico.

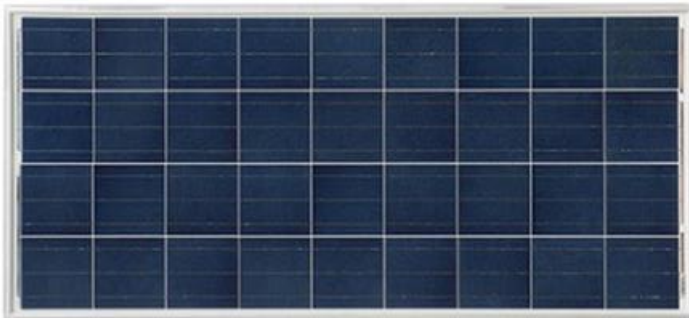


Figura 6.1: Pannello solare

Ricordando che il rendimento di una generica macchina è un numero compreso sempre tra 0 e 1 (oppure 0-100 se espresso in percentuale), dove il rendimento pari a 1 indica una macchina ideale (rendimento massima, ossia non ci sono perdite), per calcolare il rendimento di un pannello solare si usa la seguente formula:

$$\eta_{modulo} = P_{el} / G * A$$

Dove con P_{el} si indica la **potenza elettrica massima** generata dal modulo, con A si indica l'**area del modulo** e con G si indica l'**irraggiamento** in condizioni STC. STC è l'acronimo di **Standard Test Condition**, ed indica le condizioni in cui l'irraggiamento della radiazione solare è pari a 1000 W/m^2 alla temperatura di 25°C . Un modulo fotovoltaico è realizzato con materiale semiconduttore (solitamente il Silicio (Si)). Tramite il **solarimetro** è possibile misurare la radiazione solare.

La seguente figura mostra lo schema generale di una piccola centrale solare.

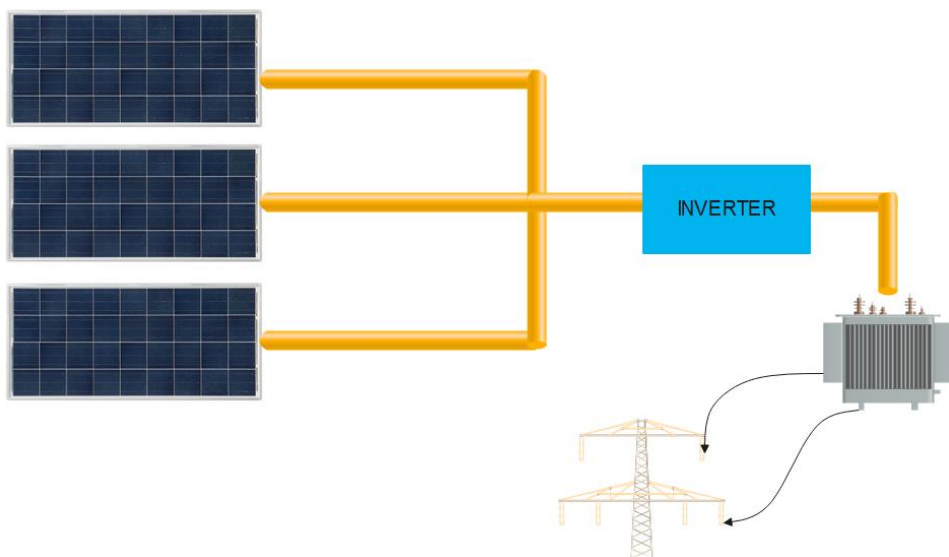


Figura 6.2: Impianto solare

Una centrale solare termica invece si basa sulla concentrazione della radiazione solare proveniente da un sistema a specchi (eliostati). Tali specchi possiedono dei motori elettrici che permettono ai medesimi di inseguire il movimento del sole (vengono anche chiamati inseguitori solari). I raggi, per

la forma data agli specchi, vengono convogliati verso un ricevitore posto su una torre che può essere alta anche 100 metri. Con il calore sviluppato (si parla di temperature che vanno dai 500 ai 1000°C) ed accumulato grazie ad un fluido, si produce vapore che permette di far ruotare una turbina producendo così energia elettrica. Impianti di questo tipo possono anche erogare potenze di 100-200MW.

VANTAGGI:

Le centrali solari producono energia in modo pulito.

SVANTAGGI:

Come per tutte le altre fonti rinnovabili anche l'energia solare ha dei limiti legati principalmente all'irregolarità dell'energia disponibile. Inoltre i rendimenti dei pannelli solari sono ancora piuttosto bassi. Il rendimento massimo si ha proprio con i pannelli a concentrazione (rendimenti del 40% circa).

Per quanto riguarda i fattori che possono determinare il rendimento di un generico pannello fotovoltaico essi possono essere svariati e si possono raggruppare in:

- **Fattori interni**
- **Fattori esterni**

Per fattori esterni si intendono i fattori ambientali quali, per esempio, il posizionamento del pannello in termini di latitudine ed inclinazione del medesimo oppure la presenza di polvere sulla sua superficie. Per fattori interni si intendono quei fattori legati alle caratteristiche tecniche legate al pannello, all'inverter, eccetera.

6.2 LA TECNOLOGIA DELL'IDROGENO

Oltre il 90% dell'universo e il 70% della terra è composto da Idrogeno. L'idrogeno allo stato puro non esiste in natura se non nelle emanazioni vulcaniche. Per poter quindi estrarre l'idrogeno bisogna utilizzare delle particolari tecnologie. L'idrogeno è l'elemento chimico più semplice. Il 61% di atomi nel nostro corpo è composto da idrogeno (H_2). Nella fusione nucleare ci sono reazioni con l'idrogeno. E' l'atomo più leggero che esista. Attualmente è possibile estrarre l'idrogeno in due modi:

- **Tramite l'elettrolisi**
- **Tramite il reforming**

Oggi circa il 90% dell'idrogeno per scopi industriali viene estratto sfruttando il secondo metodo il quale consiste nel fare reagire del gas naturale con il carbone e il vapore d'acqua ad alte temperature in un catalizzatore il quale cattura gli atomi di idrogeno. Da questo processo si genera, come materiale di scarto, l'anidride carbonica. Una soluzione alternativa è l'elettrolisi la quale risulta però meno economica. L'elettrolisi dell'acqua (H_2O) si verifica quando l'energia elettrica causa la scomposizione dell'acqua in ossigeno (O) ed idrogeno (H_2). Tale reazione avviene nell'**elettrolizzatore**. Ma come si può generare energia dall'idrogeno? Si segue il processo di elettrolisi però stavolta all'indietro. Questo processo sta alla base delle celle a combustibile. Il funzionamento di una cella a combustibile è abbastanza semplice. Il combustibile è proprio l'idrogeno mentre l'ossigeno è il comburente. Il combustibile viene fornito all'elettrodo negativo il quale si ossida con cessione quindi di elettroni. Gli elettroni fluiscono in un circuito elettrico esterno producendo, di fatto, lavoro elettrico. Il circuito si chiude con gli elettroni che giungono al catodo dove riducono l'ossigeno ad uno ione.

Lo schema di massima è il seguente:

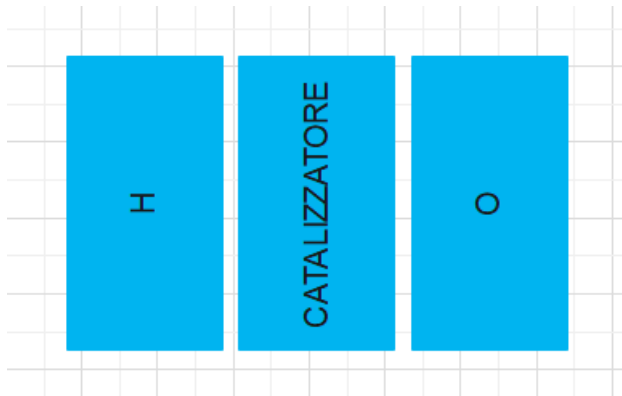
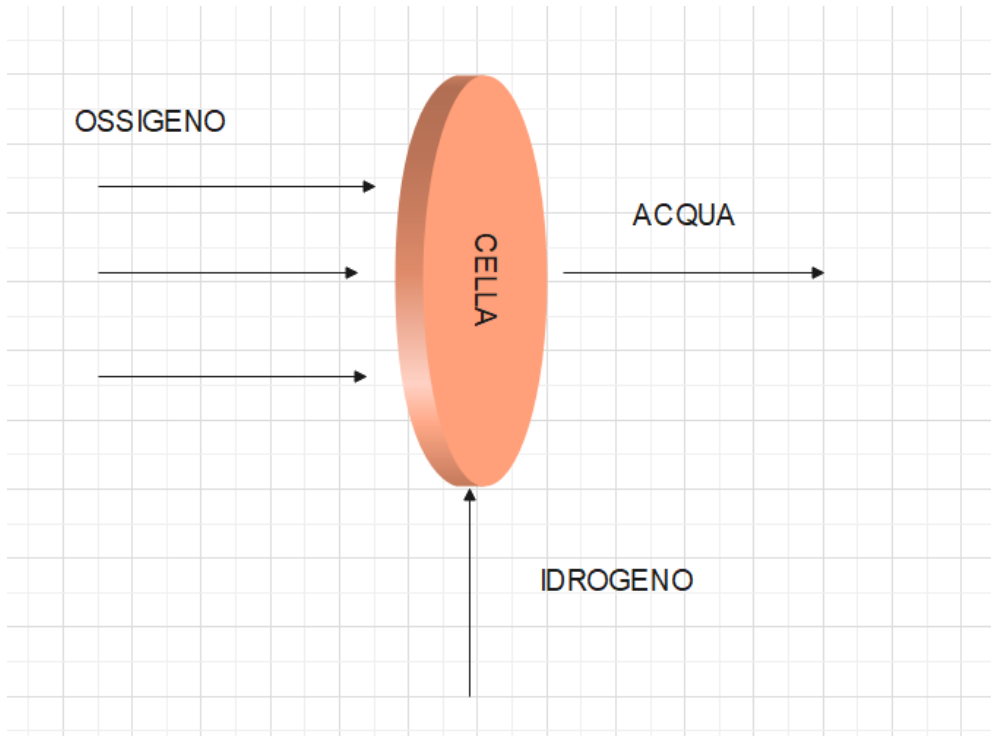


Figura 6.3: Cella a combustibile

Nel polo negativo della cella, quando gli atomi di idrogeno entrano in contatto con il catalizzatore, gli elettroni si separano dal nucleo e formano un flusso di energia elettrica. Il percorso degli elettroni si chiude con le molecole di ossigeno nel polo positivo. Questo chiaramente comporta che le stesse diventino cariche negative. I nuclei positivi dell'idrogeno attraversano la cella e si ricombinano con le molecole di ossigeno per formare acqua.

Sintetizzando, una cella a combustibile sfrutta il processo di combustione dell'idrogeno al fine di produrre lavoro elettrico. Si può pensare ad una cella a combustibile come ad un motore elettrico. Si ha la trasformazione dell'energia elettrochimica in energia elettrica.

La seguente figura mostra un esempio di cella a combustibile.



Figura 6.4: Cella idrogeno

Solitamente l'intera pila è composta da uno stack di celle a combustibile. Tale stack viene posto nel **BOP (Balance Of Plant)** che contiene anche la componentistica hardware (tubazioni, elettronica,...) necessaria. Tale tecnologia di produzione dell'energia si applica al mondo dei trasporti o nei sistemi di alimentazione dei datacenter.

VANTAGGI:

Produzione di energia elettrica molto pulita

SVANTAGGI:

Il costo è alto, e la mancanza di infrastrutture rende il suo sviluppo sul mercato attualmente bloccato. Inoltre la cella richiede un complesso sistema al suo servizio (il BOP citato in precedenza).

6.3 LA TECNOLOGIA EOLICA

Una centrale eolica trasforma l'energia proveniente dal vento in energia meccanica e successivamente in energia elettrica da immettere sulla rete di trasmissione. La seguente figura mostra un esempio di parco eolico, ossia un insieme di impianti eolici.



Figura 6.5: Parco eolico

Una turbina eolica detta anche aerogeneratore è una turbina che trasforma l'energia del vento in energia meccanica. Si può, grossolanamente, definire il vento come uno spostamento di massa d'aria generato da una differente pressione atmosferica.

La seguente figura mostra la causa di generazione del vento.

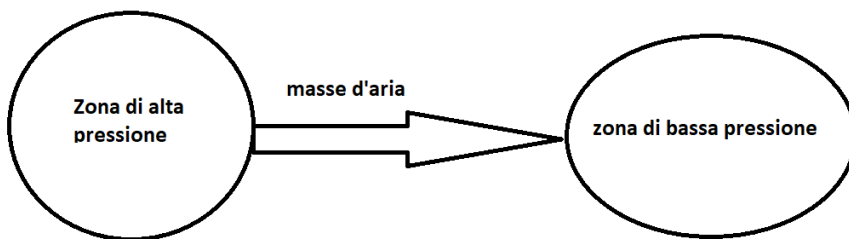


Figura 6.6: Generazione del vento

Le turbine eoliche di uso comune sono quelle ad asse orizzontale con **tre pale eoliche** posizionate a 120° una dall'altra. Si possono anche utilizzare 2 o 4 pale eoliche ma, soprattutto per l'ultima configurazione si aumenta inutilmente il peso ed anche il costo di realizzazione. Quindi, una centrale eolica con tre pale opportunamente posizionate risulta essere la miglior configurazione. La **torre di sostegno**, la quale può essere alta anche 80-100 metri, permette di sostenere l'intera struttura e di assorbire le vibrazioni date dal movimento rotatorio delle turbine eoliche. Le pale eoliche ruotando fanno ruotare anche il rotore collegato a sua volta all'albero motore il quale trasmette il moto al generatore elettrico come viene mostrato nella figura 6.7. I componenti appena citati vengono tutti assemblati all'interno di un corpo rigido detto **navicella**.

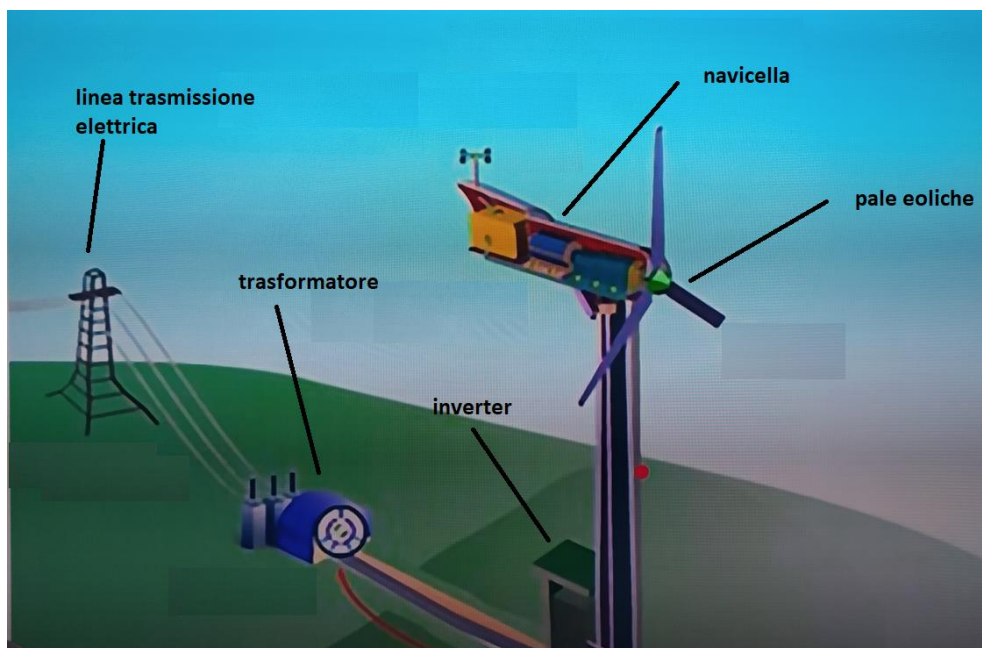


Figura 6.7: Componenti di una centrale eolica

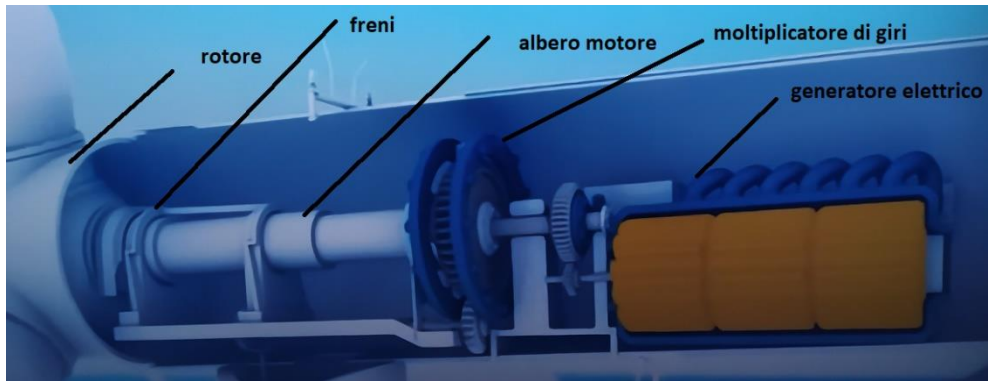


Figura 6.8: Struttura della navicella

Il moltiplicatore di giri è essenzialmente un assieme meccanico atto ad aumentare la velocità di rotazione dell'albero motore per fare in modo che il generatore possa produrre energia elettrica.

Sopra la navicella solitamente viene posizionato un sensore di velocità il quale misura l'intensità della velocità del vento.

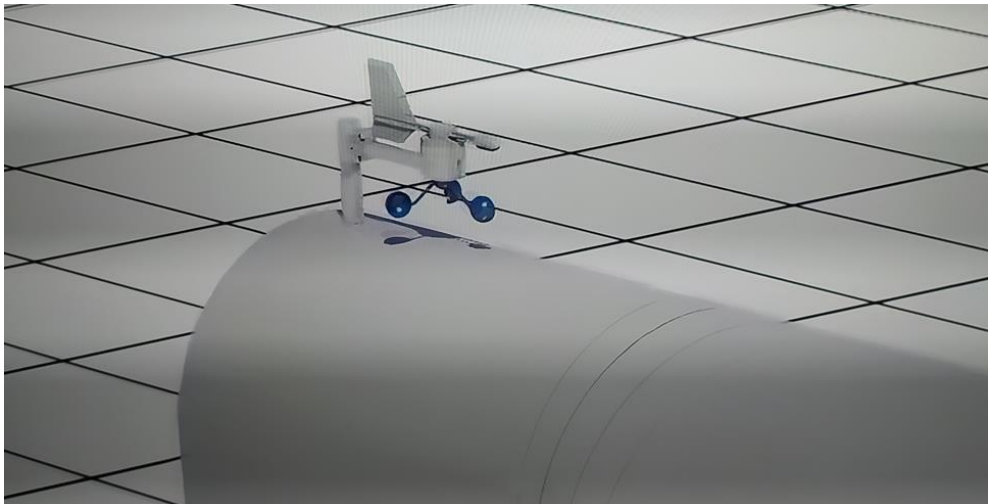


Figura 6.9: Sensore di velocità

Tale sensore invia la velocità rilevata ad un sistema di controllo (simile ed una centralina/PLC) il quale controlla l'imbardata della navicella stessa posizionandola nella direzione dove il vento giunge con maggior velocità. E' bene ricordare che ci sono tre oscillazioni lungo i tre assi cartesiani come mostrato di seguito. L'asse Z è solidale con il palo di sostegno. Tale tipologia di controllo dell'imbardata della navicella eolica non è molto diverso dall'inseguitore solare di cui si è discusso in precedenza il quale permette di orientare il pannello fotovoltaico nella direzione dei raggi solari.

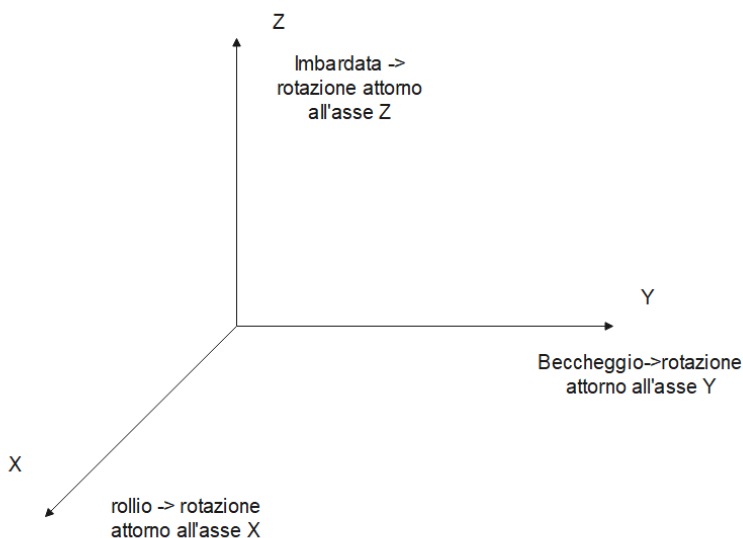


Figura 6.10: Rotazioni sugli assi

Ogni impianto eolico possiede una velocità nominale ossia quella massima velocità di rotazione della turbina eolica che produce la massima potenza elettrica (potenza nominale). Una velocità che supera la velocità nominale è da considerarsi pericolosa per l'integrità della turbina e dei vari componenti meccanici presenti all'interno della navicella. Per questo motivo con una

velocità superiore a quella nominale il sistema di controllo attiva i freni che, di fatto, bloccano la rotazione.

VANTAGGI:

Le centrali eoliche non inquinano e quindi producono energia in modo pulito.

SVANTAGGI:

Le pale della turbina eolica ruotando generano rumore. L'impatto ambientale è ben visibile. Una centrale eolica necessita di una frequente manutenzione con costi anche piuttosto alti.

6.4 LA TECNOLOGIA GEOTERMICA

Una centrale geotermica è essenzialmente una centrale per la produzione di energia elettrica la quale sfrutta dei liquidi surriscaldati provenienti dal sottosuolo come fluido vettore. Per essere più precisi, nel sottosuolo, a certe profondità, sono presenti delle “cisterne” naturali di acqua. L'acqua piovana si infiltra nel terreno e va ad alimentare tali cisterne. A certe profondità il terreno è caldo e quindi queste “cisterne” di acqua si scaldano naturalmente. Si stima che, per ogni 100 metri di profondità la temperatura media del terreno aumenta di circa 3°C. In alcune zone, a certe profondità è presente del magma che permette di vaporizzare l'acqua presente nel sottosuolo. Tramite delle speciali pompe di calore e delle tubazioni che compongono il sistema “pozzo di estrazione” da cui si preleva il vapore o l'acqua surriscaldata, si è in grado di poter utilizzare l'acqua surriscaldata/vapore per generare energia elettrica. Infatti, nel caso dell'acqua surriscaldata, essa può venire utilizzata come fonte per il riscaldamento domestico, nel caso del vapore, esso viene convogliato verso le turbine che permettono di generare quell'energia meccanica necessaria a far muovere un generatore elettrico e quindi di generare energia elettrica. Il vapore viene poi condensato e reimmesso nel sottosuolo rialimentando, di fatto, le “cisterne naturali” accennate prima.

La seguente figura mostra uno schema di massima del funzionamento di una centrale geotermica. In Italia ci sono svariate centrali che sfruttano questo principio di funzionamento. Molte di esse sono localizzate tra la Toscana ed il Lazio.

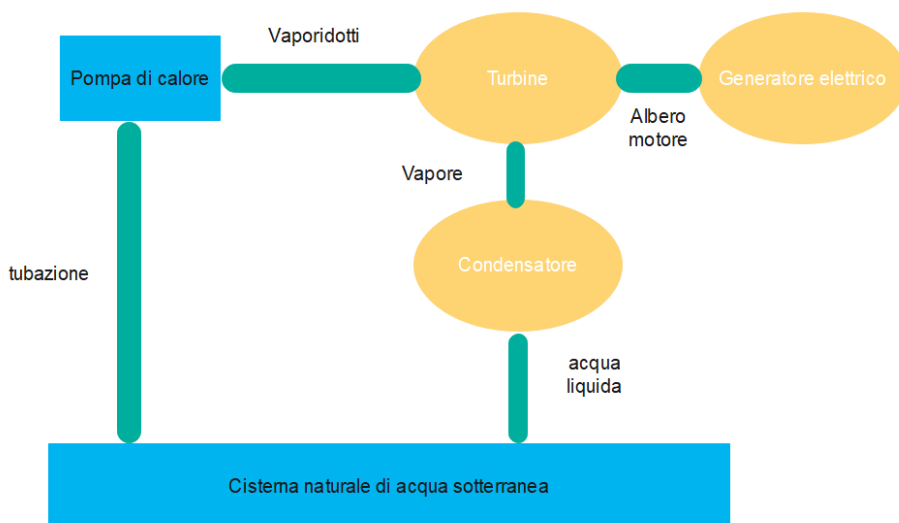


Figura 6.11: Funzionamento centrale geotermica

VANTAGGI:

Le centrali geotermiche non inquinano, possiedono una fonte pressochè inesauribile di materia prima, producono una discreta quantità di energia elettrica e sono di modeste dimensioni.

SVANTAGGI:

Le Il grande svantaggio di una centrale geotermica è la difficoltà dell'ubicazione o meglio non è facile trovare la giusta ubicazione per la

costruzione di una centrale geotermica in quanto sono necessarie alcune condizioni ambientali legate alla presenza di bacini idrici nel sottosuolo.

6.5 ALTRE TECNOLOGIE

In questo paragrafo verranno discusse altre forme di energie atte a produrre energia elettrica in modo “pulito”. Nel nord Europa, negli ultimi anni, sono state messe in produzione tecnologie che sfruttano il moto marino per la produzione di energia elettrica. L’energia mareomotrice è un tipo di energia che viene ricavata sfruttando gli spostamenti dell’acqua causata dalle maree. La marea, è risaputo, viene causata dall’azione gravitazionale provocata dalla luna.

Si indichi con $\Delta L = L_{altaMarea} - L_{bassaMarea}$ l’intensità della marea. Solitamente la differenza tra alta marea e bassa marea si aggira attorno al metro, ma ci sono alcune aree in cui tale differenza può raggiungere i 10-15 metri. E’ proprio in queste aree che si potrebbero realizzare centrali che sfruttano proprio questo dislivello.

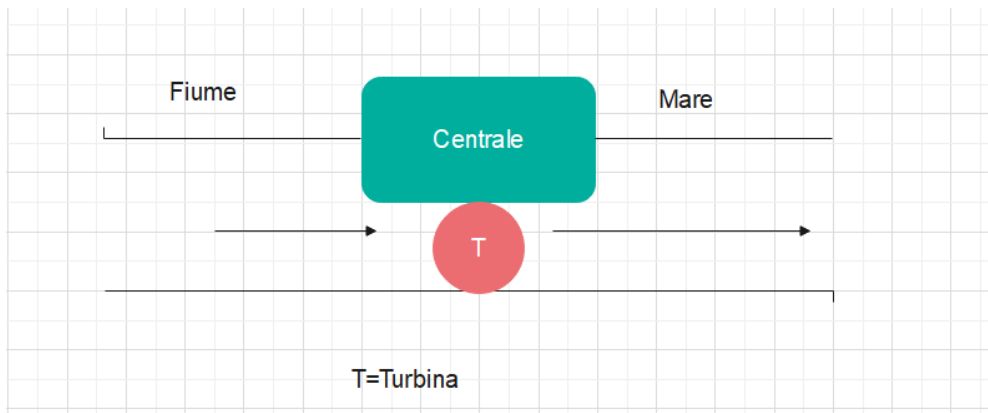


Figura 6.12: Struttura di una centrale marina

Un altro modo utile per sfruttare il mare/oceano per la produzione di energia elettrica è quello di sfruttare l’energia cinetica derivante dal moto ondoso.

In quest'ultimo caso si usano due tipi di tecnologie:

- Colonne d'acqua oscillanti, le quali contengono una turbina e che sfruttano il movimento in verticale dell'onda (effetto pistone nel cilindro)
- Assorbitori puntiformi

Gli assorbitori puntiformi sono delle tubazioni flessibili galleggianti al cui interno viene pompata dell'acqua di mare in modo naturale sfruttando il movimento longitudinale dell'onda.

La seguente figura mostra un esempio di colonnina oscillante:

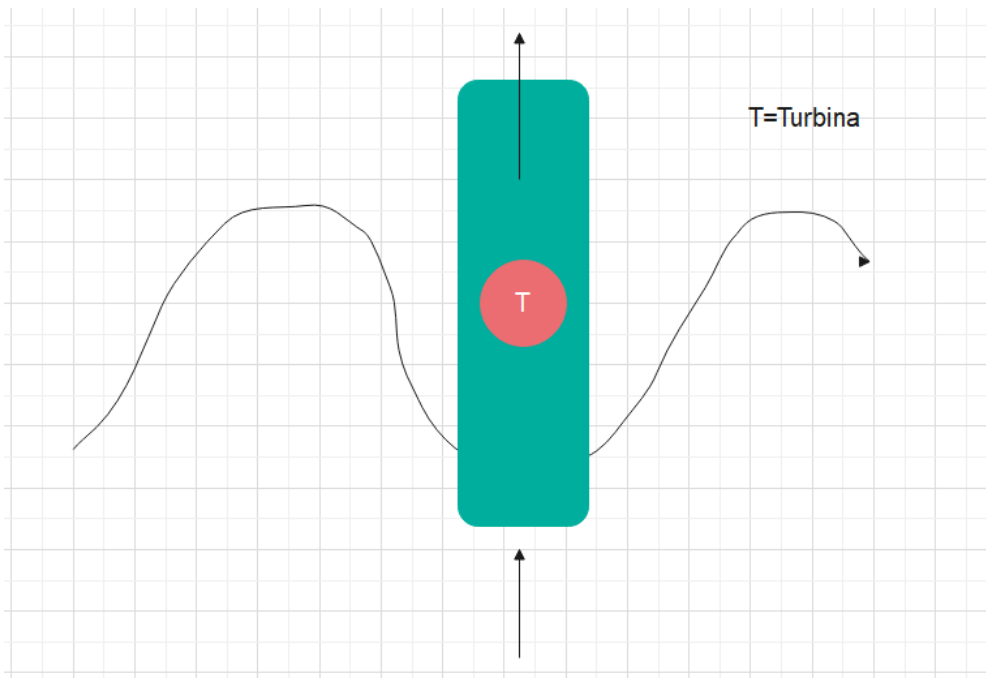


Figura 6.13: Colonne di acqua

Tali centrale permettono di generare energia elettrica in modo abbastanza continuativo ma risultano essere piuttosto ingombranti. Un altro modo di generare energia elettrica dal mare è tramite il **gradiente salino**.

In poche parole, si sfrutta l'energia osmotica che nasce da una differenza di salinità tra l'acqua dolce in entrata nel mare (foce del fiume) e quella salata. Nel 2005 venne realizzato in Olanda il primo impianto di questo tipo.

L'energia dal gradiente di temperatura si basa invece sulla differenza di temperatura tra le acque calde della superficie e quelle fredde in profondità. Sono ancora centrali in fase di sperimentazione. Queste ultime centrali si basano su un ciclo a vapore denominato **OTEC**.

VANTAGGI:

Le centrali marine generano in modo pulito l'energia. Le turbine, in quest'ambito, possono essere piccole e lavorare anche con velocità ridotte.

SVANTAGGI:

L'impatto visivo ambientale è presente. Anche l'impatto sulla flora e sulla fauna marina è negativo. Le strutture devono essere mantenute spesso per via del sale che corrode i componenti meccanici e non solo.