



IMPIANTI GEOTERMICI BINARI AD ALTA EFFICIENZA CON TURBINA RADIALE OUTFLOW: TECNOLOGIA E CASI DI APPLICAZIONE NEL MONDO

Speaker: Gabriele Marchiori

Innovazione e Sostenibilità per la Geotermia del Futuro

03 Marzo 2023

CNR, Auditorium dell'Area della Ricerca, Pisa

Via G. Moruzzi 1, Pisa

GENERAZIONE DA SORGENTE GEOTERMICA: LA SITUAZIONE ATTUALE

Nel **mondo** vengono prodotti **101 miliardi di kWh_{el}**¹
di energia elettrica rinnovabile attraverso la geotermia ogni anno.

La capacità installata è **16.000 MW_{el}**

L'**Italia** genera da geotermico **6,2 miliardi di kWh_{el}**

la capacità geotermica installata è **915 MW_{el}**

ma il **potenziale stimato** è oltre 4 volte superiore: **4'000 MW_{el}**²

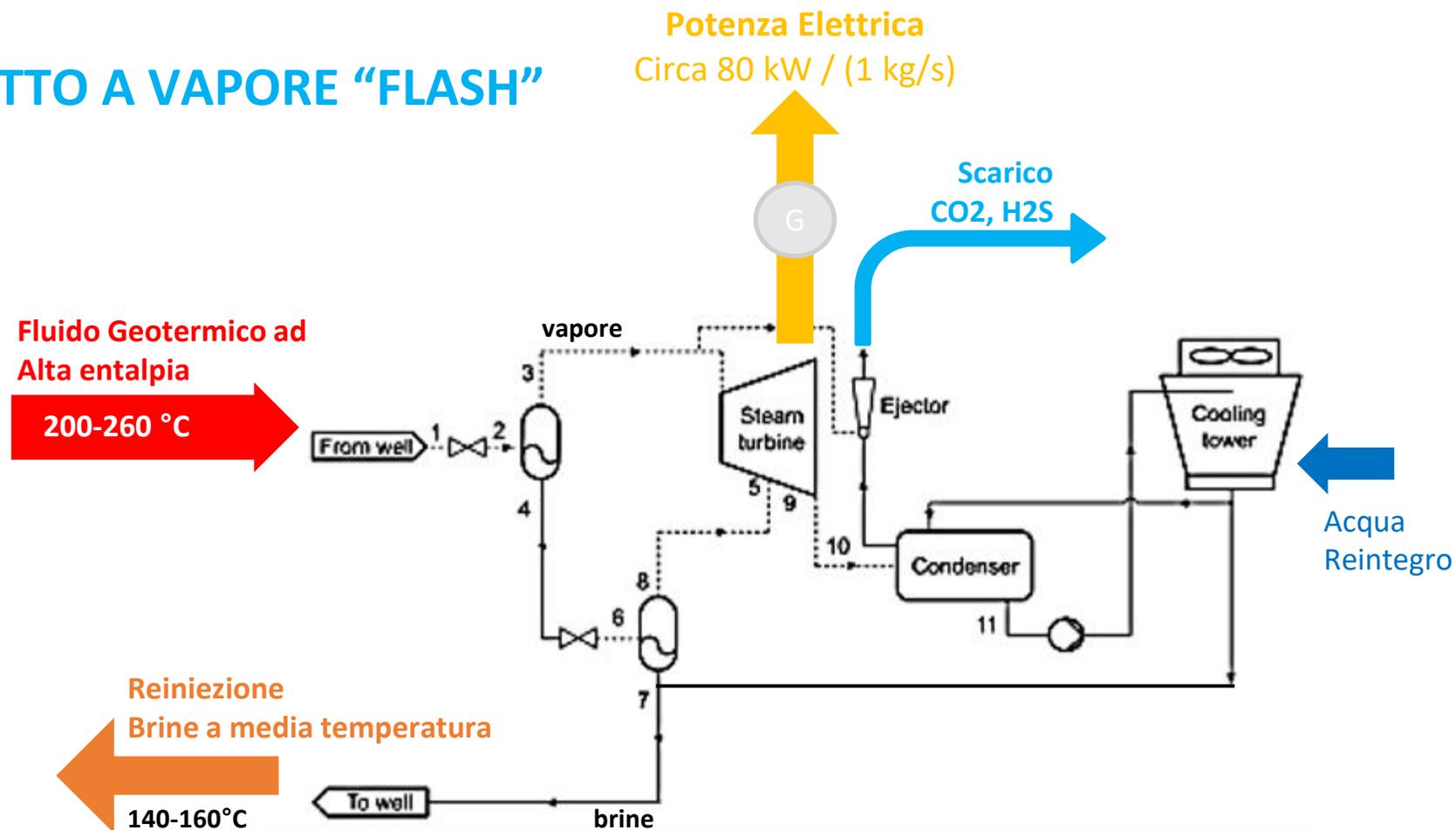
1. Fonte: IEA, "Renewables 2022", December 2022

2. Fonte: IEA Geothermal, "2021 Annual Report", December 2022

GENERAZIONE DA SORGENTE GEOTERMICA: LE TECNOLOGIE DISPONIBILI

GENERAZIONE DA SORGENTE GEOTERMICA: LE TECNOLOGIE DISPONIBILI

CICLO DIRETTO A VAPORE "FLASH"

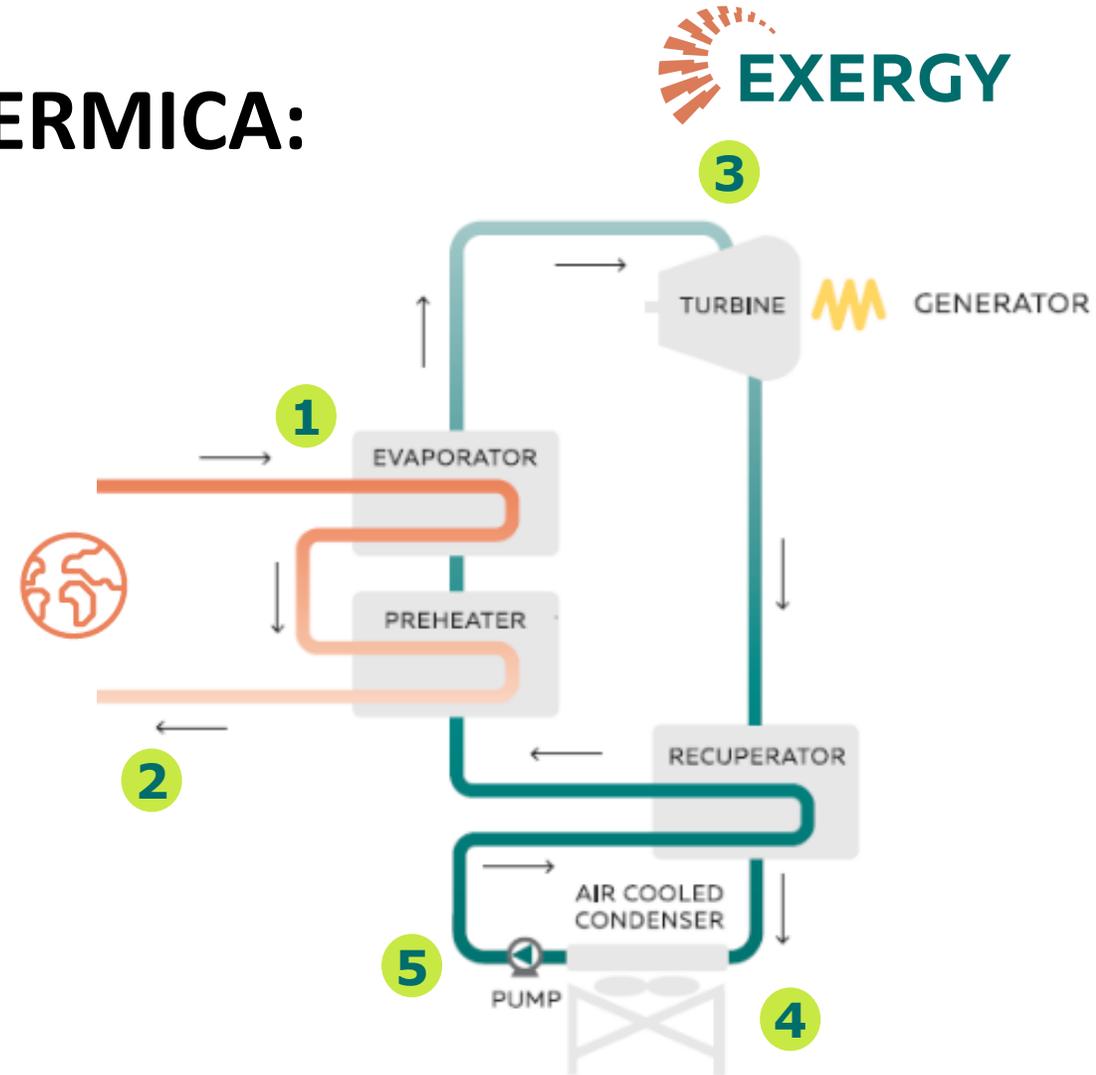


GENERAZIONE DA SORGENTE GEOTERMICA: LE TECNOLOGIE DISPONIBILI

CICLO RANKINE A FLUIDO ORGANICO "ORC"

Ciclo Chiuso:

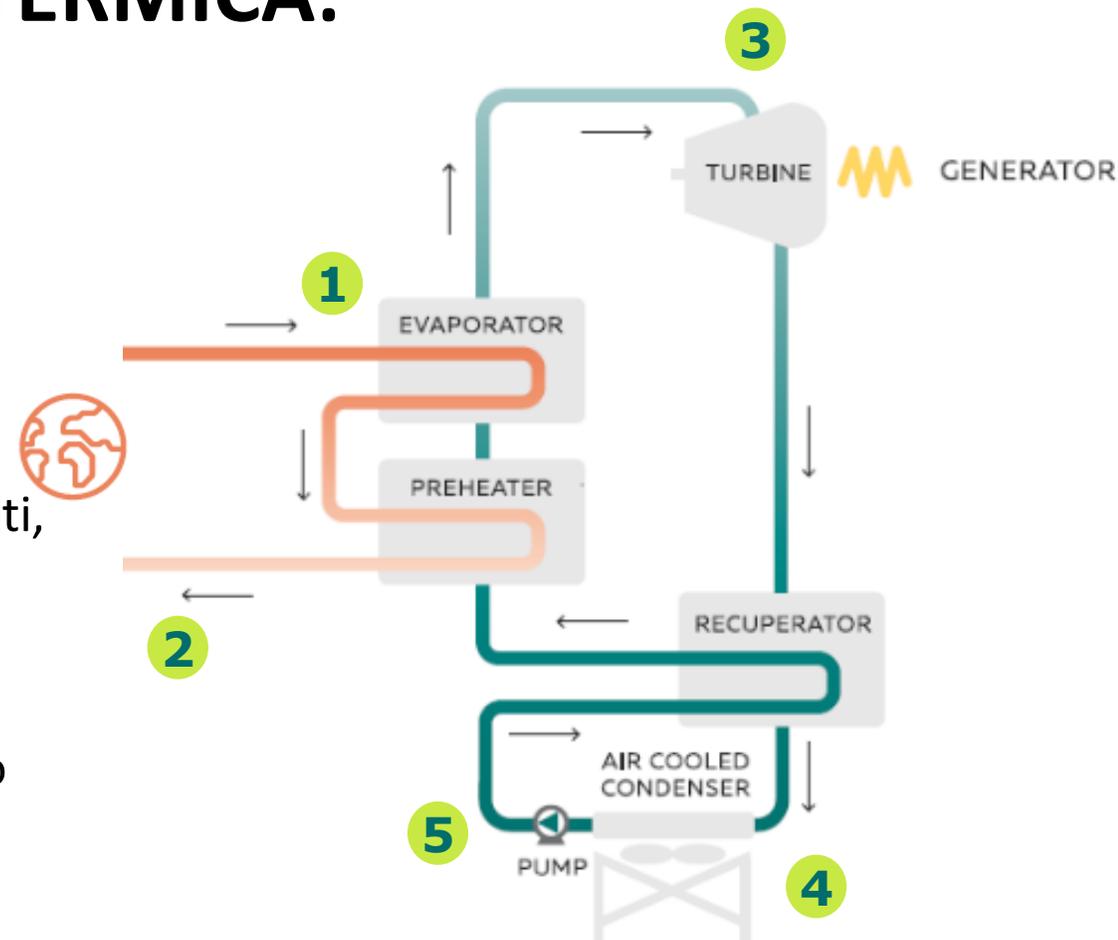
1. Il fluido geotermico cede calore ad un fluido di lavoro ("organico") nell'evaporatore;
2. Il fluido geotermico è infine **reiniettato**;
3. Il **fluido organico**, vaporizzato, viene **espanso in turbina**;
4. Il fluido organico viene **condensato** e 5. **pompato**



GENERAZIONE DA SORGENTE GEOTERMICA: LE TECNOLOGIE DISPONIBILI

VANTAGGI DI UN SISTEMA BINARIO

- › Nessuna espansione diretta di vapore nel turboespansore
 - ✓ **Alta affidabilità:** nessuna corrosione, depositi, fenomeni di erosione in Turbina
→ **Ridotti fermi per manutenzione**
 - ✓ **Alta Efficienza:** possibilità di scelta del fluido di lavoro e nessuna formazione di gocce negli ultimi stadi di turbina
- › **Sicuro:** Il fluido organico di lavoro non reagisce, non viene emesso in ambiente, è «sigillato» all'interno dell'impianto e non è mai a contatto con il fluido geotermico.



GENERAZIONE DA SORGENTE GEOTERMICA: LE TECNOLOGIE DISPONIBILI

VANTAGGI DI UN SISTEMA BINARIO

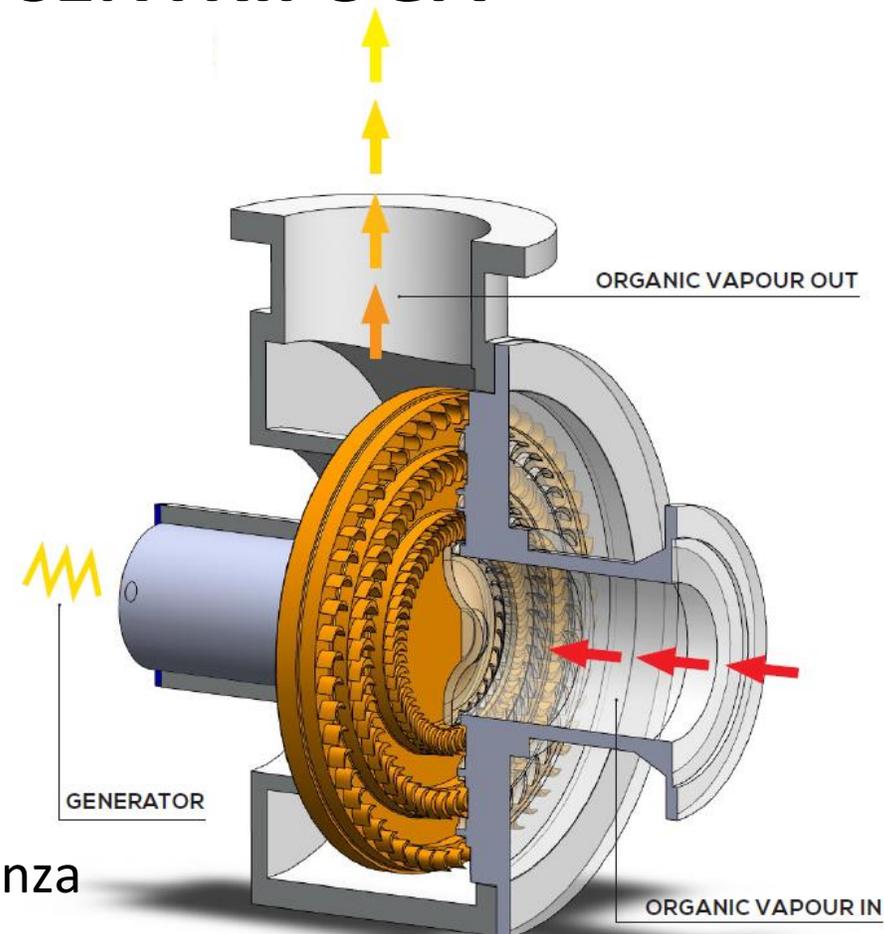
- › Adatto a sorgenti geotermiche a **bassa-media Entalpia** (< 200°C)
- › Adatto a **medie Potenze** (30 MW_{el})
- › **Ridotto impatto ambientale:**
 - ✓ **Possibili zero emissioni di gas (CO₂, H₂S)**
 - ✓ **Completa reiniezione del fluido geotermico**
 - ✓ **Ridotto consumo di suolo**
 - ✓ **Possibile l'uso del Condensatore ad Aria: consumo d'acqua azzerato**

INNOVAZIONE: LA TURBINA RADIALE CENTRIFUGA

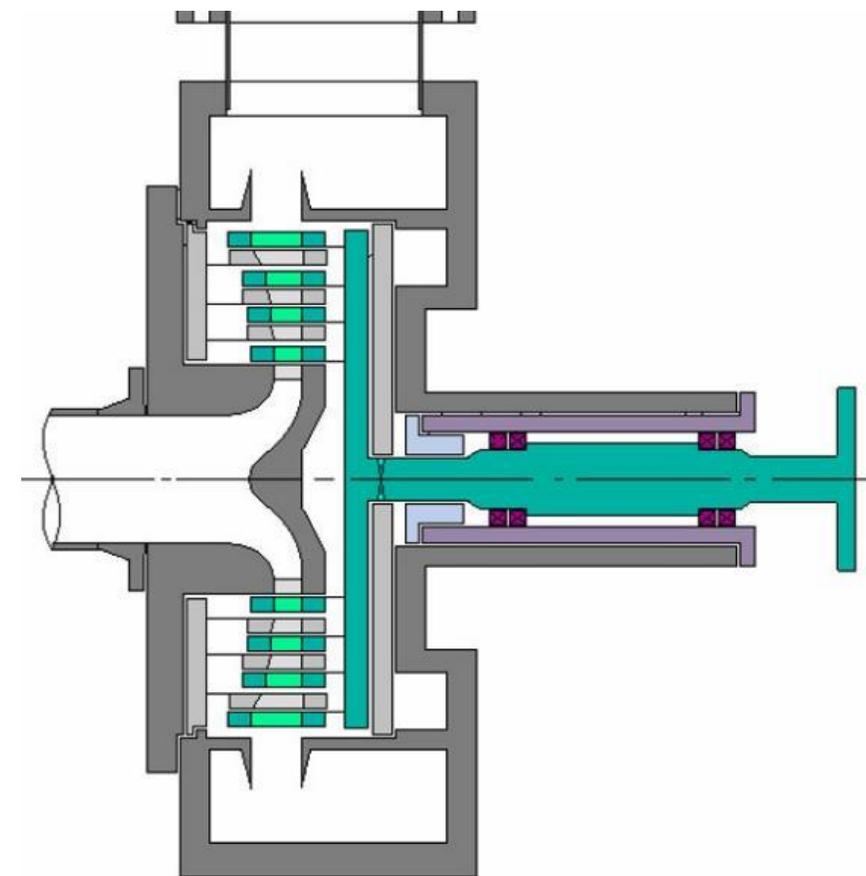
INNOVAZIONE: LA TURBINA RADIALE CENTRIFUGA

EXERGY ha brevettato e introdotto nel settore ORC l'innovativa **Turbina Radiale Centrifuga (ROT)**

- › Alta **Efficienza** e **Affidabilità**
- › Fino a **9 stadi** su Turbina a disco singolo
 - ☑ Miglior sfruttamento delle risorse geotermiche a medio-alta entalpia
- › Gruppo meccanico brevettato facilmente estraibile, senza dover svuotare l'impianto



INNOVAZIONE: LA TURBINA RADIALE CENTRIFUGA



ORC E TURBINA RADIALE CENTRIFUGA: CASI DI APPLICAZIONE NEL MONDO

EDA RENOVAVEIS S.A.

PICO ALTO, ISOLA DI TERCEIRA, AZZORRE (PT)

- › Avviato da Exergy nel **2017**, Potenza Installata **4 MW_{el}**
- › I **pozzi geotermici** dell'isola sono instabili, e dimostrano l'estrema **flessibilità** dell'impianto ORC: da **4 MW** a **100 kW** di potenza prodotta senza interruzioni o spegnimenti
- › L'impianto contribuisce a soddisfare fino al **25%** del fabbisogno di Energia Elettrica della comunità.
- › **12.000 tonnellate di CO₂** evitate ogni anno

AZORES,
Portugal



RISORSA GEOTERMICA	TEMPERATURA
BRINE & VAPORE	160-170 °C

EDA RENOVAVEIS S.A.

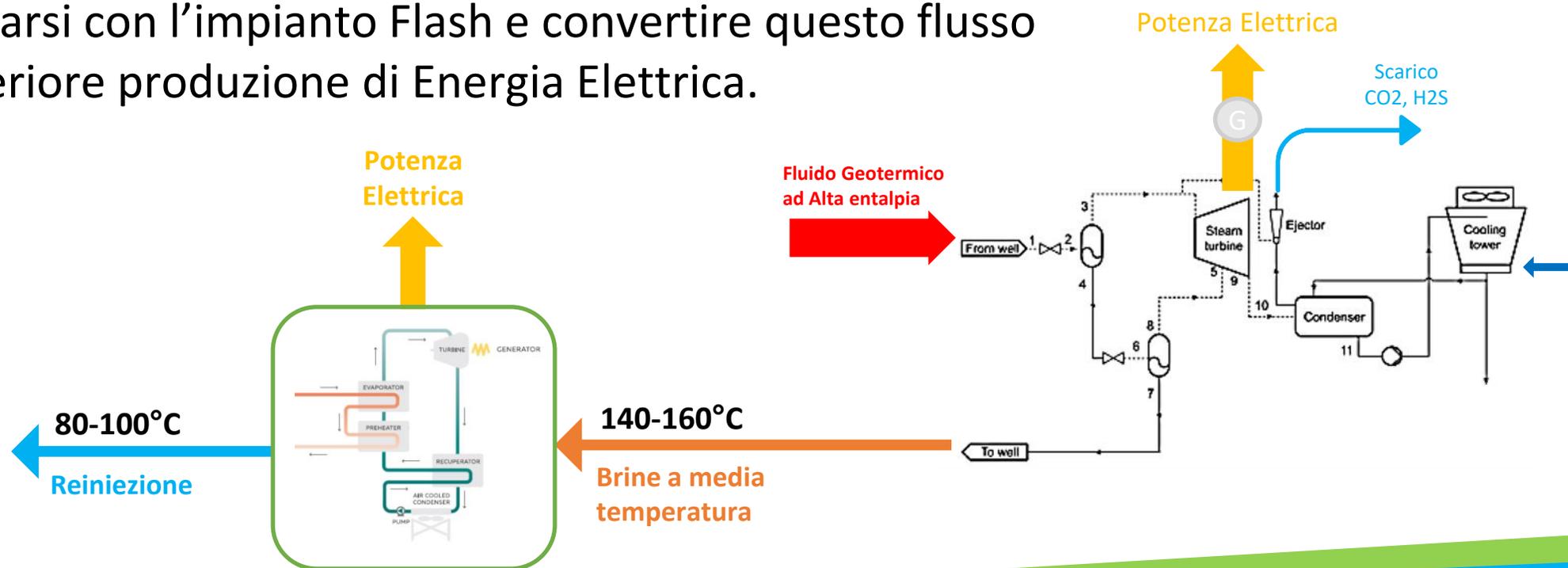
PICO ALTO, ISOLA DI TERCEIRA, AZZORRE (PT)



GENERAZIONE DA SORGENTE GEOTERMICA: II “BOTTOMING” CON IMPIANTI ORC

Gli impianti Flash scaricano e inviano a reiniezione brine a 140-160°C

- › La tecnologia **ORC** è l'unica che può efficacemente integrarsi con l'impianto Flash e convertire questo flusso in ulteriore produzione di Energia Elettrica.



ENEL GREEN POWER

BAGNORE 3, LOC. MONTE AMIATA, TOSCANA

- › **EXERGY** ha progettato, realizzato e fornito a ENEL GREEN POWER l'innovativa **turbina ROT** e il **sistema di controllo dell'ORC**
- › ORC in configurazione «**BOTTOMING**»
 - ✓ Recupero di Brine da impianti Flash a monte
 - ✓ Incrementata la produzione di Energia Elettrica senza dover scavare nessun pozzo aggiuntivo
- › Potenza Installata **1 MW_{el}**



RISORSA GEOTERMICA	TEMPERATURA
BRINE (BOTTOMING)	150 °C

Operativo dal 2013, ad oggi BAGNORE 3 è **l'unico** impianto ORC Geotermico in funzione sul territorio Nazionale.

ENEL GREEN POWER

BAGNORE 3, LOC. MONTE AMIATA, TOSCANA



→ Dopo 10 anni di ininterrotto funzionamento, la turbina è ritornata in Exergy per una revisione

ENERGY DEVELOPMENT CORPORATION (EDC)

MINDANAO 3, ISOLA DI MINDANAO, FILIPPINE

- › Impianto in configurazione «**BOTTOMING**»
- › Primo impianto dotato di sistema di **condizionamento in continuo** del brine per eliminare il rischio di **depositi e incrostazioni di silice** nel pozzo di reiniezione
- › Avviato nel **2022**, Potenza Installata **3.6 MW_{el}**
- › **25.000 tonnellate di CO₂** evitate ogni anno



RISORSA GEOTERMICA	TEMPERATURA
BRINE (BOTTOMING)	140 °C

MINDANAO,
Philippines

ENERGY DEVELOPMENT CORPORATION (EDC)

MINDANAO 3, ISOLA DI MINDANAO, FILIPPINE



GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Gabriele Marchiori

g.marchiori@exergy.it