

## OZE

### Geotermální energie

#### VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

- geotermální energií je teplo získávané z nitra Země
- využívá se
  - přímo ve formě tepla
  - pro výrobu elektrické energie v geotermálních elektrárnách (teplárnách)

#### Výhody

- vysoké výkonové parametry
- stálá dodávka nezávislá na klimatických podmínkách
- nízké emise

#### Potenciál

- tepelný tok v kontinentální zemské kůře směrem k povrchu o průměrné hodnotě  $57 \text{ mW/m}^2$
- celkový geotermální výkon Země je přes 40 000 GW, což je zhruba 4x více než současná celosvětová potřeba energie

#### VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

- teplota zemského jádra je 5 000 °C - je způsobena
  - teplem uvolněným při formaci Země před 4,5 miliardami let
  - kontinuálně uvolňovaným teplem z rozpadajících se radioaktivních izotopů s dlouhým poločasem rozpadu, především  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$  a  $^{238}\text{U}$
- k přenosu tepelné energie v zemské kůře se uplatňují dva mechanismy:
  - konvekci (prouděním) roztavených pevných látek - na hranicích mezi zemskými deskami dochází k vývěru žhavého magmatu - vysoké tepelné toky až  $300 \text{ W/m}^2$
  - kondukcí (vedením) - v blízkosti povrchu Zemských desek (do 100 km) - teplotní gradienty jsou daleko vyšší

#### VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

- důležité je znát tzv. geotermální teplotní gradient = nárůst teploty s hloubkou pod zemským povrchem
- teplotní gradient není konstantní - mění se podle tepelné vodivosti vrstev hornin
  - průměrná hodnota blízko povrchu do několika km je cca 30 K/km
  - lokálně klesá až na 10 K/km nebo dosahuje hodnot nad 100 K/km (místa s aktivní sopečnou činností).

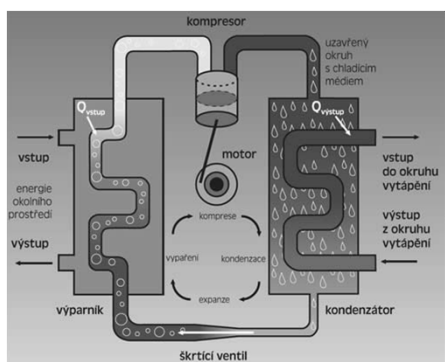
#### VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

- za geotermální energetické zdroje považujeme místa s tepelnou energií, kterou je možné čerpat při přiměřených nákladech
- zdroje s nejvyšším potenciálem jsou soustředěny především na hranicích zemských desek, kde zpravidla existuje viditelná geotermální aktivita
- v přírodě se vyskytují zpravidla čtyři typy geotermálních systémů:
  - hydrotermální – parní, vodní
  - teplé suché horniny HDR
  - geotlaké - pánevní struktury se sedimentární výplní
  - magmatické – pohyb mělce uložených roztavených magmatických těles

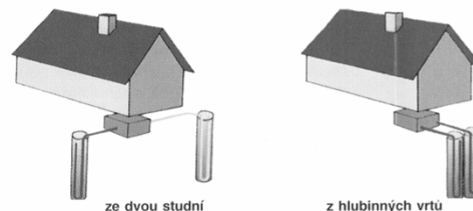
#### Hydrotermální systémy

- využívají zemské teplo, které je k dispozici ve formě ohřáté vody a páry vyvěrající nebo čerpané na povrch
- v podmínkách ČR jsou horké prameny využívány především k lázeňským účelům
- pro energetické využití je třeba budovat čerpací vrty do hloubky desítek až stovek m
- jejich teplota neumožňuje využití pro výrobu elektřiny ani přímou dodávku tepla – nutno kombinovat s tepelnými čerpadly
- Děčín získává vodu pro vytápění z vrtu 550 m do podzemního jezera o teplotě 30 °C

### Princip kompresorového tepelného čerpadla



### Možnosti získávání nízkopotenciálního tepla pro použití TČ ve vytápění



### SYSTEM VODA-VODA

#### Požadavky pro instalaci:

- dvě studny s dostatečnou vzdáleností
- vhodné chemické složení čerpané vody
- minimální celoroční teplota vody +8 °C
- dostatečný průtok vody ověřený minimálně čtrnáctidenní čerpací zkouškou
- povolení vycházející z platné legislativy
  - povolení vycházející ze zákona o nakládání s vodami,
  - stavební povolen
  - povolení Českého báňského úřadu

#### Výhody:

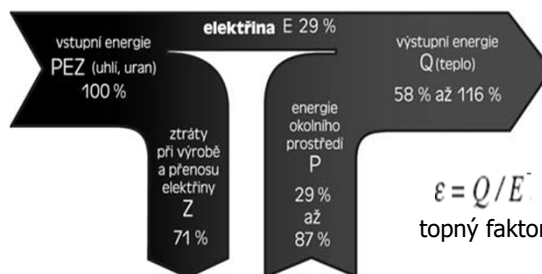
- stálý výkon tepelného čerpadla
- příznivý topný faktor
- nízká pořizovací cena

#### Nevýhody:

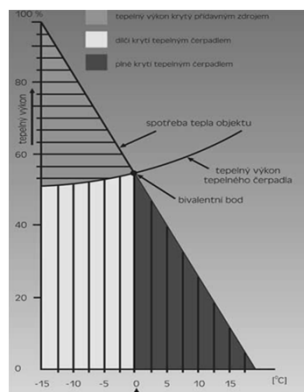
- složitě technické řešení
- závislost na množství podzemní vody
- nebezpečí vyčerpání studny
- přísné nároky na složení, tepl. a množství vody
- vyšší nároky na údržbu
- v případě neodborného provedení hrozí narušení ekologické rovnováhy podzemních vod



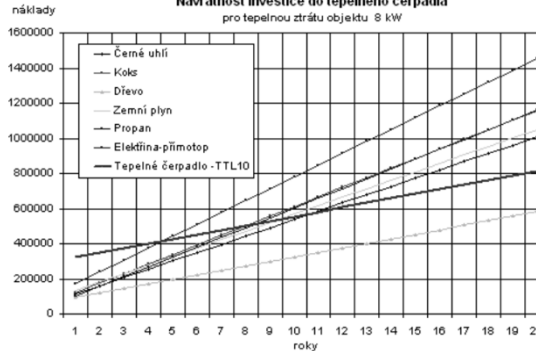
### Je tepelné čerpadlo zařízení ekologicky nebo ekonomicky příznivé?



### Dimenzování tepelného čerpadla



### Návratnost investice do tepelného čerpadla pro tepelnou ztrátu objektu 8 kW



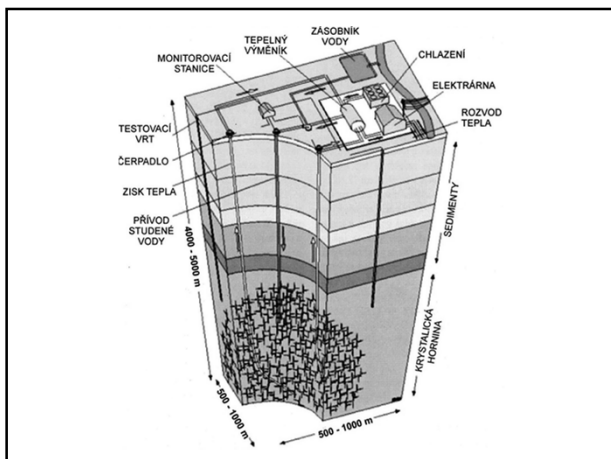
předpokládaný růst cen energií je 7% za rok.

## Energie teplých suchých hornin

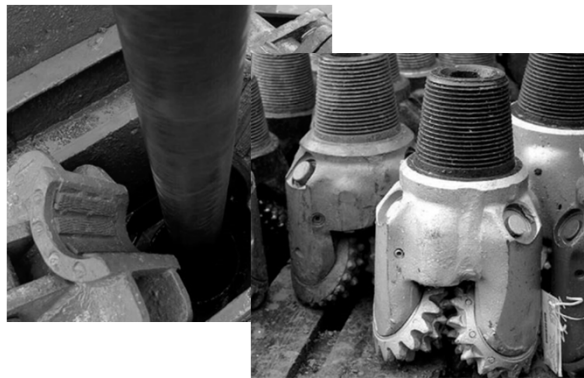
- umožňuje využívat geotermální energii pro výrobu elektrické energie i v oblastech, kde neexistují klasické (hydrotermální) geotermální zdroje
- běžně využívané geotermální rezervoáry obsahují vodu ve formě kapalné nebo plynné fáze – řídký výsky
- vyšší pravděpodobnost výskytu mají rezervoáry složené pouze z nepropustné horniny = suchý masiv, zanesené porézní prostředí
- horniny v podzemních oblastech je nutno
  - uměle rozbít
  - přeměnit je na propustné (realizovat výměník)
  - zavést do nich tekutiny vhodné pro přenos tepla (čerpání).
- tímto způsobem lze přeměnit vhodný objem teplé suché horniny v zemské kůře na umělý rezervoár

## Energie teplých suchých hornin

- do vybraného horninového prostředí jsou vytvořeny nejméně dva vrty (lépe 3: 1 vsakovací a 2 čerpací)
  - vrty končí několik set metrů od sebe (experti doporučují 600 m)
  - voda je zaváděna vsakovacím (injekčním) vrtem
  - prostupuje vytvořeným propustným rezervoárem, který se chová jako tepelný výměník
  - zavedená voda se vrací čerpacím (produkčním) vrtem (pára s vodou) a přináší s sebou energetický obsah
- rezervoár z horninového masivu je nutné mechanicky rozrušit
  - hydraulickým lámáním
  - chemickým lámáním
  - trhavinovým lámáním
- systémy HDR pracují v uzavřeném cyklu, tj. se vsakováním ochlazených tekutin zpět do vrtnů (uzavřená cirkulace)



## Vrt a vrtná hlavička



## Výhody HDR

- velký potenciál a dostupnost ve velké části zemského povrchu
- neškodnosti vůči životnímu prostředí
- rovnoměrné rozmístění decentralizovaných zdrojů elektřiny
- možnost využití 8760 hodin v roce
- regulovatelnost
- zvýšená bezpečnost státu v zásobování energií

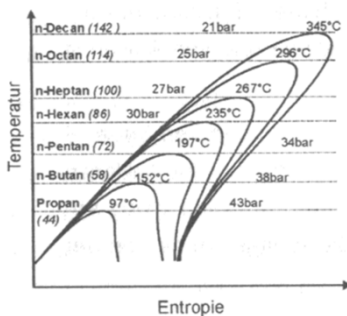
## Nevýhody HDR

- ztráty vody
- nižší teplotní parametry – max. 150 – 200 °C

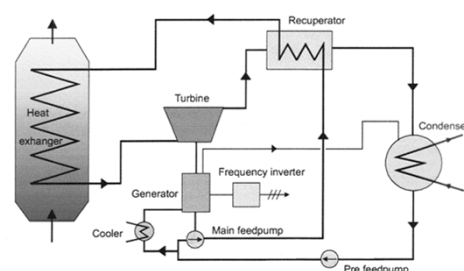
## Organický Rankinův cyklus (ORC)

- používá pracovní látku s nízkým bodem varu, která pracuje v uzavřeném termodynamickém cyklu (silikonový olej resp. lépe řečeno, směs organických látek)
- pracovní látka je odpařena přijetím geotermálního tepla z vody dodávané vrtem ve výparníku
- pára expanduje průchodem organickou parní turbínou, spojenou s generátorem
- výstupní pára následně kondenzuje ve vodou chlazeném kondenzátoru a nebo ve vzduchovém chladiči
- kondenzát je recyklován do výparníku čerpadlem pro oběh pracovní látky

### Organický Rankinův cyklus (ORC)



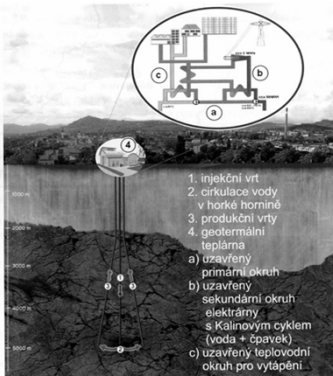
### Organický Rankinův cyklus (ORC)



účinnost se pohybuje mírně nad 10 %.

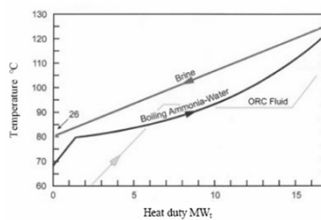
### Kalinův cyklus

- jako pracovní látku využívá směs vody a čpavku
- směs 85 % čpavek/voda umožňuje proces varu s variabilní teplotou v konvenčním podkritickém ohříváči
- Při tlaku 3,1 MPa začíná pracovní látka var při 74°C (bublínkový var) a končí při 149 °C
- voda čerpaná z vrtu je využita pro prehrátí, odparení a predehrev pracovní látky a potom odchází do vsakovacího vrtu
- dosahuje účinnosti kolem 15 %

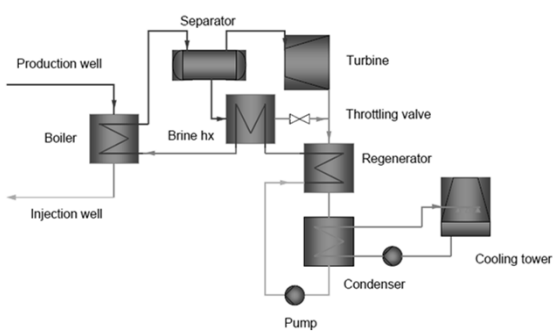


### Kalinův cyklus

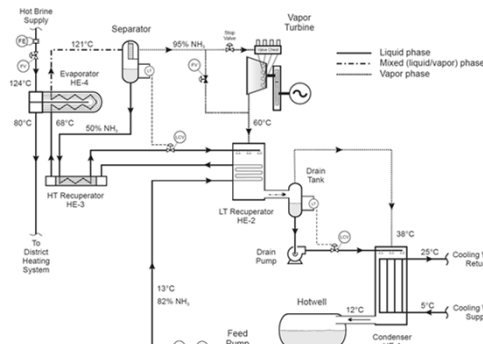
- molekulární hmotnost čpavku je podobná jako vody => je možné využít standardní parní turbíny opatřené těsněním proti úniku čpavku
- měrná tepelná kapacita směsi čpavek/voda je více než dvojnásobná než u uhlovodíků používaných v ORC => zmenšení výhřevných ploch výměníků
- turbínu lze řešit ve dvou stupních s přehříváním
- externí dodávkou tepla z kondenzátoru turbíny a dochlazovacího výměníku lze zvýšit účinnost



### Kalinův cyklus



### Kalinův cyklus 2 MW Húsavík, Island

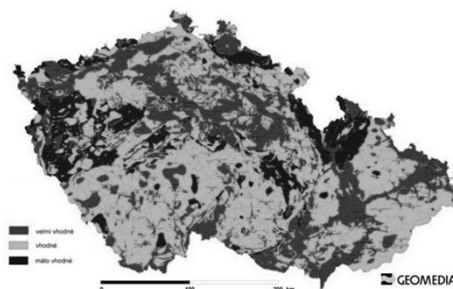


## Úvahy o využití HDR v ČR

- počítá se s gradientem 30 K/km a hloubkami vrtů 5 km.
- uvažuje se s pracovní teplotou media 150 °C a s množstvím 150 l/s.
- získané medium se dá využít
  - pro přípravu tepla pro vytápění
  - k výrobě elektřiny
    - ORC cyklus
    - Kalinův cyklus

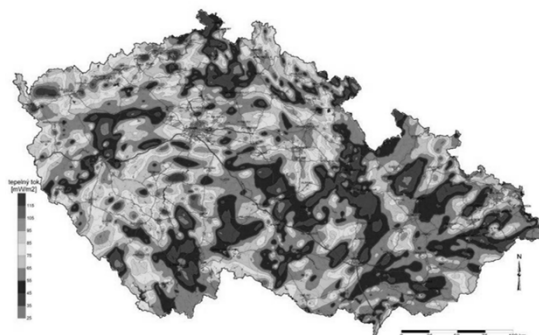
## Potenciál HDR v ČR

Klasifikace vhodnosti lokalit z hlediska využití geotermální energie:



Zdroj: geomedie.cz

## Tepelný tok na území České republiky



Zdroj: prvnigeotermalni.cz

## Potenciál HDR v ČR

Dle optimistických prognóz

- je možné na našem území identifikovat minimálně 60 lokalit vhodných pro výrobu elektřiny s celkovým výkonem cca 250 MW a tepla na vytápění s výkonem cca 2000 MW, tedy roční výrobu cca 2 TWh elektřiny a 4 TWh (14,4 PJ) tepla
- následně po provedení doplňkového průzkumu na vytipovaných lokalitách se předpokládá možnost vybudování elektráren o celkovém výkonu 3 200 MW
- instalace budou relativně rovnoměrně rozmístěny po republice a jejich roční výroba bude cca 26 TWh

## Geotermální energie v ČR

- Přímé využívání geotermální tepelné energie není v ČR pravděpodobně prováděno.
- Projekty zatím ve stádiu příprav a úvah.
- V současnosti nejdále postoupil projekt v Litoměřicích.
- Specifické je využití termálních vod v lázních a bazénech.
- V současnosti využívání asi v 11 hlavních lázeňských centrech.
- Užití geotermální energie v lázních a bazénech je odhadováno na 90 TJ/rok při kapacitě 4,5 MWT (2005).

## Podpora geotermální energie v ČR

ř/sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Jednotarítní pásmo provozování	
		od (včetně)	do (včetně)	Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
603	Výroba elektřiny využitím geotermální energie	1.1.2019	31.12.2019	3 356	2 184
604		1.1.2020	31.12.2020	3 290	2 118

### Geotermální projekt Litoměřice

- vhodné podmínky pro nasazení systému HDR
- město leží na průsečíku dvou základních tektonických zlomů
  - podkrušnohorského zlomu
  - zlomu ležícího v ose řeky Ohře
- návrh projektu počítá v s vyvrtáním 3 vrtů do hloubky 5 km
- je počítáno se získáním až 140 l/s média o teplotě cca 150 °C
- při ochlazení média na 70 °C to představuje tepelný výkon cca 50 MW
- projekt počítá s výrobou elektřiny i tepla
- při účinnosti Kalinova cyklu 12 % se jedná o elektrárnu s výkonem 5 MW
- investiční náklady projektu (bez horkovodních rozvodů) budou cca 1,1 mld. Kč
- v budoucnosti se počítá s výrazným zlevněním jak vrtných prací, tak elektrárenské technologie (Kalinův cyklus)
- výzkumné práce EU hovoří o zlevnění investičních nákladů až na 1/3 po osvojení užitých technologií

### Geotermální projekt Litoměřice

#### Potenciál

- Za předpokladu, že bychom blok Českého masivu o mocnosti 4 km ochladili o 1 °C, získali bychom teoretický potenciál 500 000 PJ
- roční spotřeba primárních energetických zdrojů v ČR je cca 1 800 PJ
- Pro případ Litoměřic
  - při ochlazení kvádry žuly o objemu 1 km<sup>3</sup> o 40 °C máme k dispozici takové množství energie (elektrina + teplo), které stačí pro město Litoměřice na 30 let

#### Stávající stav projektu

- zkušební vrt do hloubky 2110 m – naměřena teplota 64 °C