

EKOLOGICKÉ A EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE VYUŽITIA ENERGIE Z HYDROGEOTERMÁLNYCH ZDROJOV A ZÍSKAVANIE ENERGIE TEPELNÝMI ČERPADLAMI

ECOLOGICAL AND ECONOMICAL EVALUATION OF ENERGY USE FROM HYDROTHERMAL SOURCES AND ENERGY GENERATION BY HEAT PUMPS

Ján Pinka¹

Abstract

The article discusses the profound ways of using Earth's high-temperature heat. In particular, the low-temperature heat of the earth is utilized in the surface using heat pumps. Further, the article deals in detail with the ecological and economical use of energy from hydrogeothermal sources and energy generation by heat pumps.

Keywords: hydrogeothermal sources, heat pumps, geothermal wells

Úvod

Pod pojmom využívanie geotermálnej vody na Slovensku si určite každý z nás ako prvé vybaví termálne kúpaliská. No toto nie je jediný potenciál geotermálnej vody. Využitie tohto alternatívne obnoviteľného zdroja energie je omnoho širšie s veľkým počtom výhod a nižším dopadom na životné prostredie. Geotermálna energia je teplo, ktoré prestupuje z vnútra zeme na povrch a permanentne vyžaruje do priestoru. Zdrojom tejto energie je zostatkové teplo Zeme, teplo uvoľňujúce sa pri rádioaktívnom rozpade hornín a pri pohybe litosférických platní, ktorý sprevádza vulkanická činnosť a zemetrasenia. No zdrojom geotermálnej energie označujeme len časti tuhej, kvapalnej alebo plynnej fázy zemskej kôry, ktorú môžeme za súčasne dostupnej technológie ťažiť a využívať. Najčastejšie sa táto energia využíva na energetické, priemyselné, poľnohospodárske, balneotechnické a rekreačno – rehabilitačné účely. Existujú dva základné spôsoby využitia energie Zeme. Hĺbkovým spôsobom sa využíva najmä vysokopotenciálové teplo Zeme [4–6].

Povrchovým spôsobom sa využíva najmä nízkopotenciálové teplo Zeme pomocou tepelných čerpadiel. Geotermálna energia získavaná z veľkých hĺbok nie je v pravom slova zmysle obnoviteľným zdrojom energie, pretože má pôvod v horúcom jadre Zeme, z ktorého uniká teplo cez vulkanické pukliny v horninách. Ale vzhľadom na obrovské, takmer nevyčerpatelne zásoby tejto energie, býva medzi tento druh zdrojov zaraďovaná. Teplota jadra Zeme sa odhaduje na viac ako 4200 °C a v desaťkilometrovej vrstve zemskeho obalu, ktorá je dostupná súčasnej vrtnej technike, sa nachádza dostatok energie na pokrytie spotreby energie ľudstva na obdobie niekoľko tisíc rokov (obr. 1). Teplo sa šíri zo žeravého zemskeho jadra k povrchu. Teplotný nárast sa pohybuje od 20 do 40 °C na vertikálny kilometer. V hĺbke asi 2 500 metrov sa často nachádza voda teplá až 200 °C. Zdroj nízkopotenciálového tepla pochádza najmä zo slnečného žiarenia, ktoré ohrieva povrch Zeme. Je to teda v plnej miere obnoviteľný zdroj energie [1–4].

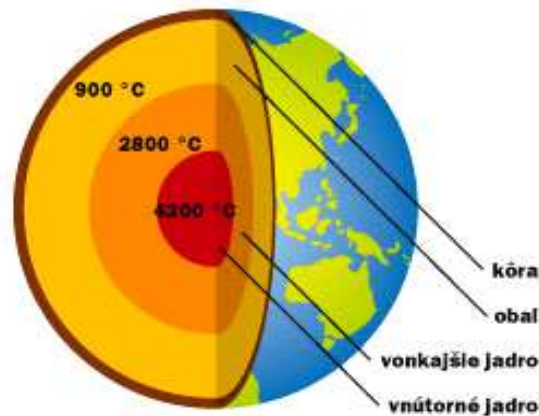
Získavanie energie z hydrogeotermálnych zdrojov

Na základe typov teplotných režimov vo vnútri zeme rozdeľujeme geotermálne zdroje na energiu zeme, energiu magmy, geotlakovú energiu, energiu tepla suchých hornín a hydrogeotermálnu energiu. Vo vzťahu k prenosu tepla hornín ich vo všeobecnosti delíme na hydrogeotermálne zdroje a teplo suchých hornín (obr. 2).

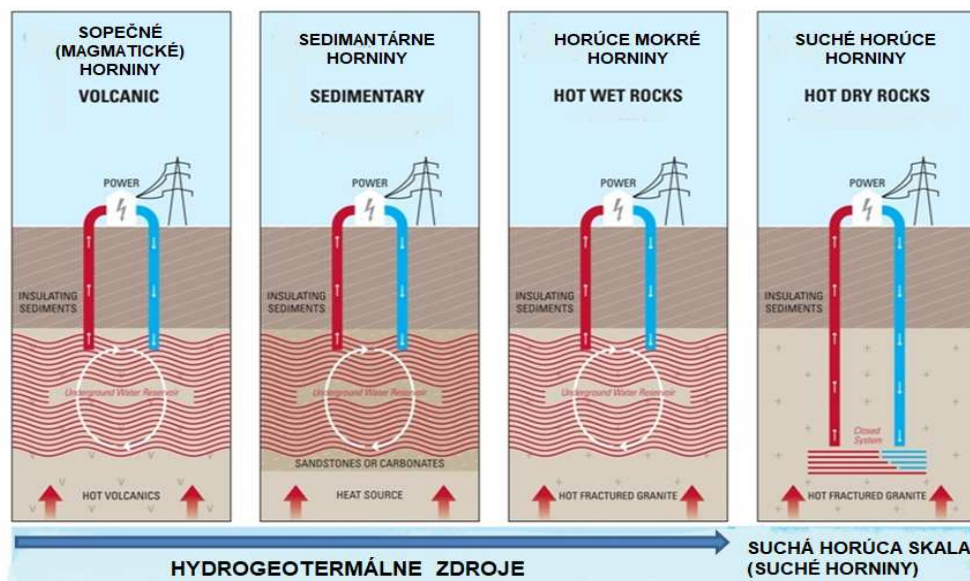
Hydrogeotermálne zdroje sú zdroje pri ktorých teplo na povrch zeme zabezpečuje geotermálna voda alebo para. Využívanie týchto zdrojov pomocou prepracovaných technologických postupov má dlhodobú tradíciu a výrazný ekonomický efekt. Teplo suchých hornín je teplo, ktoré sa na povrch dostáva pomocou teplonosnej látky a to obyčajnej vody recyklujúcej cez umelo vytvorený štrbinový

¹ prof. Ing. Ján Pinka, CSc., Ústav zemských zdrojov, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská republika, e-mail: jan.pinka@tuke.sk, tel.: 055/6023150

výmenník tepla skonštruovaný medzi dvoma vrtmi. Ďalej sa geotermálne zdroje delia na nízko- a strednoteplotné a vysokoteplotné. Na Slovensku sa ako nízko- a strednoteplotné označujú zdroje s teplotou od 20 do 100 C, strednoteplotné sú zdroje od 100 do 150 C a vysokoteplotné sú zdroje s teplotou viac ako 150 C. Okrem spomínaného členenia sa tieto zdroje delia na jednofázové a dvojfázové.



Obr. 1 Rozloženie teploty Zeme

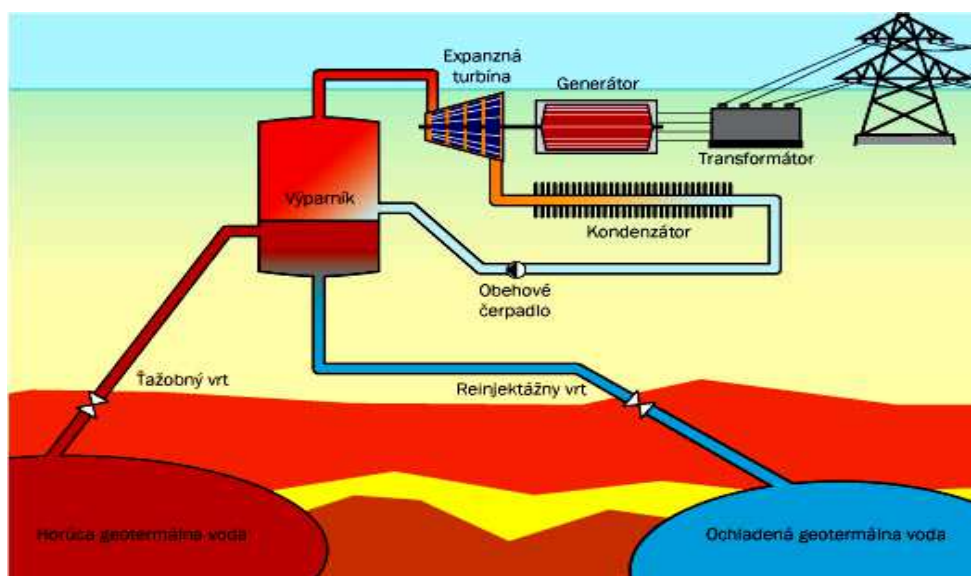


Obr. 2. Zdroje geotermálnej energie

Výhodou geotermálnej energie je zníženie zaťaženia životného prostredia, zníženie zaťaženia dopravných komunikácií, patrí do skupiny obnoviteľných alternatívnych zdrojov energie, domáci zdroj energie nezávislý od medzinárodných konfliktov a v konečnom dôsledku je lacnejšia ako klasické energetické zdroje. Podľa energetického potenciálu hydrogeotermálnych rezervoárov sa využívajú tzv. obnoviteľné alebo neobnoviteľné zdroje. Vyskytujú sa v hĺbkach od 200 m do 5000 m (niekedy aj hlbšie) pod povrchom Zeme. Každých 100 m vrtu stúpa teplota prostredia približne o 3 °C (ktorý nazývame geotermický gradient). Keďže táto metóda predpokladá sústavu hlbinných vrtov, je investične veľmi náročná. Obnoviteľné zdroje si vyžadujú iba tzv. ťažobný vrt, ktorým vystupuje para alebo horúca voda z podzemných rezervoárov do geotermálnej elektrárne, kde odovzdá svoju energiu a potom sa ochladená vypúšťa do povrchových tokov. Neobnoviteľné zdroje si okrem ťažobných (produkčných) vrtov vyžadujú aj tzv. reinjektážny vrt, ktorým sa ochladená geotermálna voda vháňa naspäť do podzemného rezervoára. Tam dopĺňa zásobu horúcej vody, znovu sa v ňom ohrieva a potom čerpá. Tento spôsob sa využíva vtedy, keď chemické zloženie geotermálnych vôd neumožňuje jej vypúšťanie do povrchových vôd, lebo by sa tým mohol ohroziť napríklad život v rieke alebo kvalita zdrojov pitnej

vody. Základný prostriedok na získanie geotermálnej energie zo zdrojov v rezervoároch na zemský povrch alebo späť je geotermálny vrt. Tieto vrty rozdeľujeme na exploatačné (ťažobné), ktorými sa ťaží geotermálna voda a reinjektážne, ktorými sa likviduje tepelne využitá geotermálna voda spätným zatlačaním do pôvodného rezervoáru. Ťažobné a reinjektážne vrty sú obvyčajne blízko pri sebe, ale tak, aby nedochádzalo k nadmernému ochladzovaniu podzemného horúceho vodného rezervoára. Horúca voda z ťažobného vrtu (primárny okruh) sa vháňa do výparníka, kde sa využíva jej teplo na odparenie organickej kvapaliny s nízkym bodom varu (sekundárny okruh). **Geotermálnym vrtom** sa zisťujú parametre horninového prostredia a vôd v geotermálnom rezervoári, teplota a chemické zloženie, aby sa zhodnotilo ekonomicky využiteľné množstvo geotermálnych vôd. Spôsob výroby elektrickej energie v geotermálnej elektrárni môže byť dvojaký, a to:

- s horúcou vodou - geotermálna voda s vysokým tlakom a teplotou sa v expandéri premení na mokrú paru, ktorá poháňa parnú turbínu s generátorom (obr. 3),
- s binárnym cyklom - geotermálna voda s teplotou nad približne 130 °C vo výmenníku zohreje kvapalinu s nízkym bodom varu (čpavok, izobután), ktorej para poháňa expanznú turbínu spojenú s elektrickým generátorom.



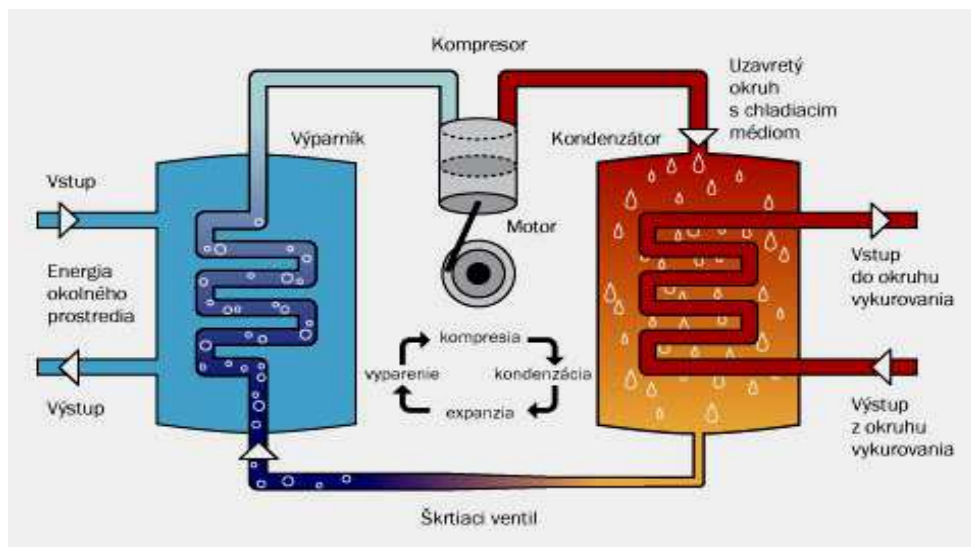
Obr. 3 Schéma geotermálnej elektrárne

V sekundárnom okruhu sa vzniknutý plyn s vysokým tlakom ženie do turbíny, kde poháňa rotor prepojený na generátor. Plyn sa po odovzdaní energie v turbíne mení na mokrú paru, ktorá sa v kondenzátore mení na horúcu kvapalinu a tá sa znova čerpá do výparníka. Generátor premieňa kinetickú energiu rotora na elektrickú energiu. Vyrobená elektrická energia v transformátore mení generátorové napätie na napätie v rozvodnej sieti.

Získavanie energie tepelnými čerpadlami

Tepelné čerpadlá sú zariadenia na získavanie tepla z okolitého prostredia na vykurovanie budov. Takéto teplo - napríklad z pôdy, podzemnej alebo povrchovej vody alebo aj z vonkajšieho alebo odpadového vzduchu z interiérov - je k dispozícii všade, je ho dostatok a je takmer zadarmo. Napriek tomu ho však klasickými metódami nevieme využiť na priame vykurovanie, pretože uvedené médiá majú nízku teplotu (tzv. nízkopotenciálové teplo).

Tepelné čerpadlo pracuje na rovnakom termodynamickom princípe ako chladnička (obr.4). Tá vnútri odoberá teplo potravínám - chladí - a v zadnej časti odovzdáva získané teplo do miestnosti - vykuruje. Tak isto pracuje aj tepelné čerpadlo, ale obrátene a s oveľa väčším výkonom. Odoberá teplo vode, vzduchu alebo pôde v exteriéri a pomocou radiátorov alebo podlahového vykurovania ho odovzdáva v interiéri.



Obr. 4 Princíp tepelného čerpadla

Celý cyklus tepelného čerpadla sa skladá zo štyroch fáz, ktoré sa neustále opakujú:

- 1. fáza - Vyparovanie:** Chladivo, ktoré koluje v tepelnom čerpadle, odoberá teplo od vzduchu, vody alebo pôdy a tým sa odparuje (mení skupenstvo na plynné).
- 2. fáza - Kompresia:** Kompresor tepelného čerpadla prudko stlačí ohriate plynné chladivo. Vďaka fyzikálnemu princípu kompresie, pri ktorom pri vyššom tlaku rastie teplota, "vynesie" nízkopotenciálne teplo chladiva na vyššiu teplotnú hladinu približne 80 °C.
- 3. fáza - Kondenzácia:** Takto zahriate chladivo pomocou druhého výmenníka odovzdá teplo vode v radiátoroch, ochladí sa a skondenzuje. Radiátory toto teplo vyžiaria do miestnosti. Ochladená voda vo vykurovacom okruhu sa potom vracia naspäť do druhého výmenníka, kde sa znova ohrieva.
- 4. fáza - Expanzia:** Priechodom cez expanzný ventil sa chladivo vháňa k prvému výmenníku, kde sa znova ohreje.

Tepelné čerpadlá takto dokážu teplo z uvedených médií (o teplote napr. okolo 2 °C) previesť na vyššiu teplotnú hladinu (napr. okolo 80 °C), ale na to potrebujú dodať inú, obyčajne elektrickú energiu. Zisk tepla z okolitého prostredia na vykurovanie je však vyšší v porovnaní so spotrebou elektriny na pohon tepelného čerpadla: z 1 kWh spotrebovanej elektriny je možné bežne získať 3 až 4 kWh tepla. Na vykurovanie rodinných domov a menších objektov používajú takmer výlučne tepelné čerpadlá s kompresorom, ktorý je poháňaný elektromotorom. Kompresor možno poháňať aj akýmkoľvek iným motorom (napr. na zemný plyn). Pre relatívne malé výkony sú elektrické tepelné čerpadlá najvýhodnejšie. Podľa druhu ochladzovaného a ohrievaného média rozlišujeme rôzne typy tepelných čerpadiel (tabuľka 1).

Tabuľka 1. Rozdelenie tepelných čerpadiel podľa druhu ochladzovaného a ohrievaného média

Typ tepelného čerpadla	Možnosti použitia
Vzduch - Voda	Univerzálny typ, pre ústredné vykurovanie
Vzduch - Vzduch	Doplňkový zdroj tepla, teplotvzdušné vykurovanie, klimatizácia
Voda - Voda	Využitie odpadového tepla, geotermálna energia, ústredné vykurovanie
Nemrznúca kvapalina - Voda	Univerzálny typ pre ústredné vykurovanie, zdrojom tepla je najčastejšie vrt alebo pôdny kolektor
Voda - Vzduch	Teplotvzdušné vykurovacie systémy

Ekonomická návratnosť tepelného čerpadla je paradoxne najvyššia pri stavbách s vysokou spotrebou tepla. Pri nízkoenergetických alebo dokonca pasívnych domoch, kde je spotreba až desaťkrát nižšia než pri bežných domoch, je úspora nákladov na vykurovanie pomerne malá, a tým rastie aj doba návratnosti tepelného čerpadla. Dôležité je aj tá skutočnosť, že domácnosti vykurované tepelným čerpadlom majú k dispozícii elektrinu v nízkej tarife po dobu 22 hodín denne. Náklady na elektrinu na osvetlenie,

chladničku, práčku a ostatné domáce spotrebiče tak môžu byť výrazne nižšie než v domoch vykurovaných plynom, drevom a podobne [7–9].

Záver

Slovenská republika sa v rámci geologicko výskumných a prieskumných prác radí k nadpriemerným regiónom s výskytom geotermálnych zdrojov energie. Podľa Mufflerovej klasifikácie sem patrí centrálna časť vnútorných Západných Karpát, Slovenské Rudohorie, pribradlová zóna na západnom a strednom Slovensku, ktoré sú oblasti s normálnou hustotou tepelného toku. Ďalej sem patrí Severná časť panónskeho bazéna (podunajská, juhoslovenská a východoslovenská panva a stredoslovenské neovulkanity), ktoré sú naviazané na recentný vulkanizmus. Geotermálna energia sa na Slovensku využíva hlavne na poľnohospodárske účely – na vykurovanie skleníkov, fóliovníkov, na vyhrievanie pôdy, na vykurovanie sídlisk, bytov, sociálno – hospodárskych budov, športových hál a reštaurácií, na prípravu technologickej vody pre chov rýb, v oblasti cestovného ruchu a na potreby termálnych kúpalísk. Z tohto všetkého sa najviac využíva na rekreačné účely, následne na vykurovanie skleníkov a fóliovníkov, potom na vykurovanie domov. Geotermálne energetické systémy sú na realizáciu pomerne náročné. A preto sa každé zrealizované dielo musí využívať s maximálnou efektívnosťou. Znamená to, že projekt musí byť vypracovaný technicko – ekonomickou štúdiou viacstupňového využívania. Hlavné kritéria na využívanie geotermálnej energie sú spôsob jej vyžívania, odberné miesta, príprava teplej úžitkovej vody, bazénové hospodárstvo, vetranie a klimatizácia, poľnohospodárstvo, technológie, spôsob odstránenia využitých odpadových geotermálnych vôd a miera využívania geotermálnej energie. Záverom je možné konštatovať, že geotermálna energia, hoci sa v posledných rokoch využíva stále vo väčšej miere aj na Slovensku, má pred sebou stále veľkú budúcnosť hlavne z ekologického ale aj z ekonomického hľadiska.

Literatúra

1. FENDEK, M. – FRANKO, O. – REMŠÍK, A.: Atlas geotermálnej energie Slovenska. ŠGÚDŠ Bratislava 1995, 1-268. ISBN: 80-85314-38-X.
2. HORBAJ, P. – PINKA, J. – ČEKANOVÁ, P. – BRAUNMILLER, G.: Využívanie geotermálnej energie v Nemecku versus Slovensko. In: Pro-Energy magazín. Vol. 3 (2009), No. 3, 50-56. ISSN: 1802-4599
3. PINKA J. et al.: Možnosti využitia geotermálnej energie na Slovensku. In: Zborník vedeckých prác VŠB-TU Ostrava. Vol. 51 (2005), No. 1, 225-230. ISSN 0474-8476.
4. PINKA J. et al.: Utilization of geothermal energy for electric power. In: Wiertnictwo-Nafta-Gas. Vol. 24 (2007), No. 1, 373-380. ISSN: 1507-0042.
5. PINKA, J. – DOBRA, E.: Najnovšie poznatky o výsledkoch geotermálneho prieskumu v južnej časti Košickej kotliny. In: Slovgas. Roč. 8 (1999), č. 2, 9-13. ISSN: 1335-3853.
6. PINKA, J. et al.: The history of geothermal energy exploitation in the area of east Slovakian neogen in Slovakia from the time of geological works to the productions tests. In: 13th International scientific and technical conference. Vol. 2, Cracow, Poland, Wydzial, wiertnictwa, nafty i gazu Akademii Górniczo-hutniczej, 2002, 103-109. ISBN: 83- 90588- 099.
7. PINKA, J. – WITTENBERGER, G.: Perspektívy využívania hydrogeotermálneho potenciálu Košickej kotliny. In: Nové poznatky v oblasti víťania, ťažby, dopravy a uskladňovania uhľovodíkov. Košice: Casp, s.r.o., 2002, 119-123. ISBN: 80-7099- 895-4.
8. PINKA, J. – DUBINSKÝ, M. – PINKOVÁ, P.: Perspektívy využitia geotermálnej energie v Slovenskej republike. In: Situácia v ekologicky zaťažovaných regiónoch Slovenska a strednej Európy: 21. vedecké sympóziu s medzinárodnou účasťou: Hrádok, 25.–26. október 2012. Košice, Slovenská banícka spoločnosť ZSVTS, 2012, 168-173. ISBN: 978-80-970034-4-9.
9. PINKA, J. – LABANIČ, E.: Využitie termálnych zdrojov - územie východného Slovenska (okolie Košíc). In: Využitie nerastných surovín Slovenska s dôrazom na energetické suroviny : Zborník prednášok z konferencie : Spišská Nová Ves, 23.–24. apríl 2014. Spišská Nová Ves, Vydalo ABC studio, 2014, 201-209. ISBN: 978-80-970804-4-0.