

GEOTERMIA

Energias renováveis

Miguel Centeno Brito

Energia geotérmica

Aproveitamento energia térmica armazenada na crosta terrestre.

Aproveitamentos de

- alta entalpia
- baixa entalpia

[ENTALPIA] **$H = U + PV$**

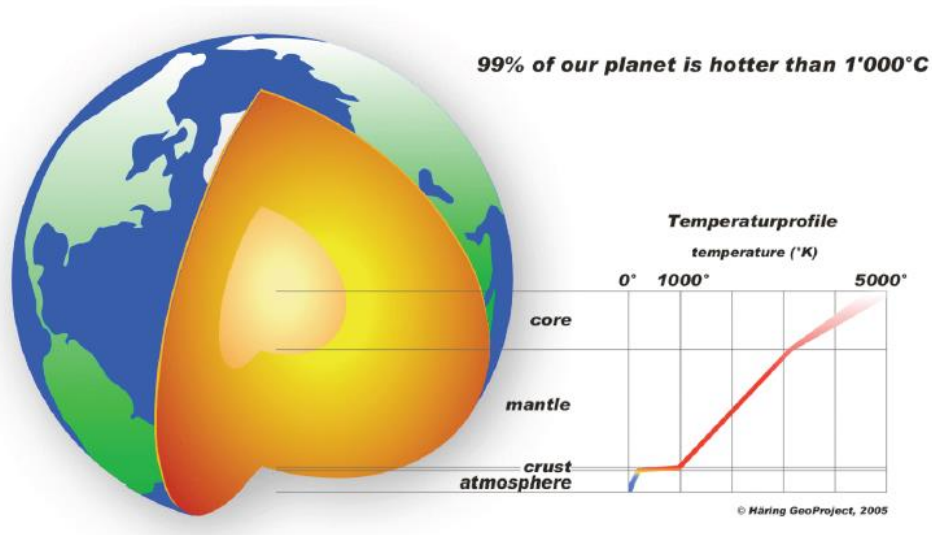
energia de um sistema termodinâmico que pode ser extraída sob a forma de calor, inclui energia interna e energia armazenada no conjunto sistema-vizinhança

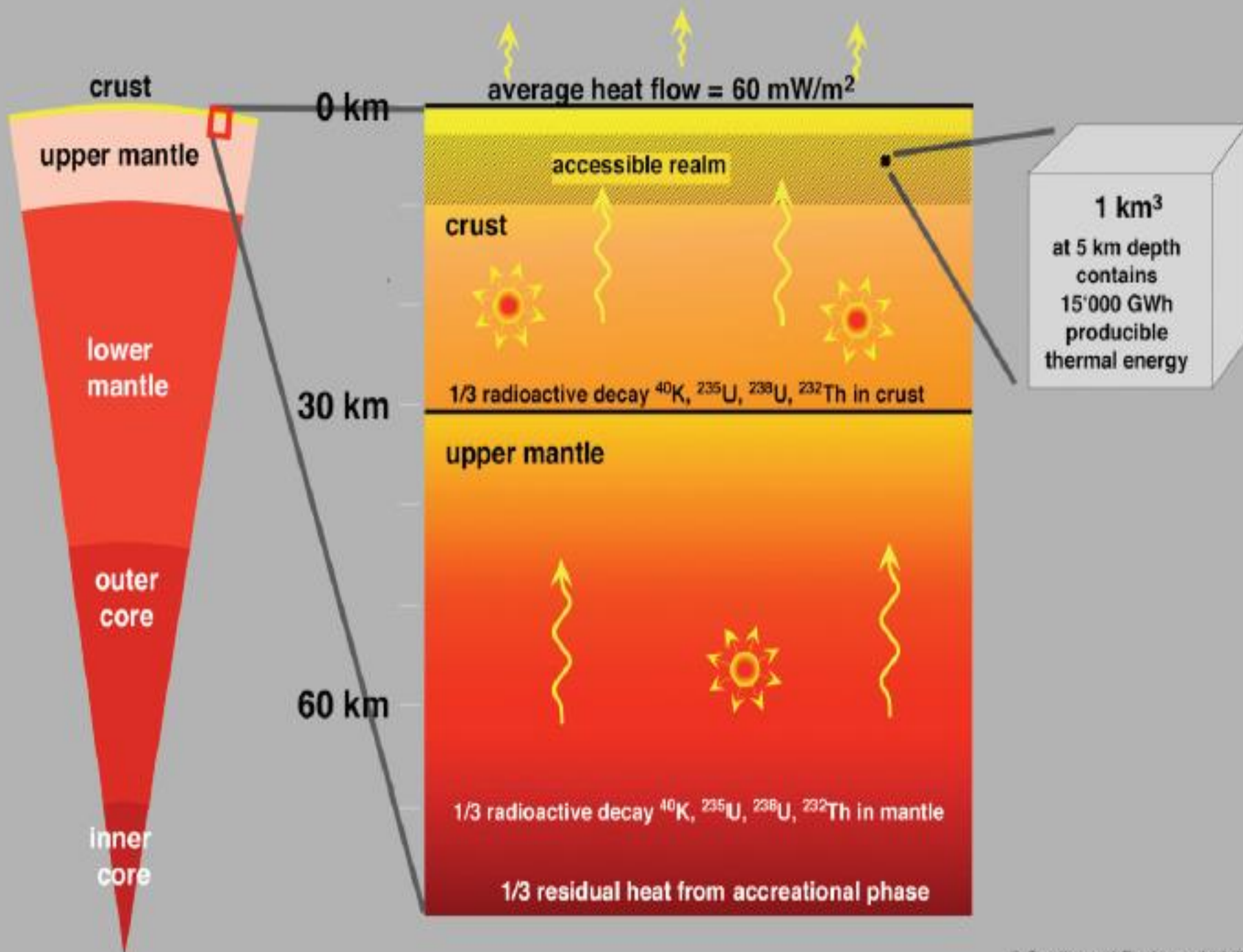
Energia geotérmica

Aproveitamento energia térmica armazenada na crosta terrestre.

Calor proveniente de

- **centro** da Terra
- decaimento **radioactivo** de elementos na crosta





Energia geotérmica

Aproveitamento energia térmica armazenada na crosta terrestre.

Calor proveniente de

- **centro** da Terra
- decaimento **radioactivo** de elementos na crosta

Fluxo de calor médio:

Sob os continentes: 0.06 W/m²

Sob os oceanos: 0.01 W/m²

Gradiente típico:

15-20 k/km

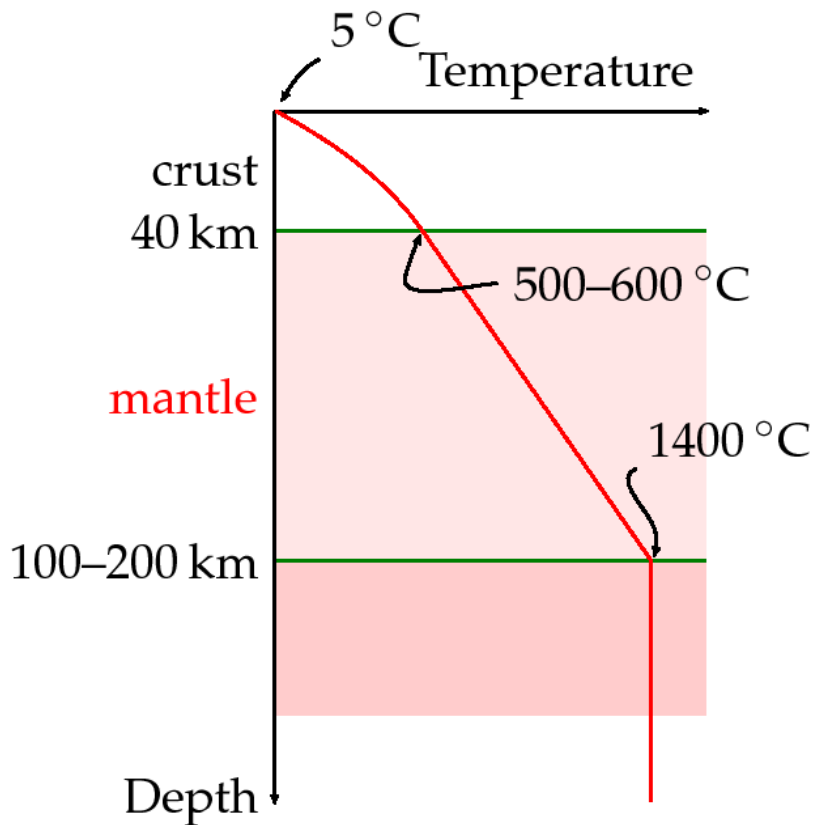
Condutividade térmica:

2.5-3-5 W/m/K

Localmente, intrusões magmáticas podem aumentar fluxo de calor significativamente. Em algumas zonas atinge-se 0.1 W/m².

Energia geotérmica

Aproveitamento energia térmica armazenada na crosta terrestre.



Gradiente típico:

15-20 k/km

Condutividade térmica:

2.5-3-5 W/m/K

Energia geotérmica

Aproveitamento energia térmica armazenada na crosta terrestre.

Será uma fonte renovável de energia?

Será uma fonte sustentável de energia?

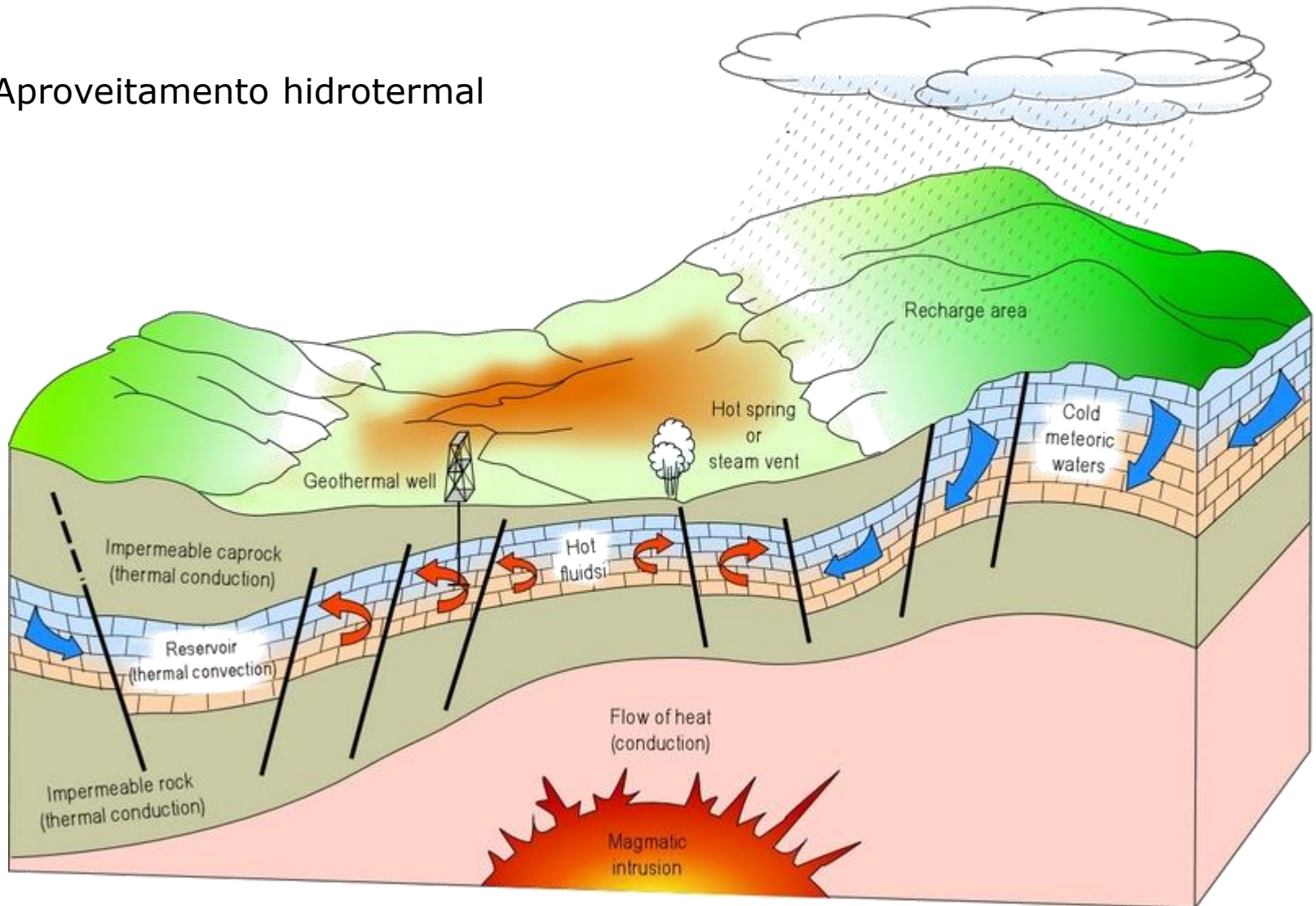
**Baixa densidade energética mas
'sempre ligado'**

Tipos de recursos geotérmicos:

- hidrotermais – água quente ou vapor em aquíferos, a alta pressão
- água salgada com metano dissolvido sob pressão
- rocha quente
- magma

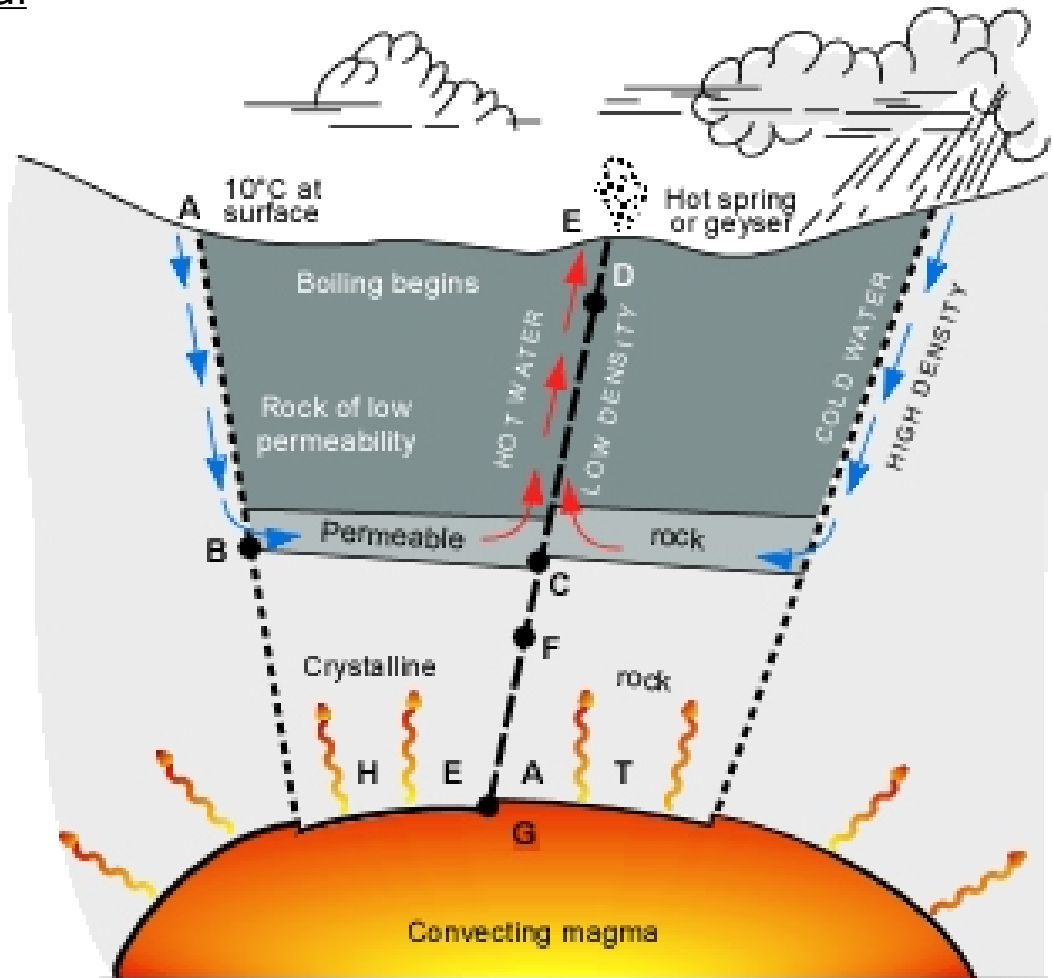
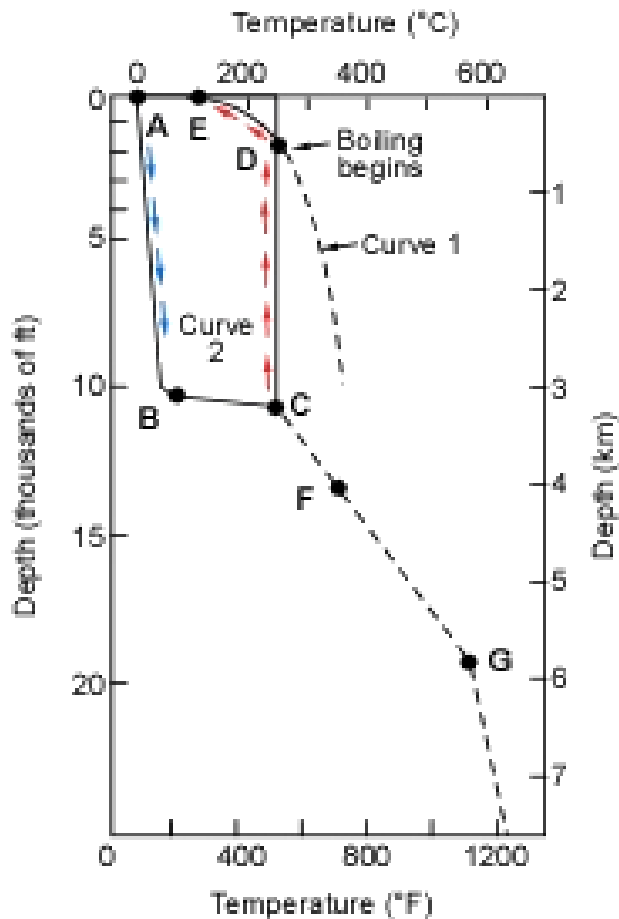
Energia geotérmica

Aproveitamento hidrotermal



Energia geotérmica

Aproveitamento hidrotermal



Energia geotérmica

Aproveitamento hidrotermal

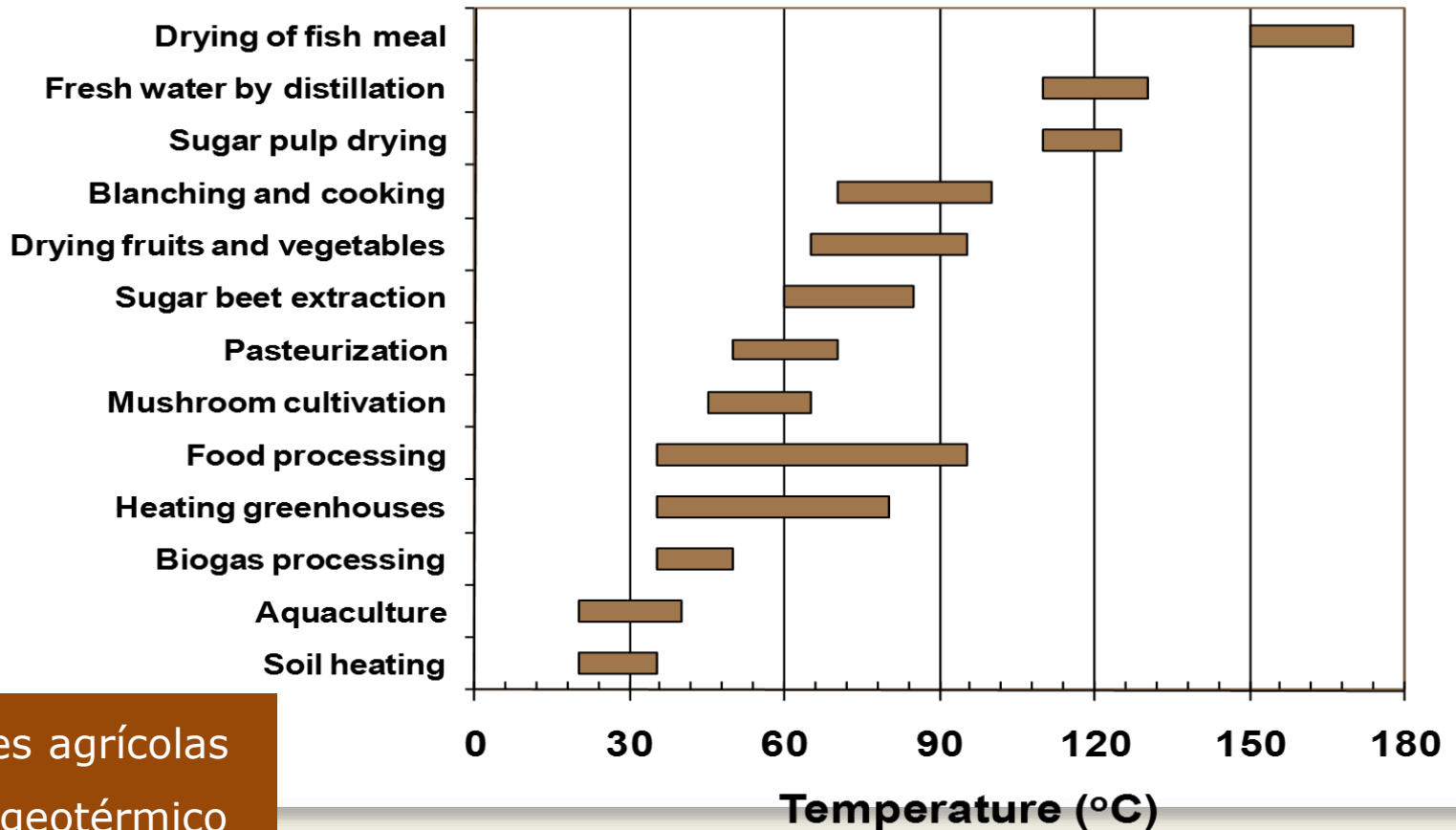
Comuns em zonas com episódios de vulcanismo recente ou 'agitação tectónica' (e.g. formação de montanhas)

Energia geotérmica

Aproveitamento hidrotermal

Pode ser aproveitado para

- produção de calor



Aplicações agrícolas
de calor geotérmico

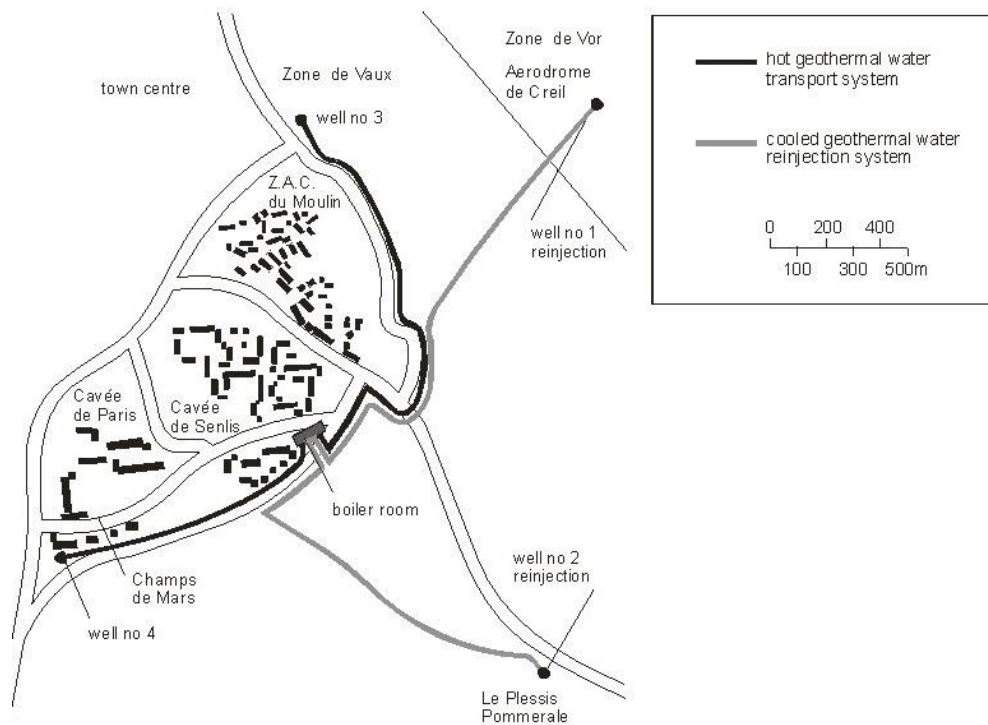
Energia geotérmica

Aproveitamento hidrotermal

Pode ser aproveitado para

- produção de calor

com ou sem bombas de calor



Sistema de distribuição de calor geotérmico em Creil, norte de Paris (1976)

55-70°C

@ 1-2 km profundidade

2000 utilizadores directos

2000 utilizadores bomba calor

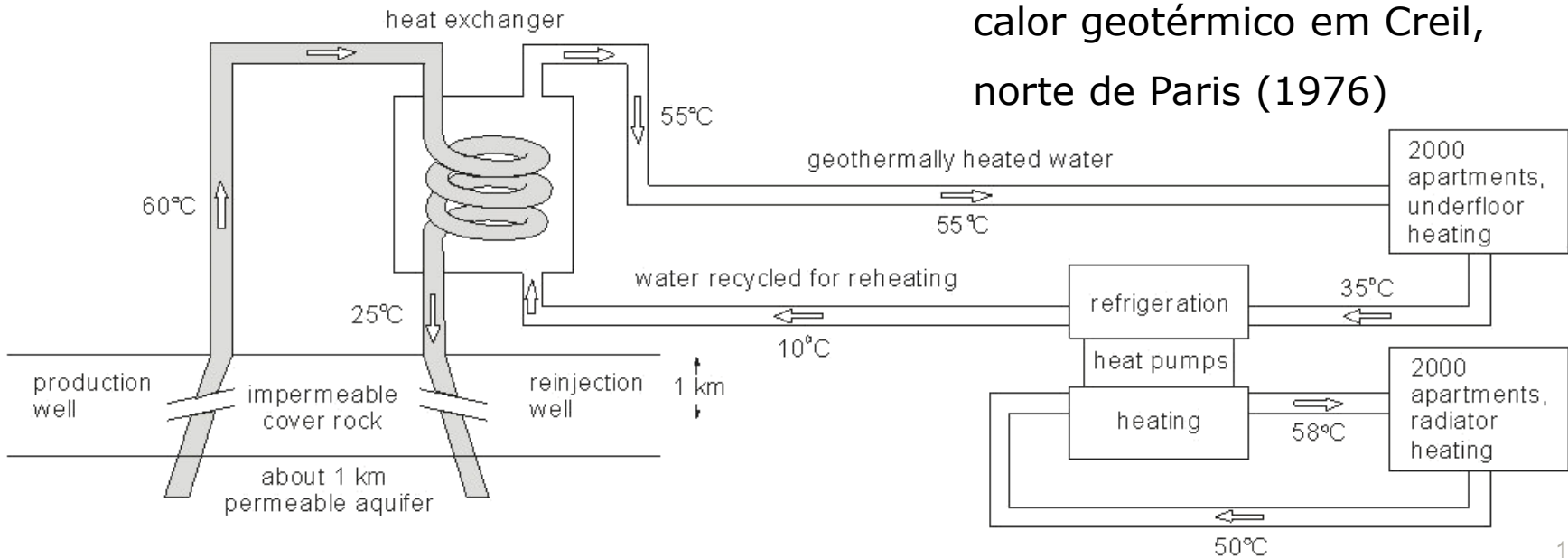
Energia geotérmica

Aproveitamento hidrotermal

Pode ser aproveitado para

- produção de calor com ou sem bombas de calor

Sistema de distribuição de calor geotérmico em Creil, norte de Paris (1976)

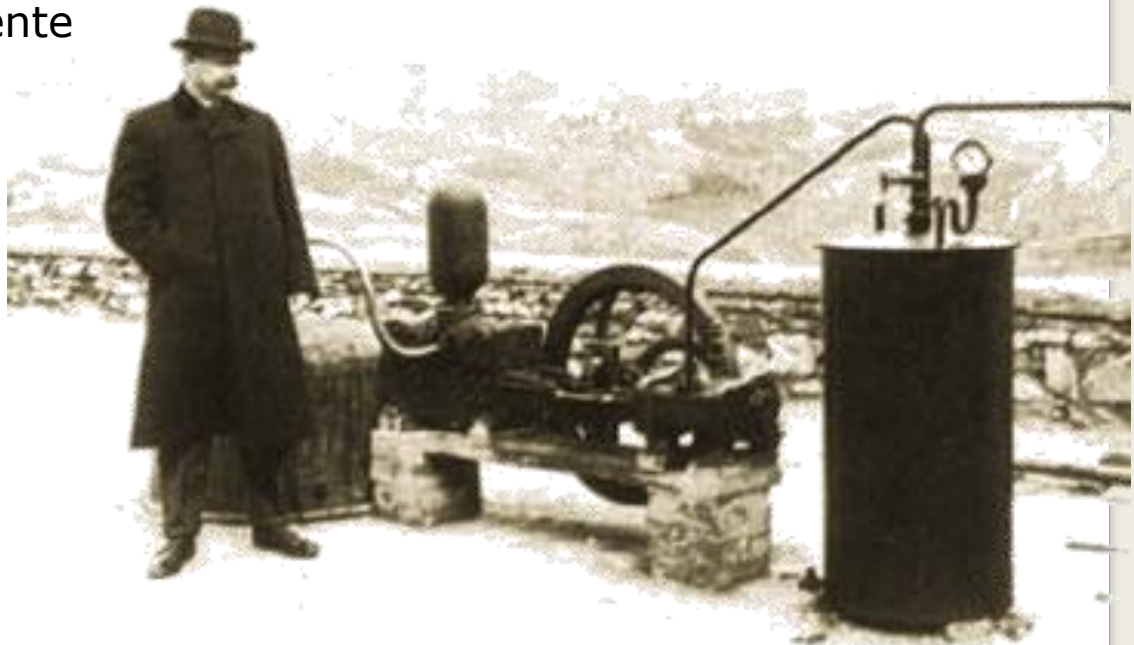


Energia geotérmica

Aproveitamento hidrotermal

Pode ser aproveitado para

- produção de calor
com ou sem bombas de calor
- produção de electricidade
usando o vapor directamente



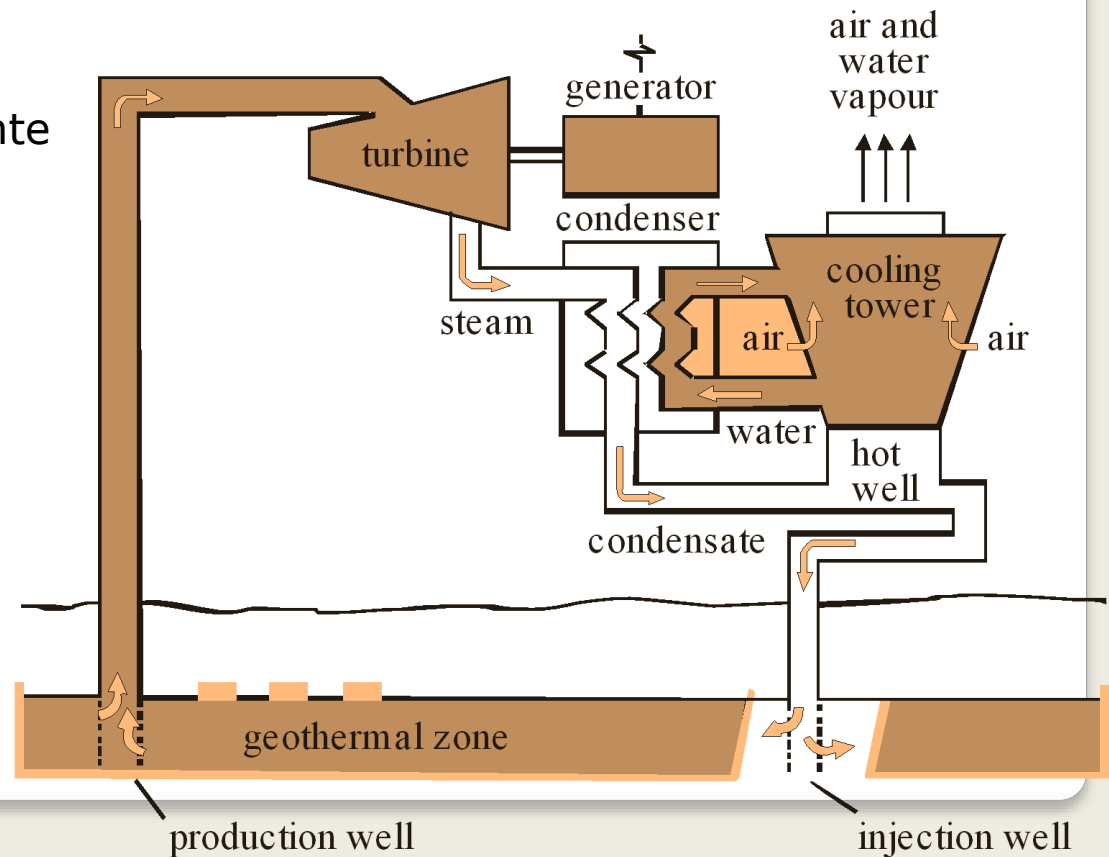
Geração electricidade em Larderello, Itália (1904)
e o seu inventor, Príncipe Piero Ginori Conti.

Energia geotérmica

Aproveitamento hidrotermal

Pode ser aproveitado para

- produção de calor
com ou sem bombas de calor
- produção de electricidade
usando o vapor directamente



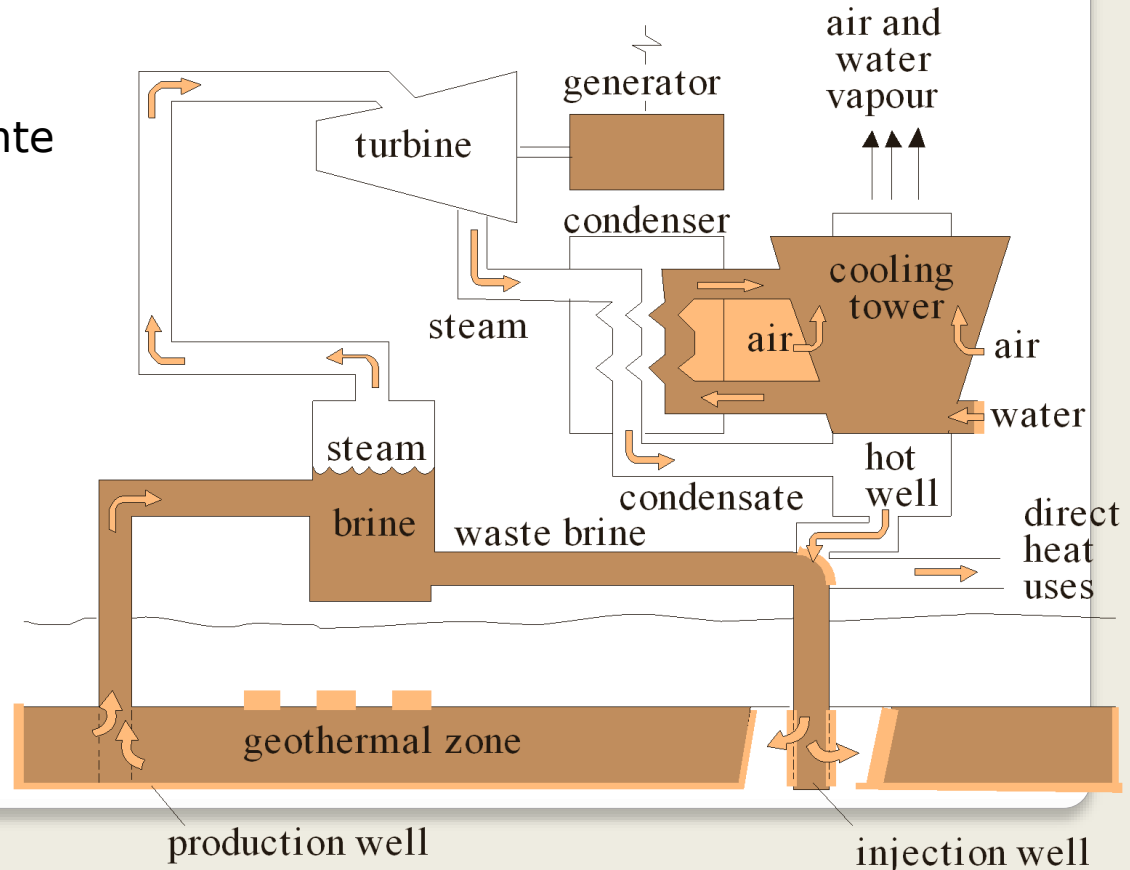
Energia geotérmica

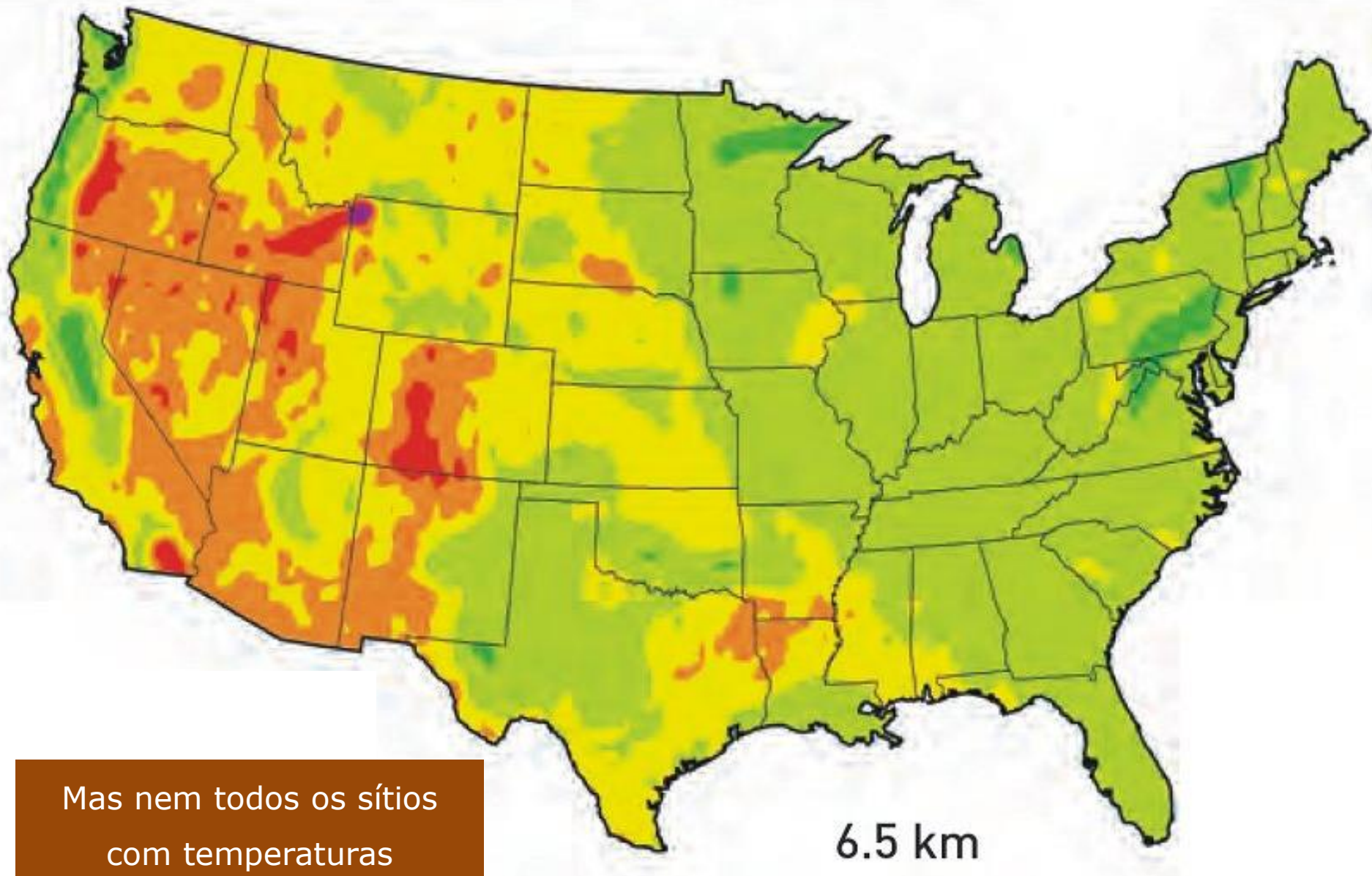
Aproveitamento hidrotermal

Pode ser aproveitado para

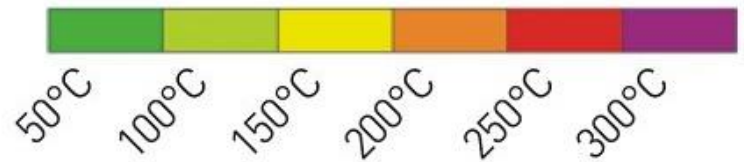
- produção de calor
com ou sem bombas de calor
- produção de electricidade
usando o vapor directamente
ou a partir da água líquida

Mas nem todos os sítios
com temperaturas
interessantes têm
água/vapor disponível.

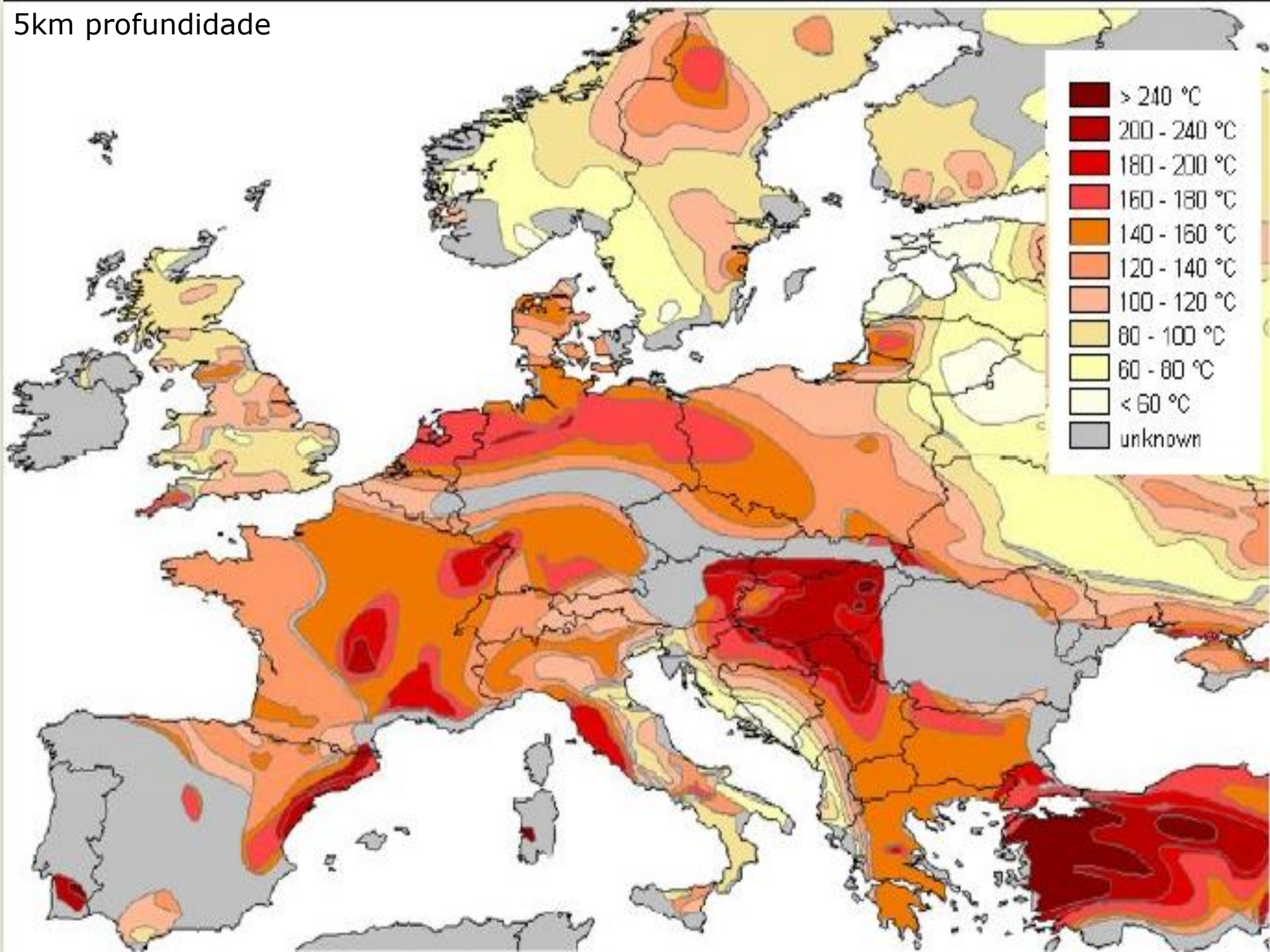




Mas nem todos os sítios com temperaturas interessantes têm água/vapor disponível.



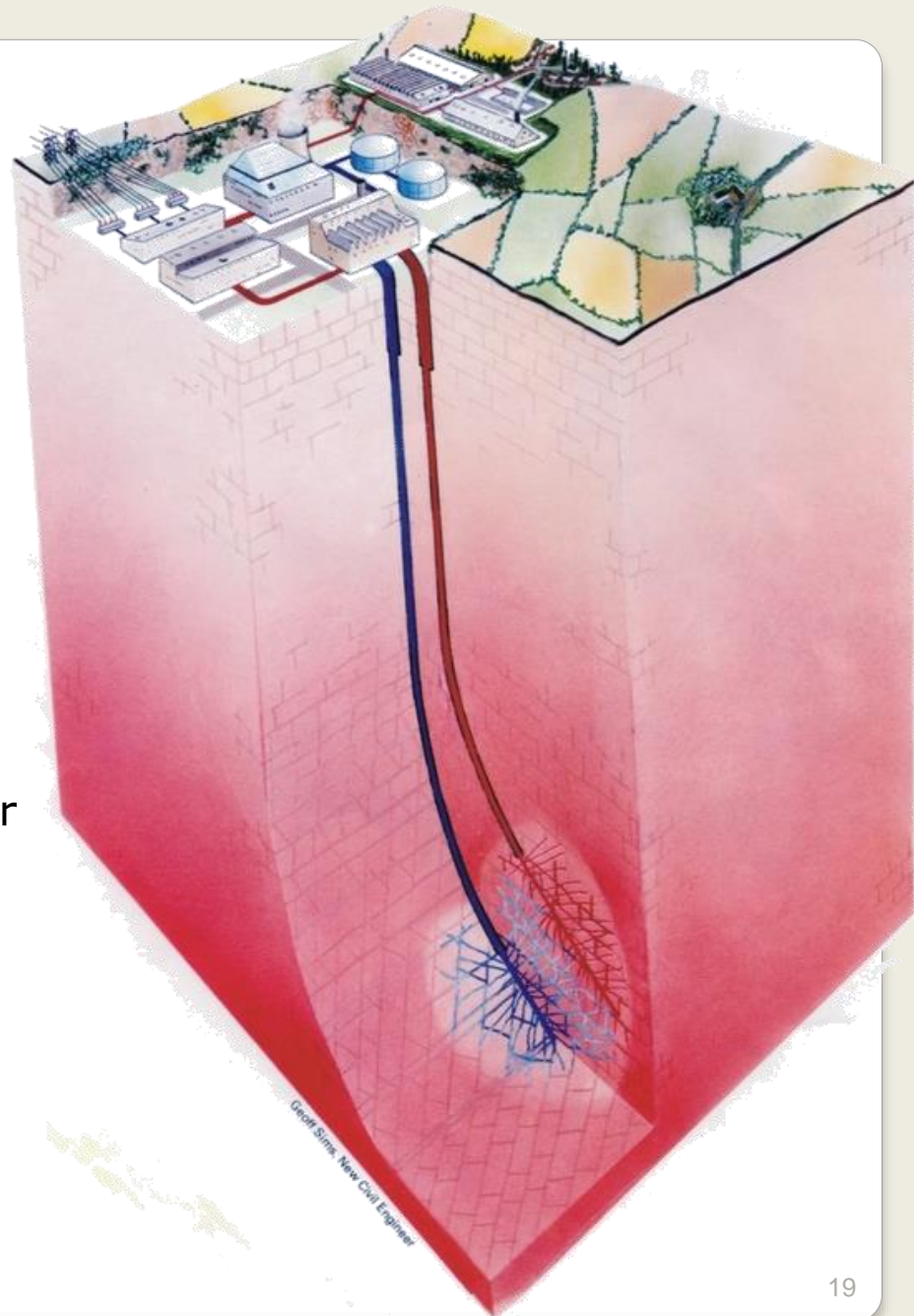
5km profundidade



Energia geotérmica

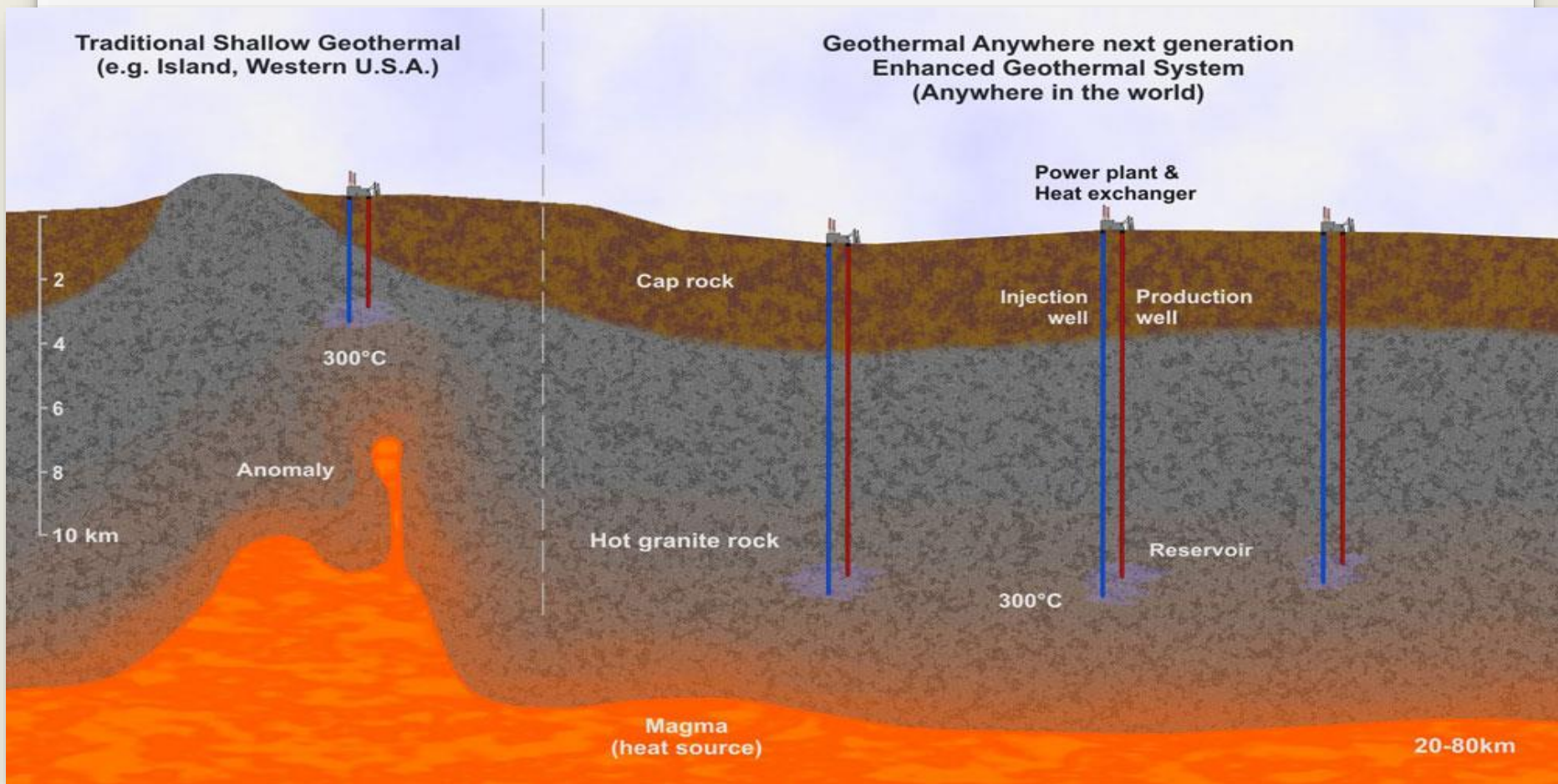
EGS – Enhanced geothermal system

1. **Furo de injeção**, por onde será injectada água
2. **Fractura** da rocha no fundo (*hydrofracturing*, por injeção de água sob pressão), para aumentar área efectiva de transferência de calor entre rocha/água
3. **Furo de extracção**, por onde será retirada água aquecida

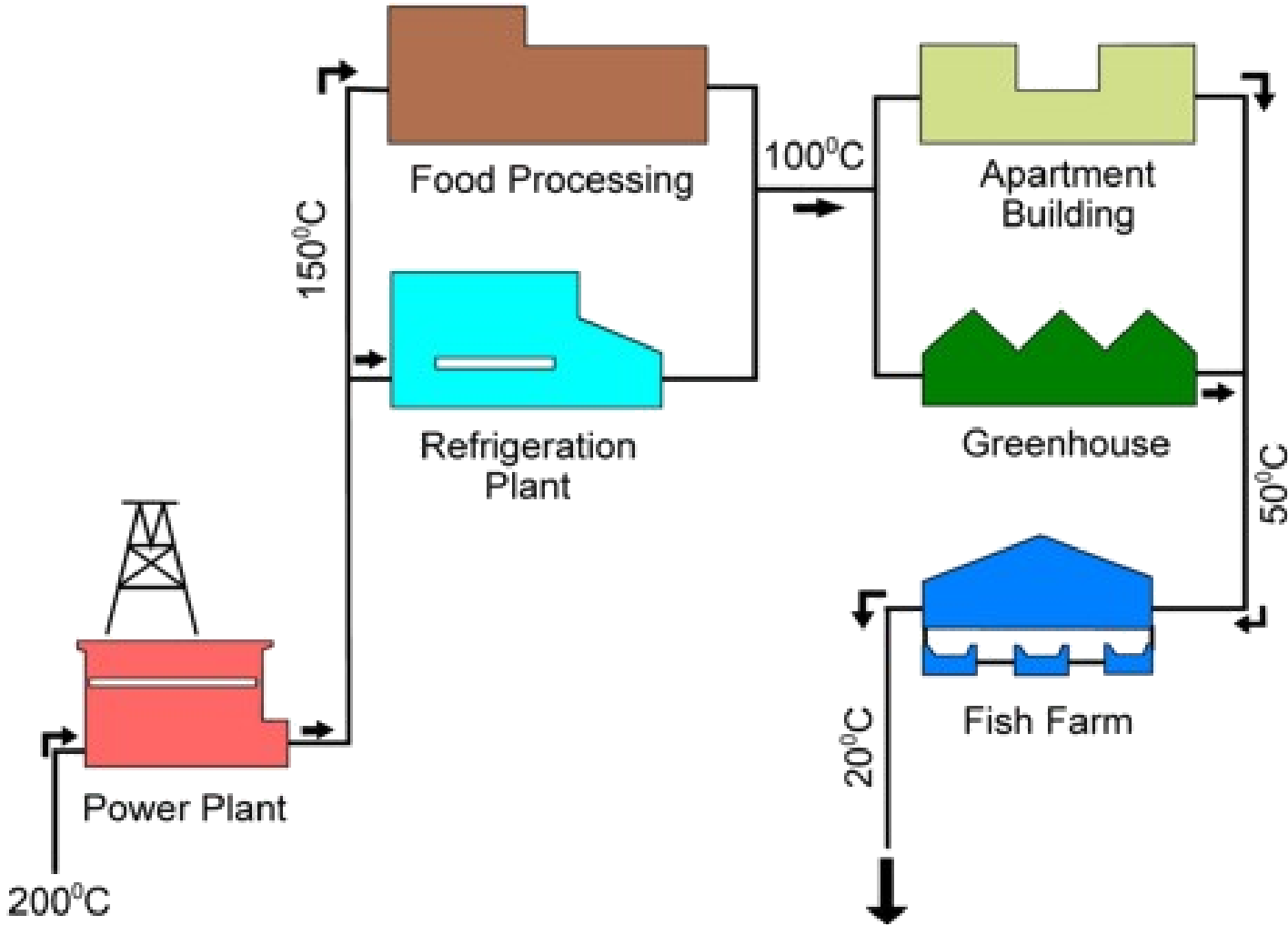


Energia geotérmica

EGS – Enhanced geothermal system

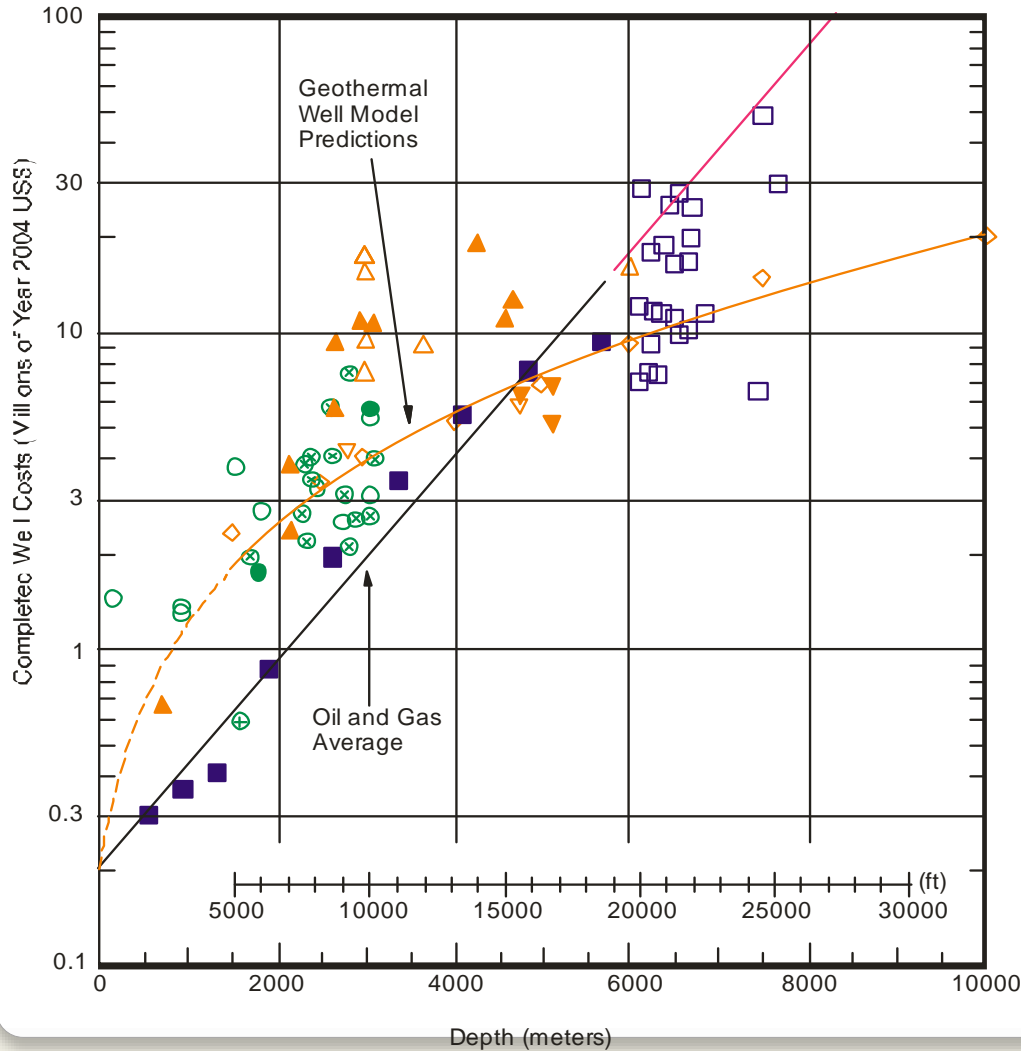


Energia geotérmica



Energia geotérmica

Custos



Custos associados sobretudo à furação.

- JAS Oil and Gas Average
- JAS Ultra Deep Oil and Gas
- The Geysers Actual
- ⊕ Imperial Valley Actual
- ⊗ Other Hydrothermal Actual
- Hydrothermal Predicted
- ▲ HDR/EGS Actual
- △ HDR/EGS Predicted
- ▼ Soutz/Cooper Basin
- Wellcost Lite Model
- ◇ Wellcost Lite Base Case
- ▽ Wellcost Lite Specific Wells

Energia geotérmica

Considerações ambientais

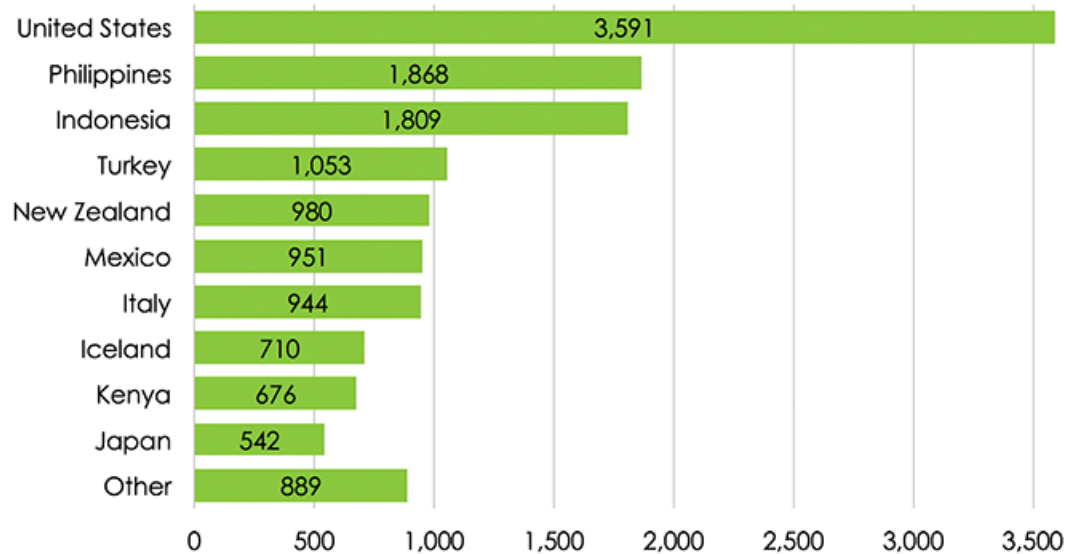
Energia geotérmica

Considerações ambientais

- Emissão de **gases tóxicos** em suspensão/solução nos fluídos geotermiais
- **Contaminação** águas subterrâneas
- Se em larga escala, **abatimento** do solo ou micro-terramotos
- EGS pode estar associado a **terramotos**

TOP 10 GEOTHERMAL COUNTRIES

INSTALLED CAPACITY - MW (DECEMBER 2017) – 14,013 MW IN TOTAL



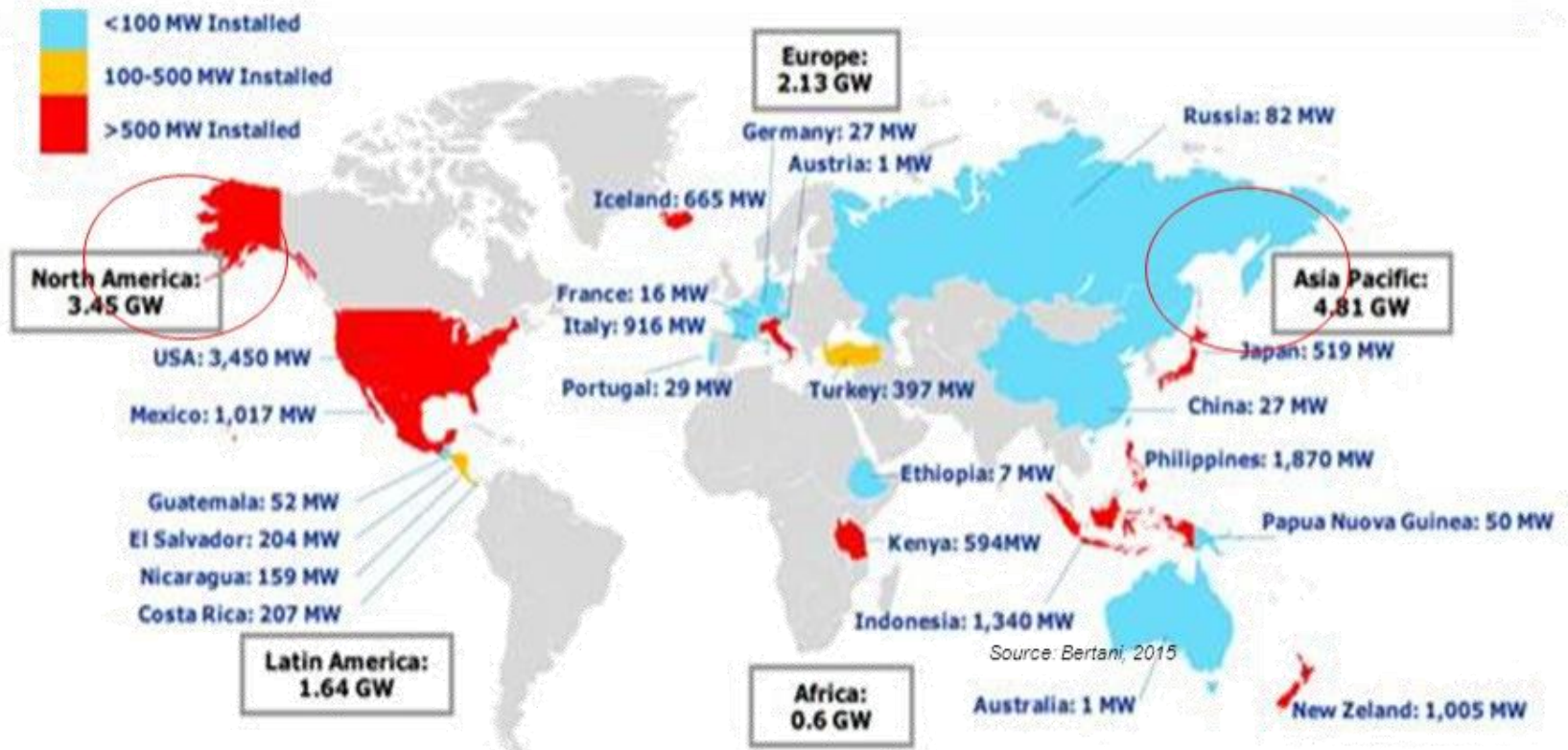
Source: TGE Research (2017), GEA (2016), IGA (2015), JESDER (2017) Enerji Atlası (2017)

**Geothermal
installed
power
generation
capacity**

14,013 MWe

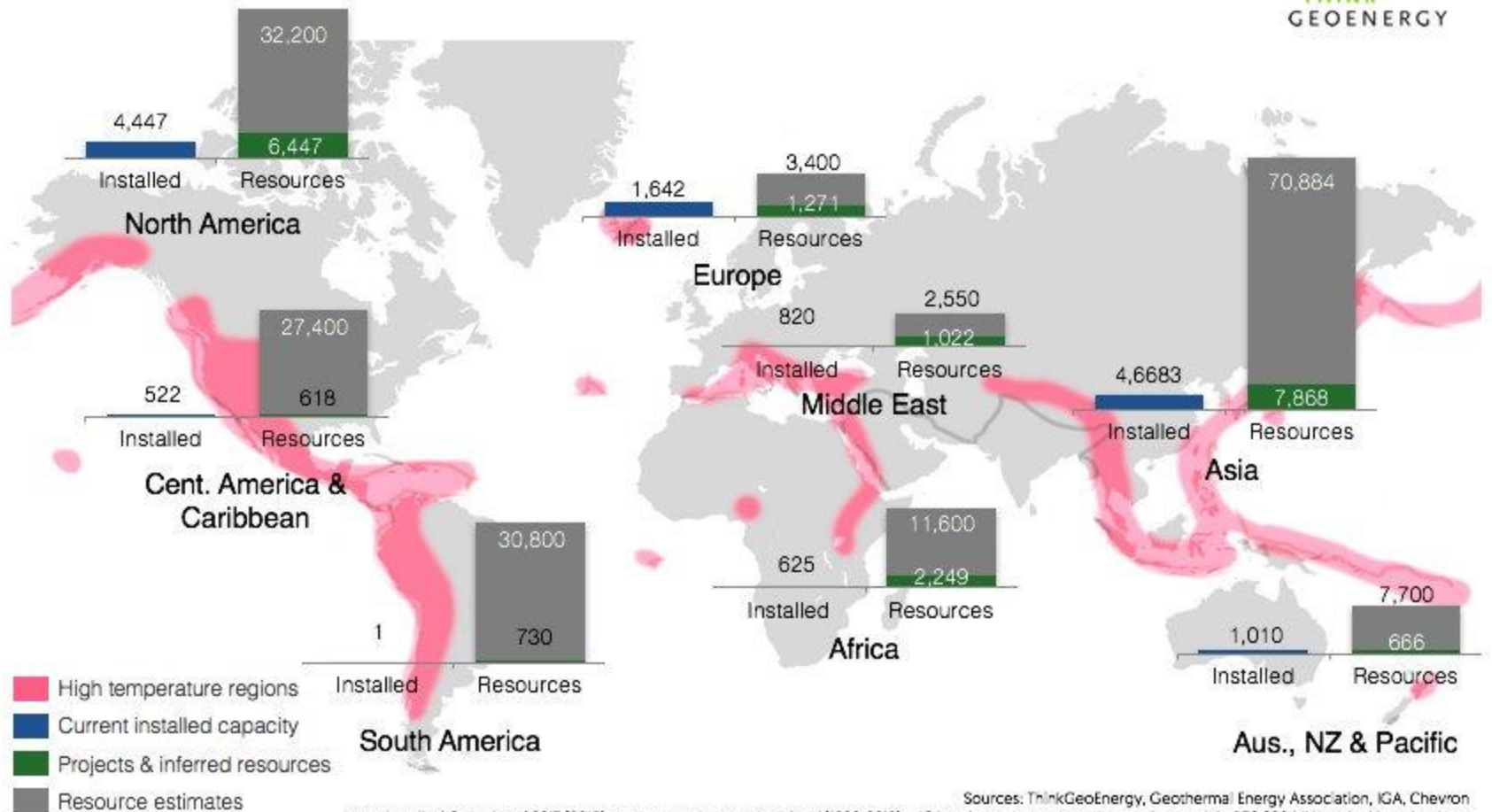
**Top 10 countries
present 13,124 MWe
or ~94%.**

- **Geothermal Power:** ~25 countries with a total installed capacity of 12,6 GW
- **Geothermal Heat:** ~80 countries with a total installed capacity of 20.4 GW



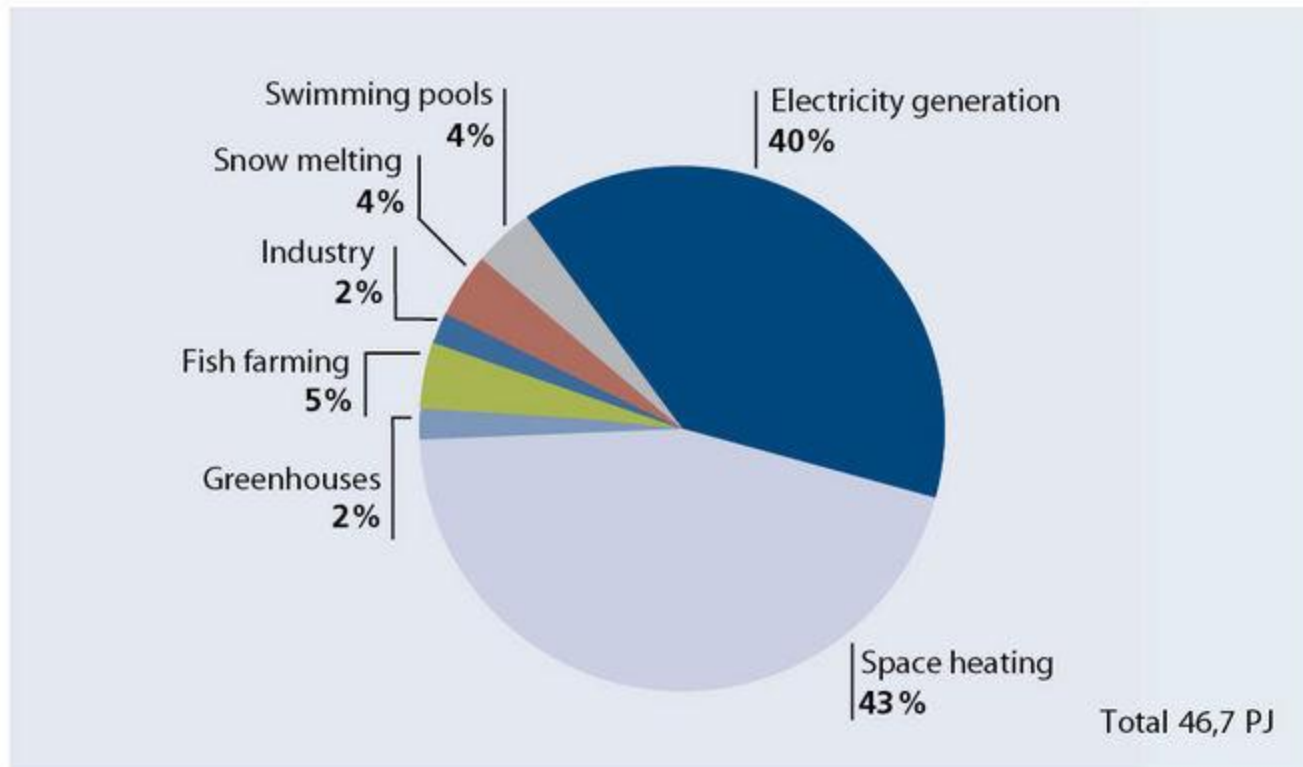
GLOBAL GEOTHERMAL POTENTIAL

POWER GENERATION POTENTIAL (MWe)



Sources: ThinkGeoEnergy, Geothermal Energy Association, IGA, Chevron
 Note: Installed Capacity of 2017 [2015], resource estimates combined [1999-2012] – IGA estimates a conservative total potential of 70,000 MWe and with technology improvements (extended use of low heat and EGS resources) at around 140,000 MWe in power generation capacity.

Utilisation of geothermal energy 2013



Energia geotérmica

Em Portugal

Continental

- aproveitamento de **pólos termais** existentes
(com temperaturas entre os 20 e os 76° C)
Chaves e S. Pedro do Sul
- aproveitamento de **aquíferos profundos** de bacias sedimentares
Hospital da Força Aérea do Lumiar, em Lisboa (1992)
furo de 1500m com temperaturas superiores a 50° C.

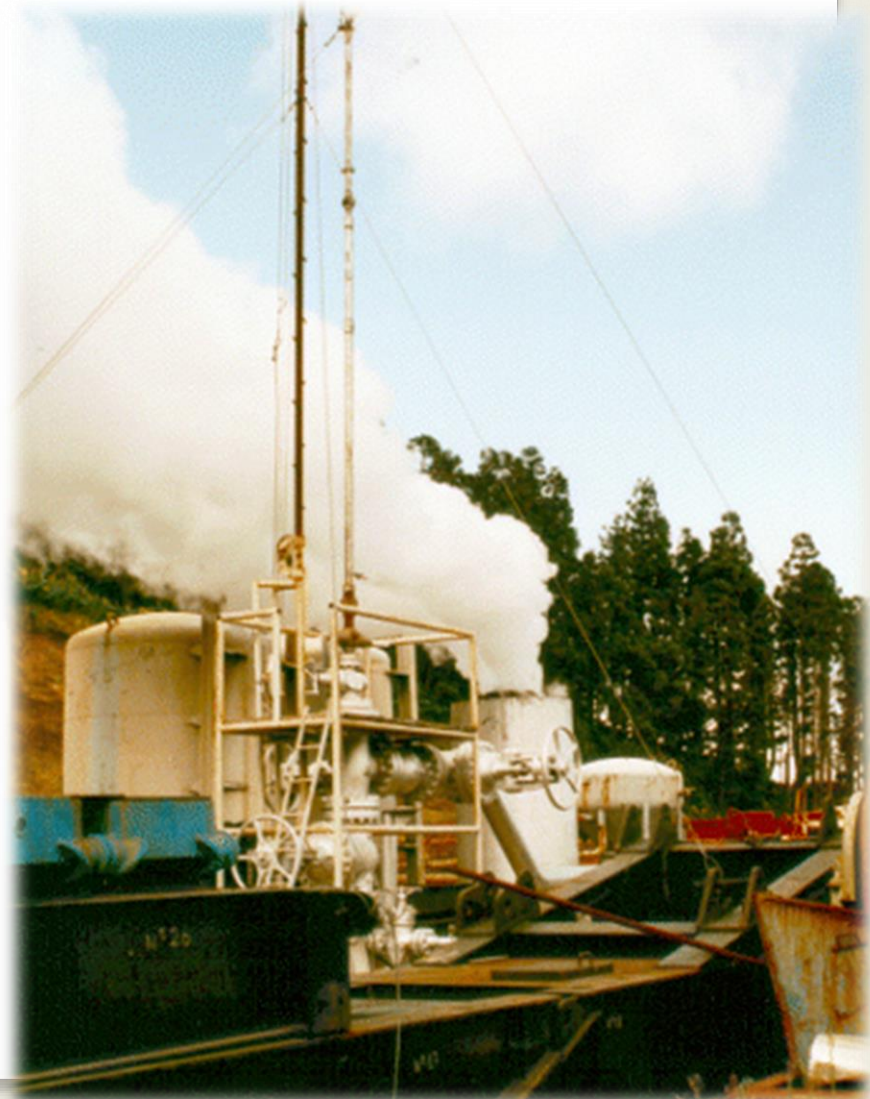
Energia geotérmica

Em Portugal

Açores

- confluência de 3 placas tectónicas (americana, africana, euroasiática)
- 9 sistemas electroprodutores de pequena escala: **235 MWth**
- São Miguel (Ribeira Grande)
2 centrais com 23 MW

Central Geotérmica Piloto de Pico Vermelho 3 MW(1980) nunca funcionou acima de 900kW



Energia geotérmica

Em Portugal

Açores

- confluência de 3 placas tectónicas (americana, africana, euroasiática)
- 9 sistemas electroprodutores de pequena escala: **235 MWth**
- São Miguel (Ribeira Grande)
2 centrais com 23 MW



Central Geotérmica da Ribeira Grande
5 MW (1994) + 8 MW (1998)

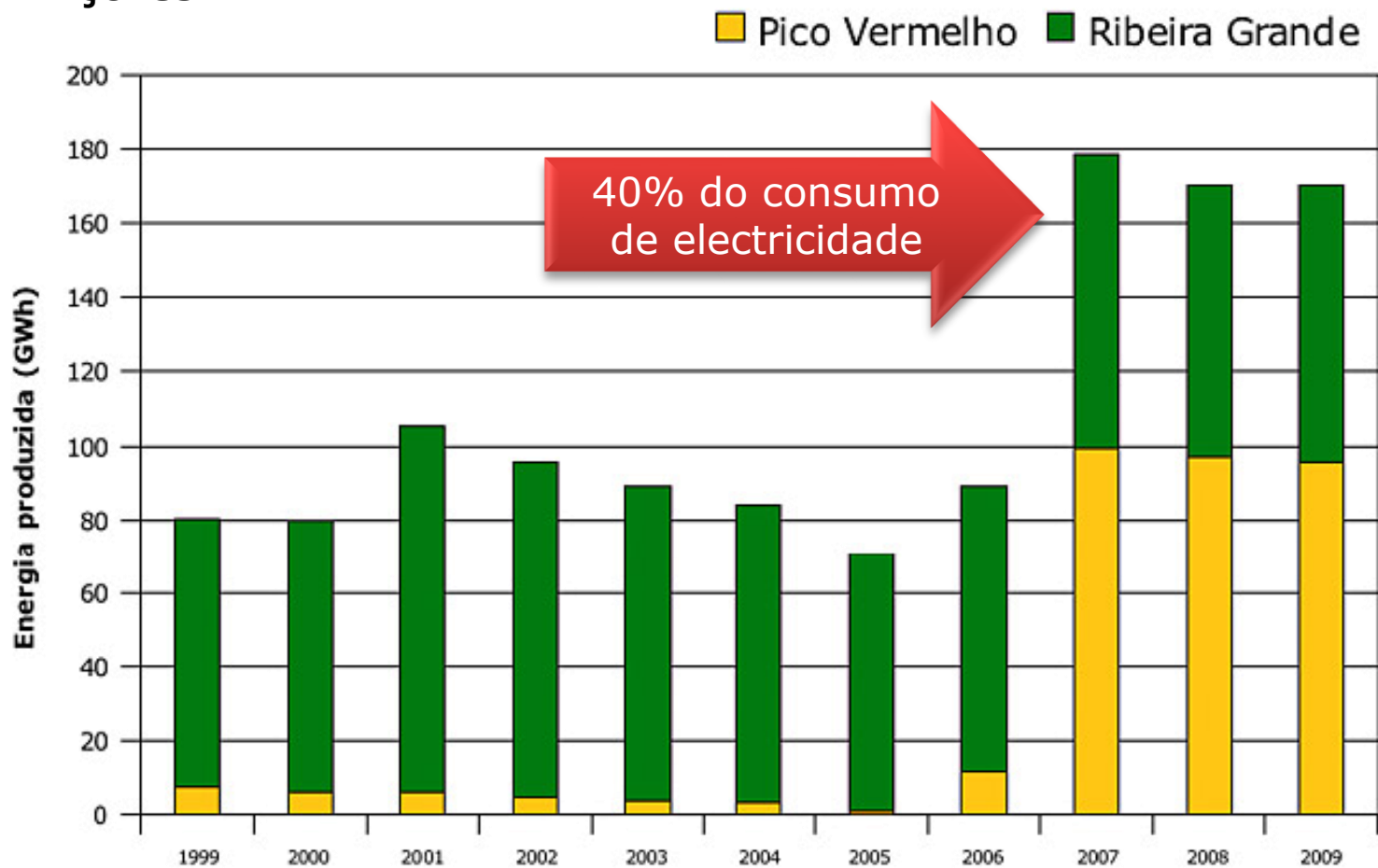


Central Geotérmica
de Pico Vermelho
10 MW (2007)

Energia geotérmica

Em Portugal

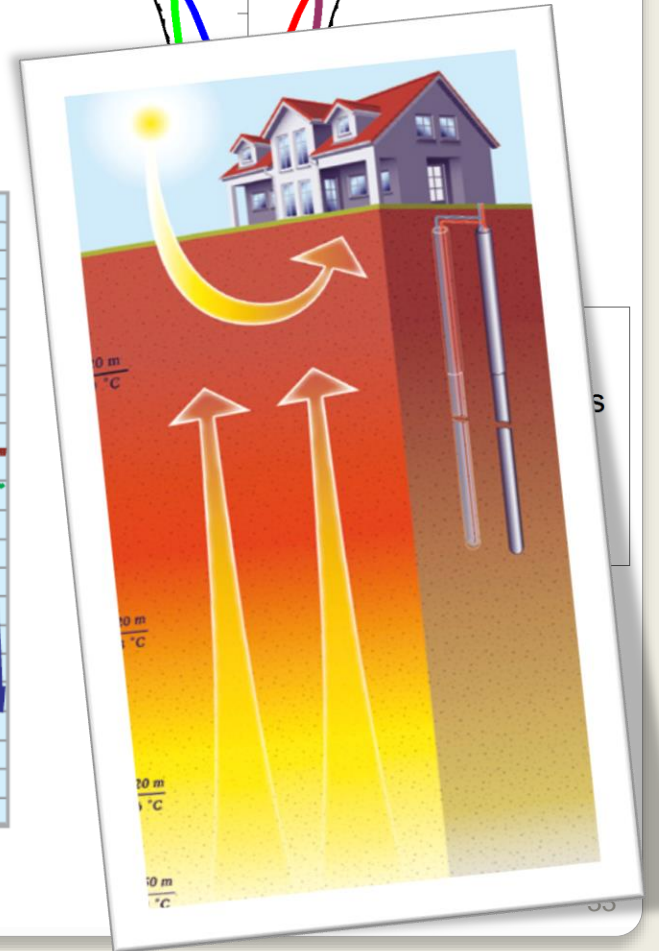
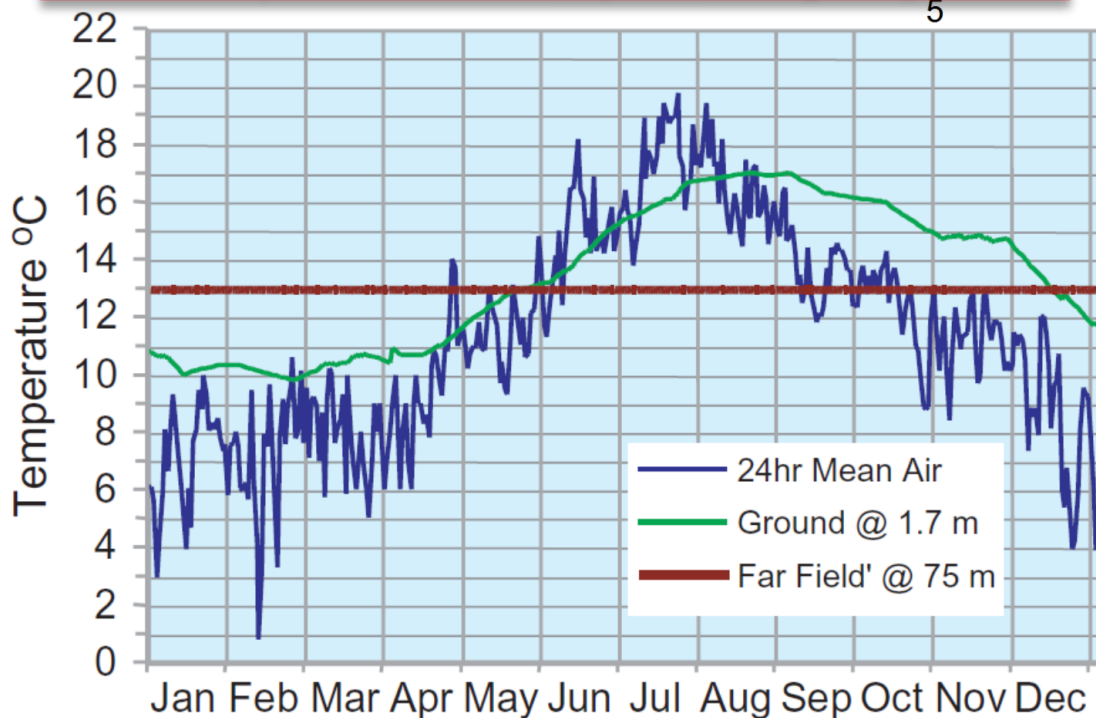
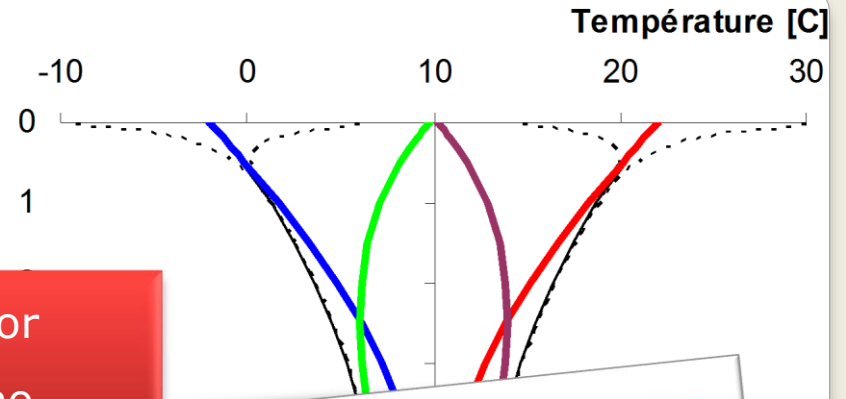
Açores



Energia geotérmica

Aproveitamento baixa entalpia

Usualmente associado a bombas de calor para produção de calor para climatização. Também pode ser usado para refrigeração.



Variação da temperatura do solo muito menor do que na superfície