

**PRODURRE ENERGIA NUCLEARE NON
SERVE.....LA TERRA E' GIA' UNA
CENTRALE NUCLEARE IN FUNZIONE
SENZA LIMITI DI TEMPO !!!**

**ABBIAMO NELL'INTERNO UNA ENERGIA
NUCLEARE PRESSOCHÉ INFINITA,
GRATUITA, NON INQUINANTE A
DISPOSIZIONE BASTA UTILIZZARLA:**

MONASTERO DI CELLOLE (Si) 19/20 SETTEMBRE 2026

LA TERRA E' RINNOVABILE

**Dialogo tra ecotecnologie, filosofie
e religioni**

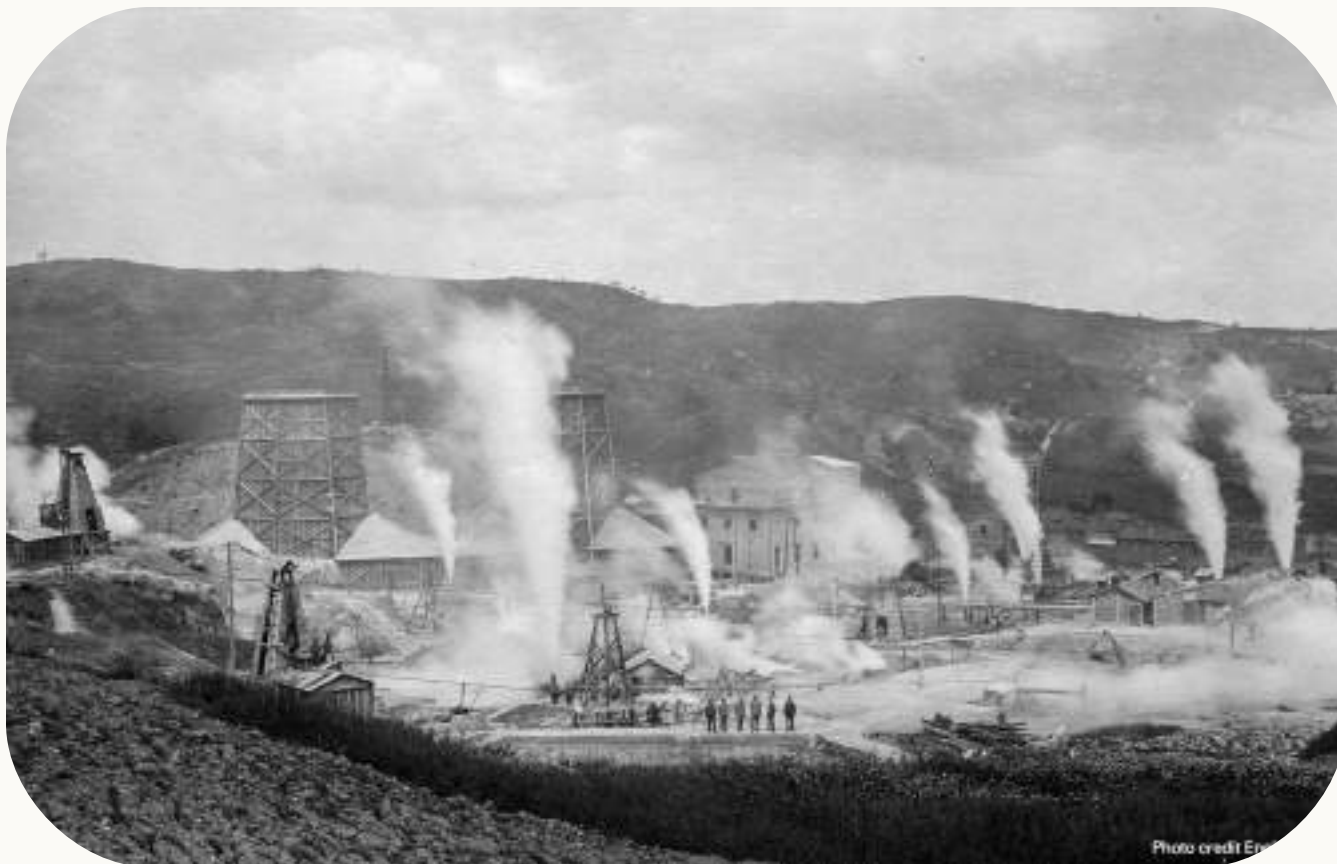
**DALLA GEOTERMIA PROFONDA CHE SVUOTA LA
TERRA ALLA GEOTERMIA RINNOVABILE**

Prof. Dr. Ing. GABBANI GIULIANO
Earth Science Department University of Florence

4 luglio 1904: la prima elettricità geotermica

02

Piero Ginori Conti trasforma il vapore naturale in energia elettrica



5 lampadine

Una dinamo azionata dal vapore dei soffioni dimostra per la prima volta la produzione elettrica geotermica.

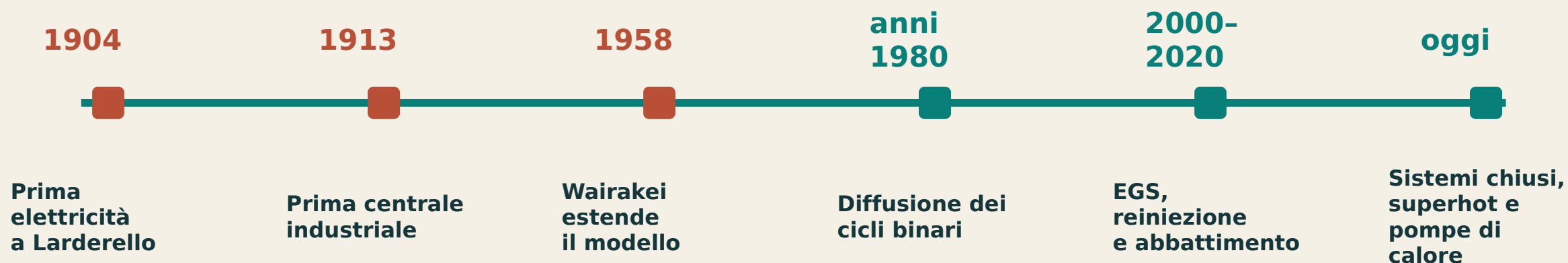
Il passaggio decisivo

- dal calore usato nell'industria boracifera alla generazione elettrica
- dalla prova sperimentale alla centrale industriale
- Larderello diventa il riferimento mondiale

Dalla prova di Larderello alla geotermia avanzata

03

Le innovazioni cambiano il fluido utilizzato, la profondità e il rapporto con il sottosuolo



La geotermia non evolve lungo una sola linea: convivono impianti storici, cicli binari, sistemi stimolati e circuiti completamente chiusi.

Le famiglie della risorsa geotermica

04

Le soglie cambiano tra classificazioni: qui sono valori tecnici indicativi

GEOTERMIA FREDDA	circa 8-25 °C	Scambio con il terreno e pompa di calore. Non richiede un serbatoio caldo.
BASSA ENTALPIA	< 90 °C	Reti di calore, serre, processi e talvolta cicli binari.
MEDIA ENTALPIA	circa 90-150 °C	Usi diretti e produzione elettrica con ORC o Kalina.
ALTA ENTALPIA	> 150 °C	Vapore secco, flash e produzione elettrica ad alta potenza.
SUPERCRITICA	> 374 °C e > 22,1 MPa	Grande densità energetica, materiali e pozzi ancora critici.

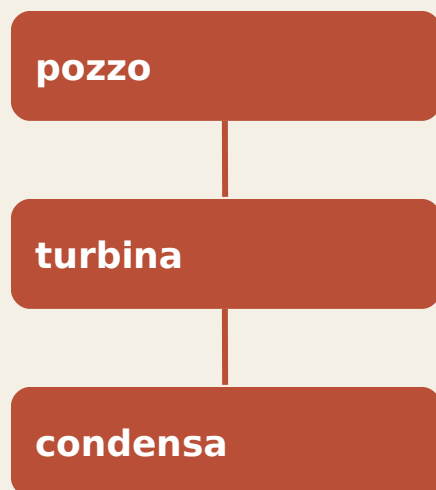
Tre architetture per produrre elettricità

05

Il fluido geotermico può raggiungere la turbina o cedere soltanto calore

VAPORE SECCO

Il vapore naturale aziona direttamente la turbina



Il controllo delle emissioni dipende dal trattamento dei vapori e dei condensati

FLASH

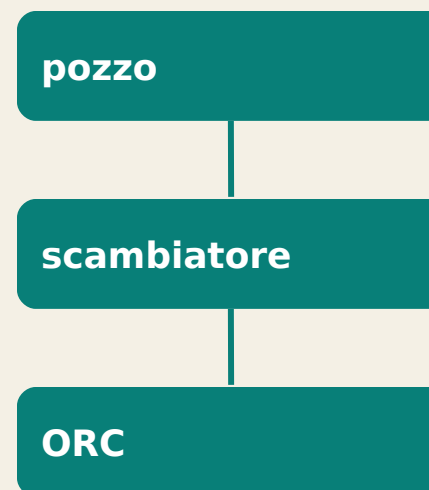
La depressurizzazione separa vapore e salamoia



Il controllo delle emissioni dipende dal trattamento dei vapori e dei condensati

BINARIO

Uno scambiatore alimenta un fluido organico chiuso



Il fluido geotermico resta separato dal circuito di potenza

Bagnore 4 - Centrale flash: parziale reiniezione con reimmissione in atmosfera della risorsa geotermica



Centrale a ciclo binario: reiniezione totale e paesaggio riqualificato

Circuito chiuso

Il fluido geotermico cede calore a un fluido di lavoro e viene reimpresso nel serbatoio.

Obiettivo: zero emissioni

Nessun pennacchio in atmosfera; gestione in ciclo chiuso con gas e fluido reiniettati.

Integrazione ambientale

Volumi bassi, verde, fasce arboree, mitigazione paesaggistica e minore impatto percepito.

Alta entalpia: potenza continua e criticità storiche

06

I campi a vapore hanno aperto la strada alla generazione geotermoelettrica

PUNTI DI FORZA

- produzione programmabile, con elevato fattore di capacità
- taglia industriale e lunga esperienza operativa
- uso combinato di elettricità e calore

CRITICITÀ DA GESTIRE

- declino di pressione se il serbatoio viene sovrasfruttato
- incrostazioni, corrosione e gestione dei condensati
- emissioni gassose e trascinamento di elementi in traccia

Un campo geotermico è un sistema dinamico

L'estrazione modifica pressione e flussi. La sostenibilità richiede bilancio di massa, reiniezione, monitoraggio microsismico e gestione chimica.

Obiettivo moderno

produrre energia mantenendo la risorsa e confinando i fluidi

Dove nascevano le emissioni

07

Le torri rendono visibile il pennacchio, ma le sostanze derivano dai fluidi e dai gas del giacimento

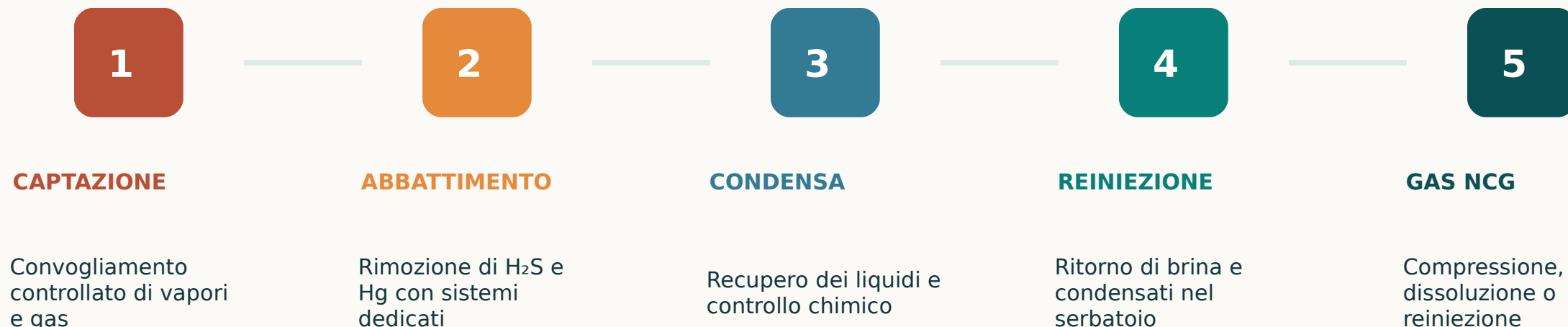


La composizione varia fortemente da campo a campo. Arsenico e mercurio richiedono controllo anche nei liquidi e nei sistemi di abbattimento.

Dall'abbattimento alla reiniezione integrale

08

La riduzione delle emissioni richiede più barriere tecniche in serie



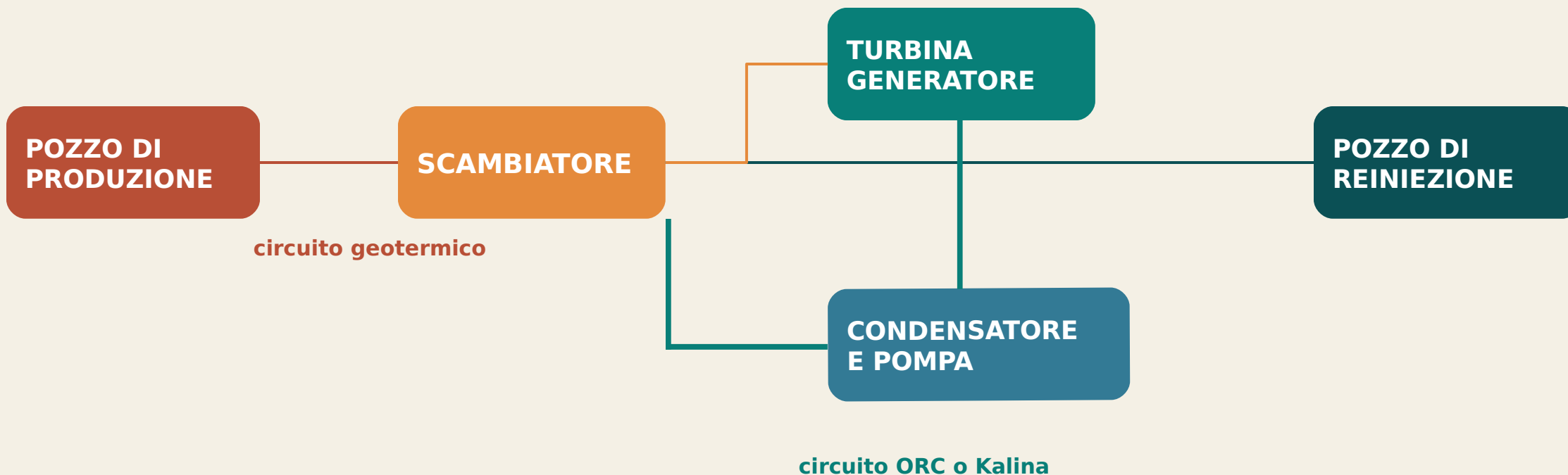
Configurazione a emissioni operative molto basse

Ciclo chiuso + reiniezione totale dei liquidi + gestione dei gas non condensabili + raffreddamento compatibile con la disponibilità idrica

Ciclo binario: il calore attraversa lo scambiatore

09

Il fluido geotermico e il fluido di potenza percorrono circuiti separati



Condizione essenziale **nessuno sfiato del fluido geotermico, tenuta degli scambiatori e reiniezione completa**

Vantaggio risorse a temperatura più bassa

Limite rendimento elettrico inferiore e fluidi organici da gestire

Che cosa significa “emissioni prossime allo zero”

10

Il risultato dipende dall'intero impianto, non dal nome della tecnologia

- 1 Circuito geotermico chiuso** Nessun contatto ordinario tra fluido di giacimento e atmosfera
- 2 Reiniezione completa** Brine e condensati ritornano alla formazione idonea
- 3 Gestione dei gas** Cattura, dissoluzione, mineralizzazione o reiniezione degli NCG
- 4 Controllo del fluido ORC** Rilevamento perdite e scelta di fluidi con basso impatto climatico
- 5 Monitoraggio continuo** Pressione, chimica, microsismicità, acque e aria

Restano gli impatti di perforazione, materiali, cantiere, occupazione del suolo e fine vita. Per questo “impatto zero” non è una definizione scientificamente corretta.

EGS e fluidi supercritici

11

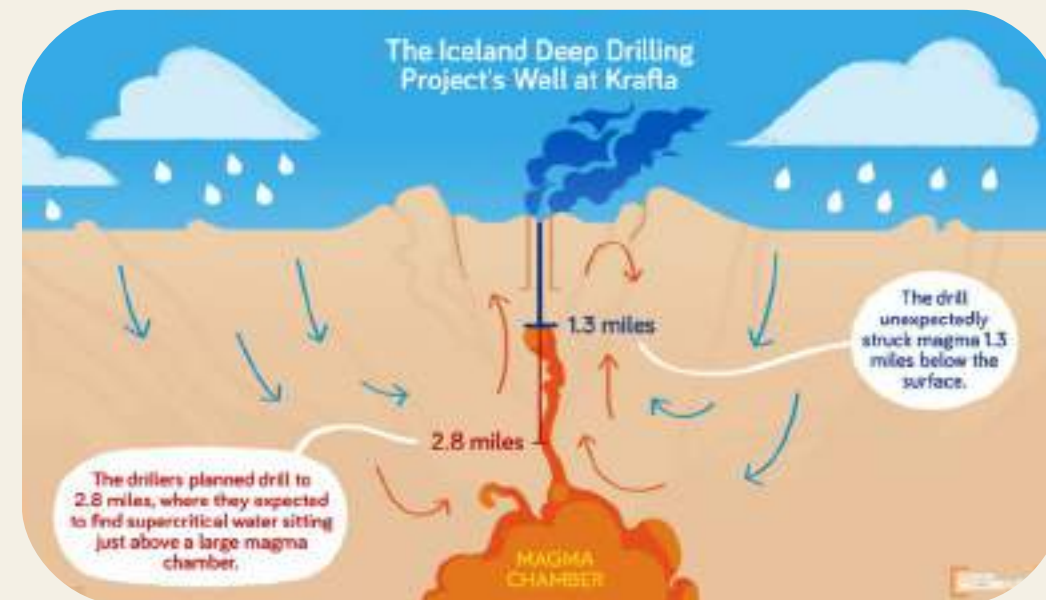
La frontiera cerca più calore dove la permeabilità naturale non basta

EGS

Pozzi profondi e stimolazione controllata creano o riattivano vie di flusso nella roccia calda.

SUPERCRITICO

Sopra il punto critico dell'acqua, il fluido può trasportare molta più energia per unità di massa. Pressioni, corrosione e stabilità del pozzo diventano determinanti.



IDDP-2, Reykjanes

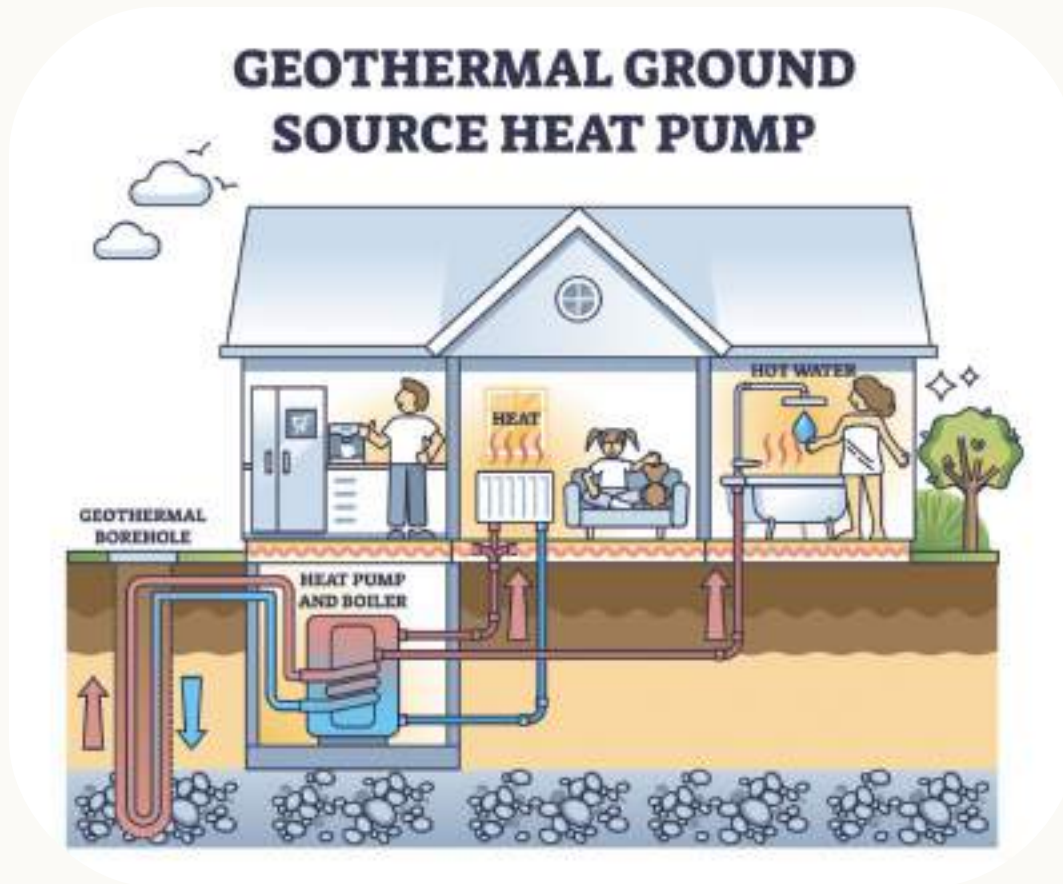
profondità circa 4,7 km · temperatura misurata oltre 400 °C

Rischi da governare: sismicità indotta, perdita di circolazione, chimica aggressiva e tenuta dei materiali

Geotermia fredda: il terreno come sorgente termica

12

La pompa di calore trasferisce energia tra edificio e sottosuolo



INVERNO

Il circuito preleva calore dal terreno. La pompa di calore innalza la temperatura per il riscaldamento.

ESTATE

Il circuito smaltisce calore nel terreno. In alcuni impianti il raffrescamento può essere diretto.

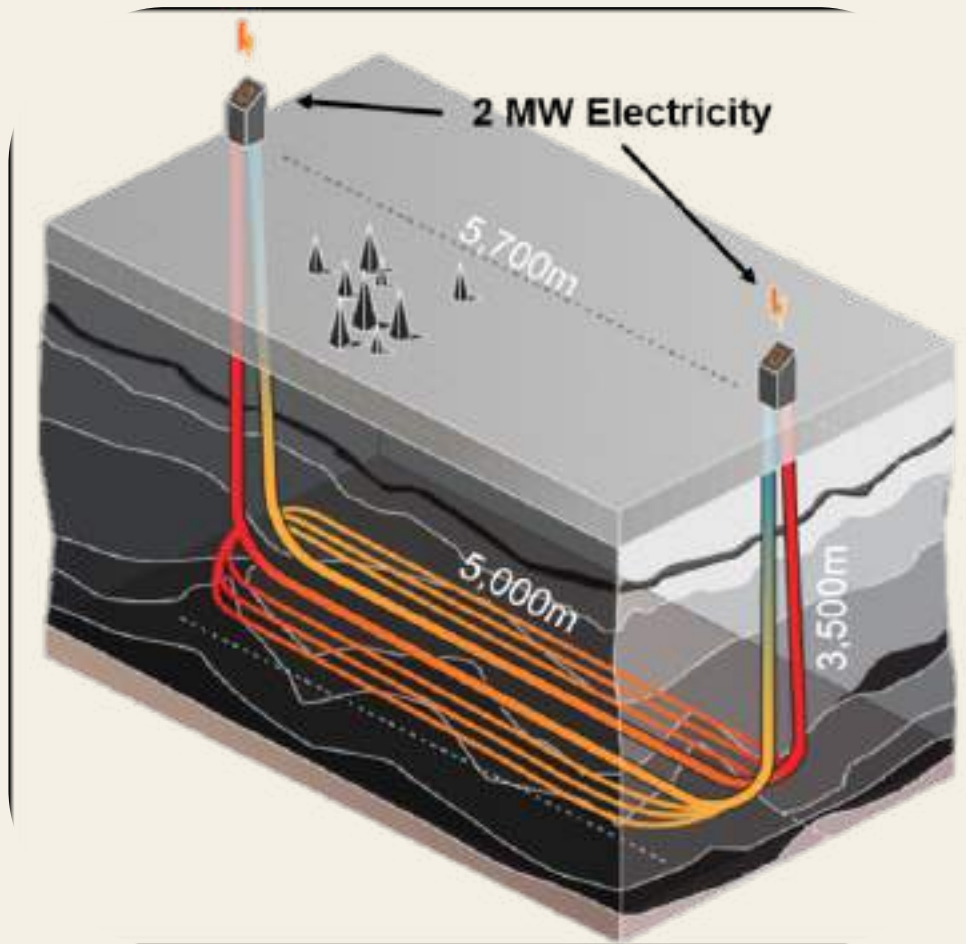
Elettricità prodotta: nessuna

Servizio reso: climatizzazione ad alta efficienza

Eavor-Loop: scambiatore chiuso nel sottosuolo

13

Due pozzi verticali con rami multilaterali formano un grande radiatore sigillato



CIRCUITO SIGILLATO

- il fluido di lavoro non proviene dal giacimento
- la roccia trasferisce calore per conduzione
- non serve produrre salamoia né reiniettarla

TERMOSIFONE

La differenza di densità tra colonna fredda discendente e colonna calda ascendente può sostenere la circolazione e ridurre il pompaggio.

Prestazione reale

dipende da temperatura, lunghezza dei rami, conducibilità della roccia e perdite di carico

Confronto tra le principali tecnologie

14

La scelta dipende dalla risorsa, dall'uso finale e dal livello di isolamento dei fluidi

Tecnologia	Risorsa tipica	Prodotto	Contatto col giacimento	Emissioni operative
Vapore secco / flash	>150 °C	Elettricità	Diretto	Variabili, da trattare
Ciclo binario	70-180 °C circa	Elettricità e calore	Fluido prodotto separato	Molto basse se reiniezione completa
EGS	>150 °C in roccia calda	Elettricità e calore	Circuito in fratture	Basse, con gestione dei fluidi
Eavor-Loop	Ampio intervallo, sito specifico	Calore o elettricità	Nessun fluido di giacimento prodotto	Prossime allo zero dirette
Geotermia fredda	Terreno vicino alla T media annua	Climatizzazione	Sonda chiusa o falda	Nessuna al sito, salvo elettricità

Le temperature sono indicative. La configurazione impiantistica può spostare i confini tra categorie.

La traiettoria tecnologica

15



1904

Dimostrare che il calore della Terra può generare elettricità



XX secolo

Aumentare potenza, affidabilità e diffusione industriale



Oggi

Separare i circuiti, reiniettare i fluidi e controllare i gas



Frontiera

Raggiungere rocce più calde con EGS, supercritico e sistemi chiusi

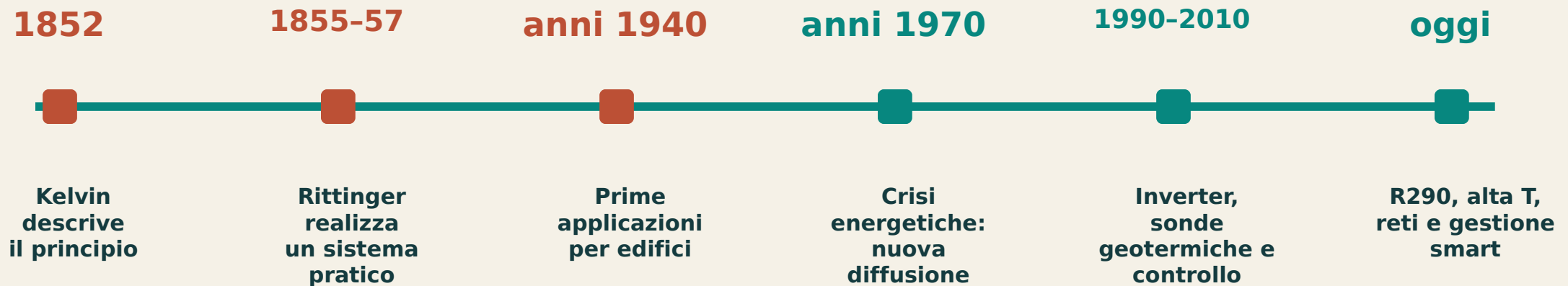
Criterio guida

**massima energia utile con minimo scambio di massa tra
sottosuolo e atmosfera**

Dalla macchina frigorifera alla pompa di calore

01

Quasi due secoli di sviluppo: compressori, sorgenti, regolazione e fluidi refrigeranti



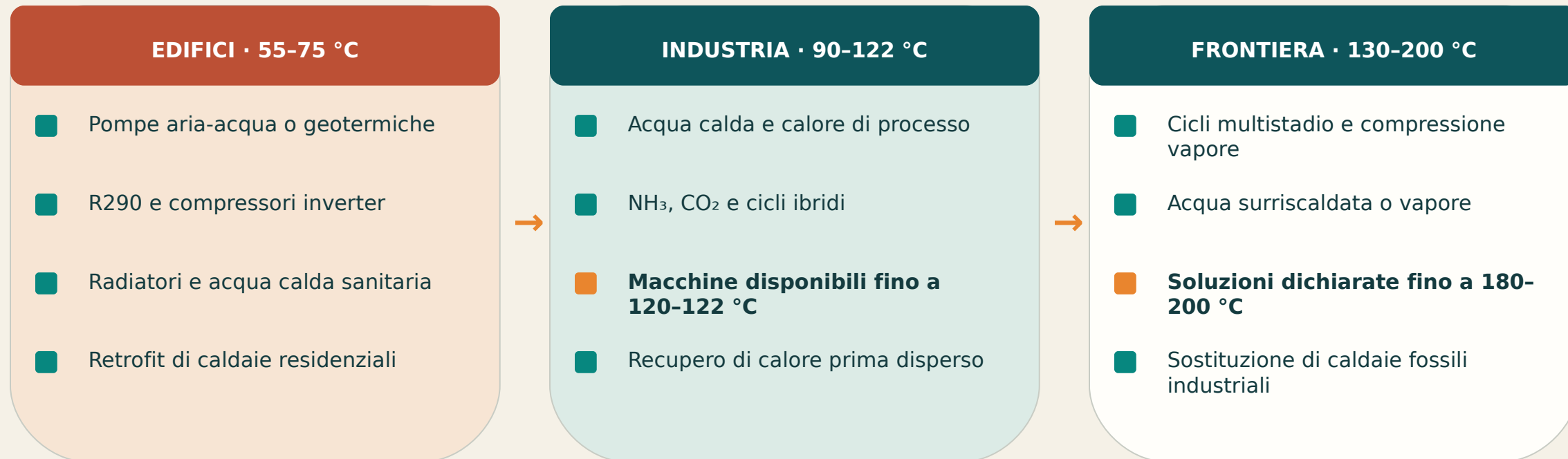
L'evoluzione non riguarda solo la temperatura: la vera svolta è produrre più calore utile per ogni kWh elettrico, adattando la macchina al clima e all'edificio.

Le date storiche sono tappe indicative: lo sviluppo è avvenuto in parallelo tra refrigerazione, climatizzazione e geoscambio.

Pompe di calore oltre 110 °C: la nuova frontiera

02

Dai radiatori al vapore industriale: crescono temperatura, potenza e possibilità di sostituire le caldaie



Principio progettuale

Sorgente tiepida o calore di scarto → pompa di calore → acqua o vapore oltre 110 °C → processo senza combustione al sito

Il dato massimo non basta: COP e convenienza dipendono soprattutto dalla temperatura della sorgente, dal salto termico e dalle ore di utilizzo.