

ELETTROTECNICA ED IMPIANTI ELETRICI

La Produzione di Energia Elettrica



Geotermia

ENERGIA GEOTERMICA

Per ENERGIA GEOTERMICA si intende quella contenuta sotto forma di CALORE all'interno della Terra. Si origina per la natura del nostro pianeta e per i processi fisici che in esso avvengono.

GRADIENTE GEOTERMICO MEDIO=30°C/Km

Ci sono delle zone in cui il gradiente è molto superiore a quello medio, per la presenza di camere magmatiche, localizzate in precise regioni ai confini delle placche.

In queste zone sono presenti vulcani o fenomeni strettamente legati all'attività vulcanica, detti di **VULCANESIMO SECONDARIO**.



ENERGIA GEOTERMICA



ENERGIA GEOTERMICA

Vulcanesimo secondario

Si tratta quasi sempre di fenomeni nei quali avviene l'emissione di *GAS* e *VAPORE ACQUEO*, senza la produzione di lava e di materiali piroclastici. I principali esempi sono: le *soffiate*, le *fumarole*, i *geyser*, le *mofete* e i:

SOFFIONI BORACIFERI

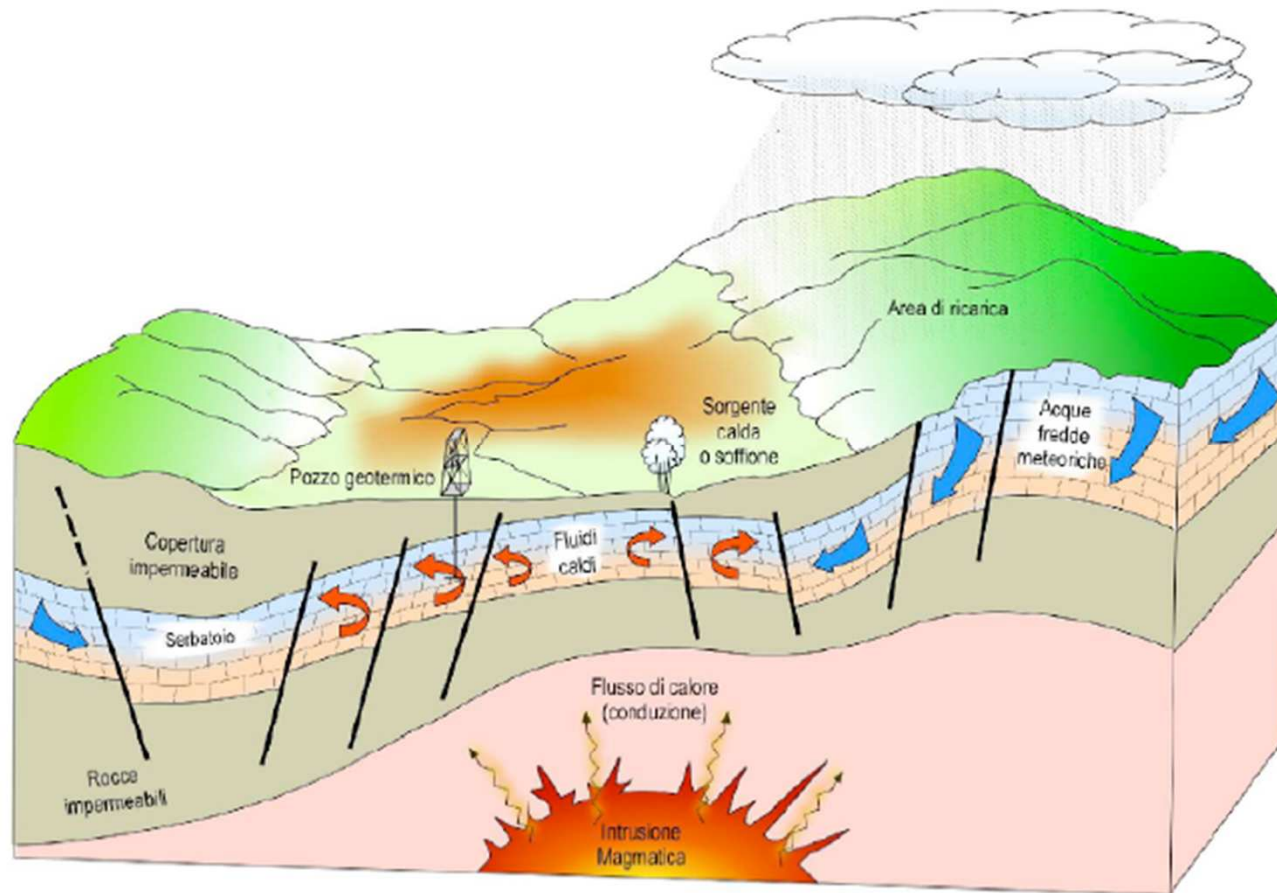
Sono getti di vapore acqueo e gas (anidride carbonica, acido borico, idrogeno solforato e altri) che fuoriescono dal terreno ad elevata temperatura (230°C) e ad elevata pressione.

Si formano quando l'acqua di provenienza meteorica, che penetra nel sottosuolo, viene a trovarsi a contatto con una massa di magma ancora caldo e il vapore che si forma per riscaldamento si fa strada verso l'esterno attraverso le fenditure del suolo.

ENERGIA GEOTERMICA

- Il calore si propaga nella crosta terrestre per conduzione o convezione e con l'ausilio di un vettore fluido quale acqua, tende a fluire verso la superficie.
- L'acqua calda, geotermica, può:
- Affiorare dando luogo a **sorgenti calde e geyser**
- Restare nel sottosuolo intrappolata in fratture e strati porosi e permeabili di roccia formando i **serbatoi geotermici**
- Una volta localizzati i serbatoi si possono realizzare pozzi profondi anche alcune migliaia di metri
- Il vapore o l'acqua estratti vengono convogliati verso gli stabilimenti per la produzione di elettricità o l'utilizzo industriale

ENERGIA GEOTERMICA



ENERGIA GEOTERMICA

- In base alla tipologia degli usi possono essere individuati alcuni settori:
- Ad alta temperatura ($>150^{\circ}\text{C}$)
- Media temperatura ($>90^{\circ}\text{C}$ e $<150^{\circ}\text{C}$)
- Bassa temperatura ($<90^{\circ}\text{C}$)

ENERGIA GEOTERMICA

Fin dai tempi degli Etruschi e dei Romani le acque boriche erano ritenute efficaci per curare alcune malattie (in particolare della pelle).

“...atrocem quemcumquem et incurabilem morbum.....” (Plinio).

Infatti erano utilizzate nella cura delle malattie della pelle, delle piaghe, come sollievo delle artriti e dei dolori muscolari, come rimedio della sterilità femminile, per la cura delle malattie del fegato e dei reni.

Attualmente l'acido borico viene utilizzato nella produzione degli smalti, per le ceramiche, nella saldatura, nell'industria vetraria, in farmacia.



ENERGIA GEOTERMICA

IL LAGONE COPERTO

E' stato per molti anni il simbolo dell'industria boracifera ed il marchio di fabbrica dei prodotti borici della *Società Larderello*



ENERGIA GEOTERMICA

Uffici, abitazioni, chiesa, farmacia, caserma, attività ricreative e sociali si affacciano sulle colonne con i busti del fondatore *Francesco di Larderel* e della moglie *Paolina*. Domina anche il busto del *Granduca Leopoldo II°* che considerò sempre con benevolenza l'industria Boracifera, in una politica tesa ad una valorizzazione dei prodotti naturali della Toscana. Tutte le attività sociali della comunità ruotavano attorno alle attività industriali.



ENERGIA GEOTERMICA

Nel 1904 ,proprio a Larderello, il principe *Piero Ginori* accese cinque lampadine mediante una dinamo trascinata da un motore che utilizzava il vapore endogeno.



ENERGIA GEOTERMICA

Nel 1913 fu costruita la prima centrale: funzionava inizialmente con una turbina da 250 KW di costruzione italiana (Tosi).



ENERGIA GEOTERMICA

Oggi nella zona di Larderello ci sono 14 centrali per produrre energia elettrica complessivamente fino a **316 MW**. Servono al fabbisogno energetico di gran parte della Toscana.

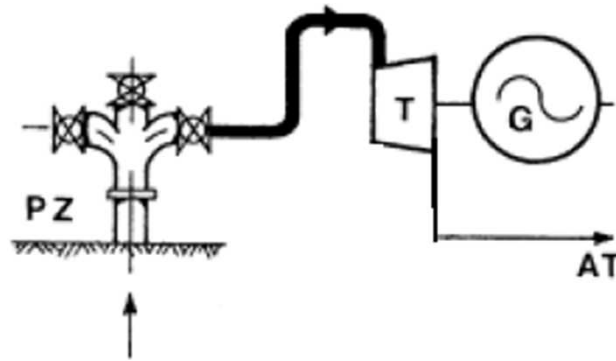
ENERGIA GEOTERMICA

CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI GEOTERMICI

- A vapore dominante: quando particolari condizioni geotermiche fanno sì che il fluido alla bocca del pozzo si presenti prevalentemente come vapore surriscaldato o saturo.
- Ad acqua dominante: quando il fluido estratto si presenta sotto forma di acqua calda a temperatura superiore a quella di ebollizione ed alta pressione (temp. Tra 180 e 370°C)
- altri sistemi (bassa temperatura 4-38°C, ad acqua calda fino a 100°C, ecc.)

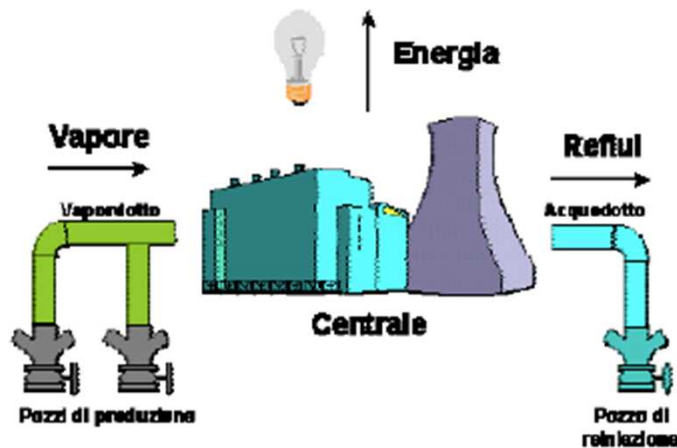
ENERGIA GEOTERMICA

CENTRALI A VAPORE DOMINANTE



ENERGIA GEOTERMICA

CENTRALI A VAPORE DOMINANTE

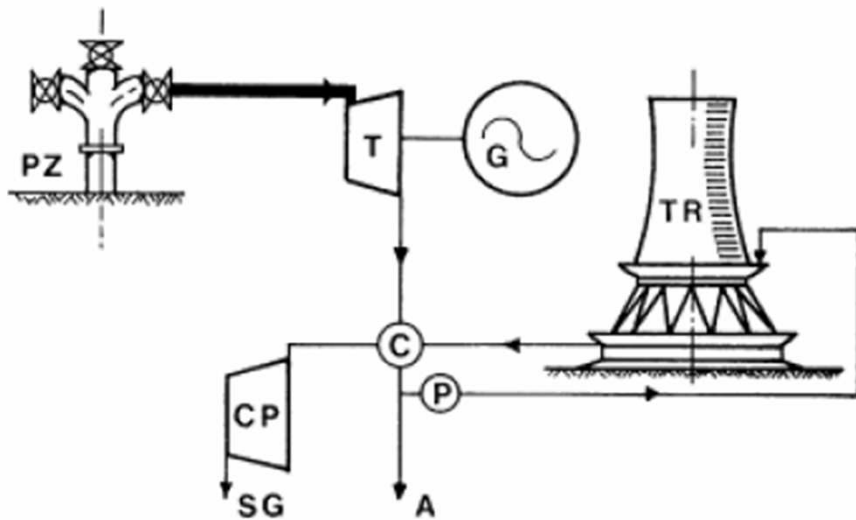


La **reiniezione** dell'acqua nel terreno, successiva ai processi di scambio energetico e di condensazione, serve ad evitare possibili dissesti idrogeologici (**subsidenza**) del sito e a non impoverire le risorse disponibili.

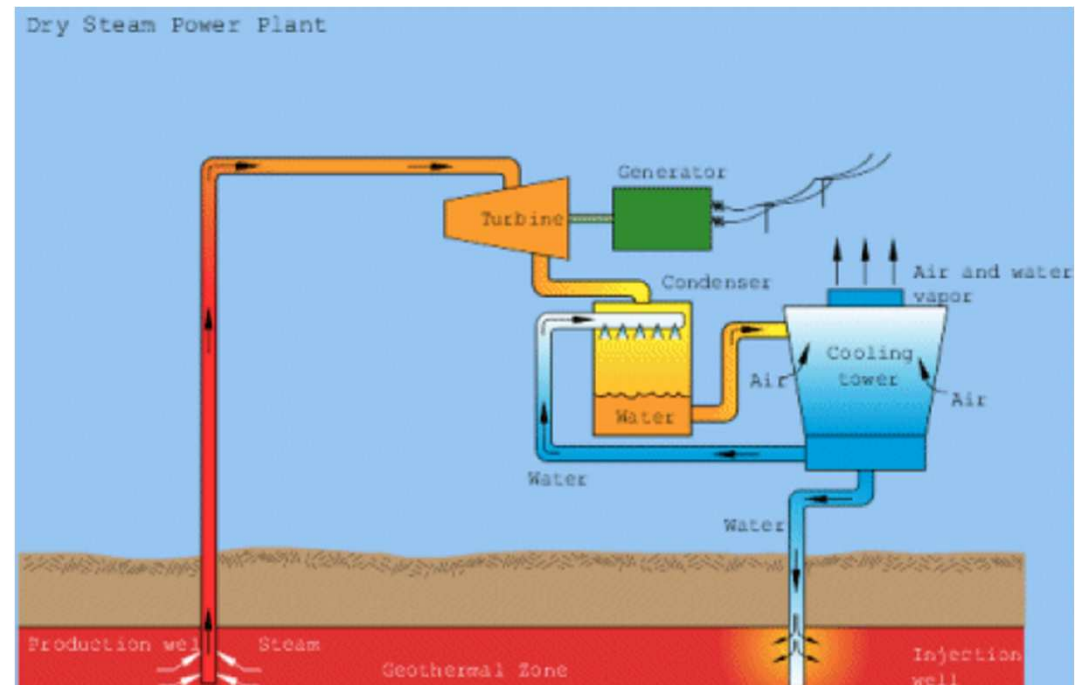
Lo scambio termico tra il fluido in arrivo al condensatore e l'atmosfera si effettua nella **torre di raffreddamento** tramite un fluido intermedio, solitamente acqua, che raffredda il fluido in uscita dalla turbina, nel condensatore, e a sua volta cede il proprio calore all'atmosfera nella torre di raffreddamento.

ENERGIA GEOTERMICA

CENTRALI A VAPORE DOMINANTE

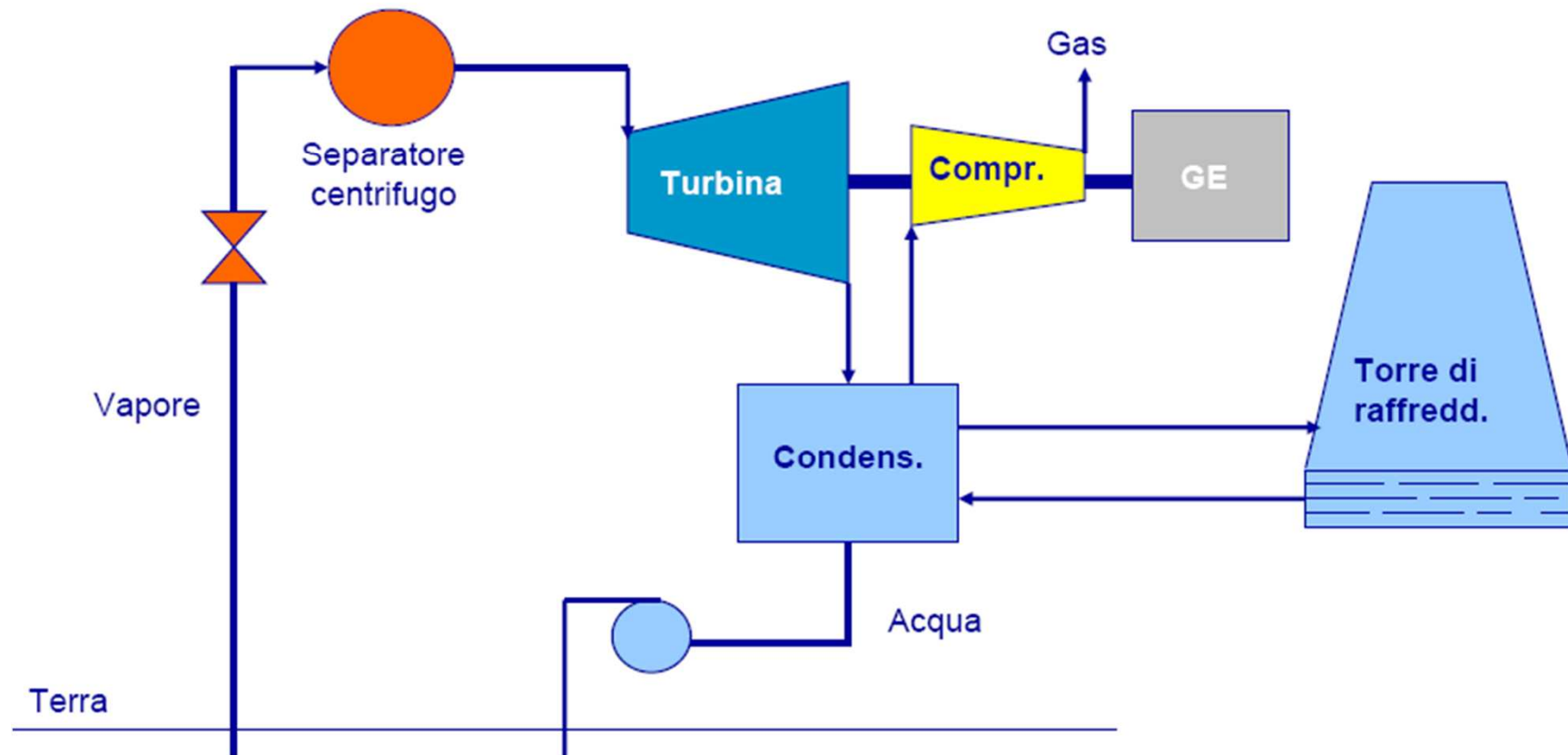


Schema semplificato di un impianto a vapore secco con condensatore



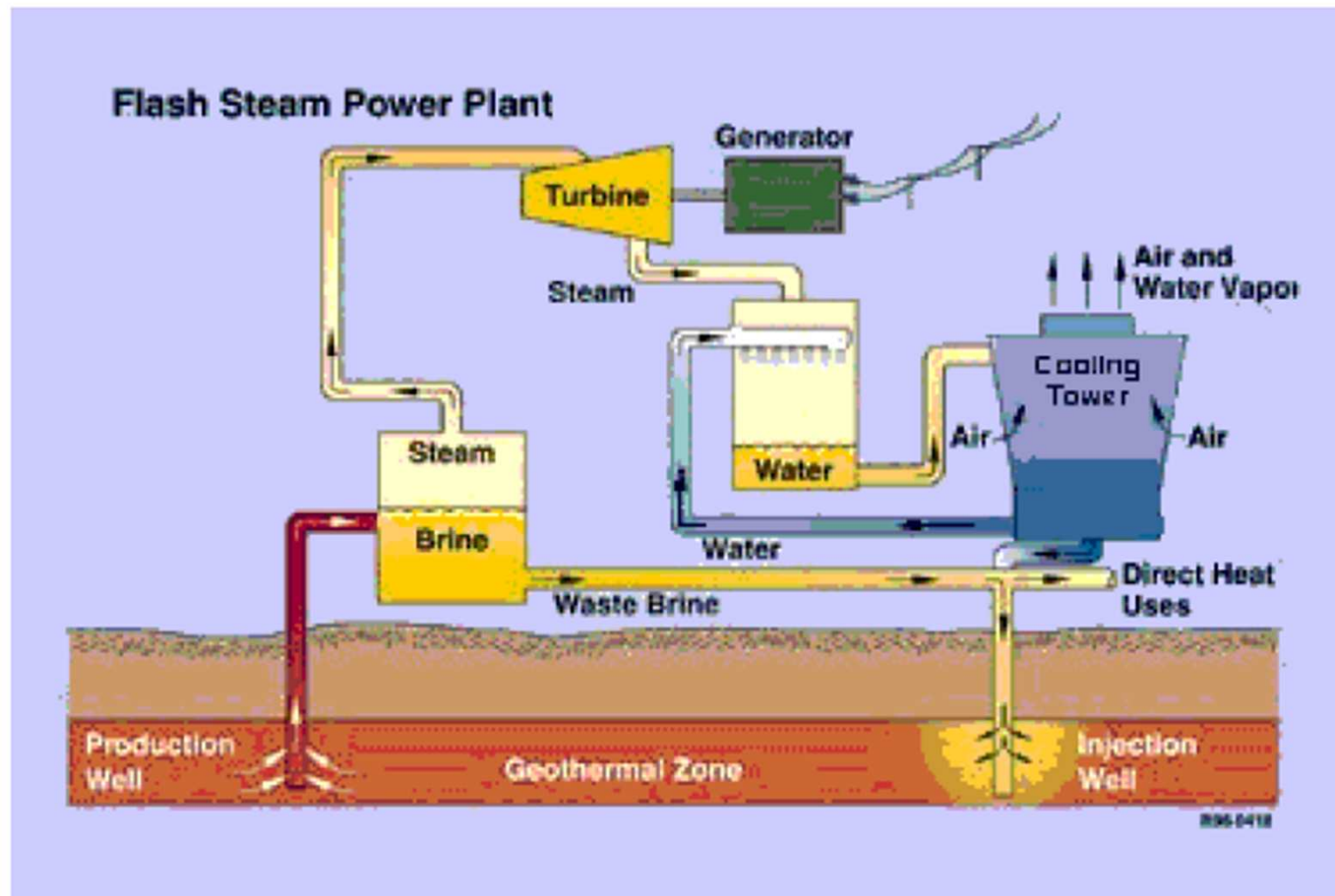
ENERGIA GEOTERMICA

Impianto geotermoelettrico per campo a vapore dominante
con compressore di estrazione dei gas incondensabili



ENERGIA GEOTERMICA

Schema di un impianto a separazione di vapore per campi ad acqua dominante pressurizzata



ENERGIA GEOTERMICA

Caratteristiche di impianti geotermici - vapore

Impianto	Valle secolo, unità 2	Miravalle, unità 1	Beowawe
Luogo	Larderello, Italia	Guanacaste, Costa Rica	Beowawe, Nevada
Anno di avviamento	1992	1994	1985
Tipo	Vapore diretto	Singolo flash	Doppio flash
Potenza nominale (MW)	57	55	16,7
Potenza netta (MW)	52,2	52	16
Vapore/acqua (kg/s)	111,1	759,5	157,5
Temperatura (°C)	204	230	215
Turbina			
Pressione di ingresso (bar)	5,5	6	4,2
Pressione secondaria (bar)	-	-	1
Temperatura di ingresso (°C)	210	159	146
Temperatura secondaria (°C)	-	-	22
Portata di ingresso (kg/s)	111,1	114	22,3
Portata secondaria (kg/s)	-	-	12,2
Pressione al condensatore (mmHg)	60	94	33
Altezza dell'ultimo stadio (mm)	-	584	635
Velocità di rotazione (Gpm)	3000	3600	3600
Condensatore			
Tipo	miscela	miscela	miscela
Calore scambiato (MWt)	245	243	72
Portata di acqua (kg/s)	2785	4234	1474
Estrazione incondensabili			
Eiettore a vapore	no	si	si
Stadi	-	2	1
Portata di vapore (kg/s)	-	4	-
Compressore	si	si	no
Stadi	2	4	-
Potenza (MW)	1,4	0,4	-
Prestazioni			
Consumo specifico (kg/MWh)	7666	52572	35437
Rendimento lordo (%)	62,9	31,2	48,7
Rendimento netto (%)	57,6	29,5	46,7

ENERGIA GEOTERMICA

- Gli impianti geotermici sono la forma di energia rinnovabile con la maggiore *concentrazione* della potenza prodotta (potenza per unità di superficie impegnata).
- Per quanto riguarda l'energia producibile, la temperatura del fluido geotermico è di fondamentale importanza: maggiore è la temperatura (e quindi l'entalpia), maggiore è l'energia producibile.
- Il **rendimento** globale delle centrali geotermoelettriche è intorno al 10-17%, soprattutto a causa della bassa temperatura del vapore geotermico (in genere inferiore a 250°C):
 - Inoltre il vapore geotermico ha una composizione chimica che differisce dal vapore acqueo puro; in esso sono contenuti gas quali anidride carbonica (la più abbondante), idrogeno solforato, ammoniaca, metano, azoto e idrogeno. La quantità di questi gas è molto variabile potendo variare tra 1 e 50 g/kg di fluido, e la loro presenza rappresenta una perdita di energia nel processo.
- Le centrali geotermiche consumano **da 6 a 15 kg di vapore per kWhe**, dipendendo ciò dalla tipologia dell'impianto (a scarico diretto in atmosfera o con condensazione a valle della turbina).

ENERGIA GEOTERMICA

- Oltre alla generazione di energia elettrica, il calore geotermico è impiegato in **applicazioni dirette**, che assicurano un risparmio energetico sfruttando acqua a temperature comprese tra i 20 °C e i 150°C:
 - cure termali
 - Riscaldamento di serre per la floricoltura e l'orticoltura
 - Riscaldamento di vasche per l'itticoltura
 - Pastorizzazione del latte,
 - Lavaggio di filati grezzi (p.e. lana)
- Un altro uso abbastanza diffuso è rappresentato dal **riscaldamento di edifici**, sia privati sia pubblici, o di interi quartieri. Lo schema di questo tipo di applicazione è simile a quello delle **centrali a ciclo binario**, in questo caso, però, il liquido secondario è acqua pulita di città che scorre in tubazioni che si diramano fino agli edifici da riscaldare.
- Il primo esempio di questo genere fu avviato a Boise in Idaho (USA), ma l'impianto più grande è oggi quello di Reykjavik in Islanda.
- **In Italia** il più significativo impianto di teleriscaldamento è quello di Larderello (24,1MWt)
- Sistemi analoghi, basati su tubi interrati, sono utilizzati per mantenere sgombre dalla neve strade e scalinate o per far crescere ortaggi e piante senza l'esigenza delle serre.

ENERGIA GEOTERMICA

- Il **rumore** prodotto sia dalle perforazioni sia dai macchinari può essere ridotto adottando sistemi di isolamento acustico.
- Il fenomeno della **subsidenza** e dello smaltimento dei reflui viene risolto con l'utilizzo di pozzi di reiniezione, cosa che riduce anche di molto l'errato sfruttamento ed il depauperamento della risorsa.
- La **microsismicità** causata dall'iniezione di fanghi e reflui nei pozzi di cui sopra può essere tenuta sotto controllo con una rete sismica specifica.
- Le **emissioni** sono riconducibili alla componente in fase vapore rilasciata dalle torri di raffreddamento, essendo i condensati regolarmente reiniettati in profondità ed i fanghi e le incrostazioni raccolti e smaltiti in idonee discariche.
 - *Si tratta per lo più di H_2S (acido solfidrico), CO_2 , NH_3 , H_3BO_3 (acido borico), Hg. Le ricerche si sono concentrate soprattutto per ridurre quanto più possibile l' H_2S , costituente principale delle emissioni in questione ed Hg. In Italia, nel 2002 è entrato in funzione il primo impianto di abbattimento di Hg e H_2S . In questo sistema l'abbattimento dell' H_2S è ottenuto con ossidazione catalitica a SO_2 che viene poi assorbita dall'acqua del circuito di raffreddamento ed abbattuta tramite processi che avvengono naturalmente grazie alle caratteristiche chimiche delle acque geotermiche. Il mercurio è, invece, abbattuto mediante adsorbimento su carboni attivi; questo sistema permette di abbattere fino al 95% del Hg presente.*

ENERGIA GEOTERMICA

- Il costo attuale dell'energia elettrica prodotta da fonte geotermica oscilla da 2.8 a 9 c€/kWh.
- Molti Paesi attualmente produttori di quote significative di energia geotermoelettrica hanno pianificato incrementi della produzione: si stima che entro il 2020 si potrebbe giungere ad una potenza complessivamente installata di circa 65.000 MWe (contro gli attuali circa 8.000).

ENERGIA GEOTERMICA

Impatto ambientale: benefici globali

Una delle maggiori perplessità sulla installazione di centrali geotermiche dipende dalle preoccupazioni sul loro impatto ambientale. E' quindi opportuno sottolineare le caratteristiche di questa fonte il cui impatto ambientale non è limitato: l'energia geotermica è una fonte rinnovabile, in quanto non richiede alcun tipo di combustibile, ma utilizza l'energia termica del sottosuolo; è pulita, perché non provoca emissioni dannose per l'uomo e per l'ambiente.