

Využitie geotermálnej energie na Slovensku

Gabriel Wittenberger¹ a Ján Pinka

Utilization of Geothermal Energy in Slovakia

Owing to favourable geological conditions, Slovakia is a country abundant in occurrence of low-enthalpy sources. The Slovakian government sponsors new renewable ecological energy sources, among which belongs the geothermal energy. Geothermal water is utilized for recreation (swimming pools, spas), agriculture (heating of greenhouses, fishing) and heating of houses. The effectivity of utilisation is about 30 % due to its seasonal use. That is why the annual house-heating and the hot water supply from geothermal sources are supported. Recently, the company Slovgeoterm has initiated the heating of greenhouses in Podhájska and hospital and 1231 flats in the Galanta town. Nowadays, a research of the biggest geothermal project in the Middle Europe – construction in the Košice basin has started.

Key words: geothermal energy, geothermal well

Úvod

Pokrytie energetických potrieb Slovenska závisí od dodávky energie. Preto má štát tendenciu používať netradičné nové obnoviteľné ekologické zdroje energie. Energetický potenciál týchto zdrojov predstavuje asi 4 % primárnych energetických zdrojov použiteľných v r. 2005, t.j. asi 40 000 TJ/rok. Doteraz je využitie geotermálnej energie veľmi nízke, ale vytvorili sa podmienky pre využitie 180 MW. Geotermálna energia predstavuje 18 % týchto netradičných energetických zdrojov. Energetické predstavy SR predpokladajú využitie 5200 MW_t celkových potenciálne možných geotermálnych zdrojov. Súčasný stav znalostí o týchto zdrojoch v Atlase geotermálnej energie Slovenska, podľa ktorého použiteľné energetické zdroje predstavujú 5553 MW_t. Obnoviteľná časť tohto množstva je 553 MW_t a neobnoviteľná 4985 MW_t. Je zrejme, že skutočne použiteľné geotermálne zdroje by mali byť menšie ako vyššie uvedené. Geotermálna voda sa používa v 35 oblastiach, najmä na rekreačné a poľnohospodárske účely, menej pre zatepl'ovanie domov. Využíva sa celkove 83 MW_t s nízkou účinnosťou (asi 30 %) kvôli sezónnemu použitiu [6]. Spoločnosť Slovgeoterm zaviedla a vyvinula využívanie geotermálnej energie v Podhájskej, Galante a začala práce na mestskom zatepl'ovacom projekte pre Košice.

Využívanie geotermálnej energie

Územie Slovenska je v porovnaní s inými krajinami relatívne bohaté na geotermálne zdroje a na základe geologického prieskumu bolo už v roku 1993 vyčlenených 25 perspektívnych oblastí. Celkový potenciál využiteľných zdrojov aj s vodami s nízkou teplotou (okolo 30 °C) je odhadovaný na 5200 MW.

Potenciál geotermálnych vôd s teplotou vôd 75-95 °C je využiteľný napríklad na vykurovanie budov a predstavuje výkon asi 200 MW_t [6].

V minulosti sa na Slovensku využívali termálne pramene hlavne v poľnohospodárstve. Použitá technológia bola veľmi jednoduchá, tepelné čerpadlá a kaskádové využitie zdroja sa uplatňovali iba výnimočne a energia vody nebola využitá hospodárne. Mnohé z týchto zdrojov boli v posledných rokoch odstavené, pretože obsah minerálnych látok geotermálnej (odpadovej) vody, ktorý sa pohyboval na úrovni g.l⁻¹, viedol k podstatným zaťaženiám povrchových vôd. Nová hraničná hodnota 0,8 g.l⁻¹ znamená, že využívanie geotermálnej energie je možné vtedy, keď sa vyrieši problém s odpadovými vodami, a to či už reinjektážou alebo jej následným čistením [1].

V súčasnosti nastupuje trend využívať prírodnú geotermálnu vodu na budovanie nových termálnych kúpalísk a aquaparkov, ktoré poskytujú širokú škálu možností (tab. 1) [4]. Na Slovensku sú už vybudované tri moderné aquaparky s celoročnou prevádzkou (Liptovský Mikuláš, Poprad a Senec) a ďalšie tri sa už začali budovať (Rimavská Sobota, Dubnica a Bratislava-Petržalka).

V Galante sa vykuruje 1236 bytov, domov dôchodcov a nemocnica (energetický potenciál 8 MW_t je dodávaný z 2 geotermálnych vrtov FGG-2 a FGG-3). V Podhájskej sa geotermálna energia využíva na vykurovanie skleníkov o ploche 2 ha s tepelným výkonom 12 MW_t a pre termálne kúpalisko (geotermálny vrt Po-1) [1]. Na základe doterajších skúseností (Galanta) je možné konštatovať, že v mnohých slovenských

¹ Ing. Gabriel Wittenberger, PhD., prof. Ing. Ján Pinka, CSc., Katedra ropného inžinierstva, F-BERG, TU Košice, Park Komenského 19, 043 84 Košice, gabriel.wittenberger@tuke.sk, jan.pinka@tuke.sk
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 12. 12. 2005)

obciach by bolo možné pokryť značnú časť spotreby tepelnej energie v bytovo - komunálnej sfére práve z takýchto perspektívnych geotermálnych zdrojov.

Napriek tomu, že geotermálnych zdrojov je na Slovensku dostatok, problém, ktorý ovplyvňuje ich širšie využitie, je dnes predovšetkým vo vysokých finančných nákladoch. Tie súvisia hlavne s geologickým prieskumom a uskutočnením vrtov často do hĺbky 1500 až 3000 metrov.

Z hľadiska svojho potenciálu sa ako najperspektívnejšia lokalita u nás ukazuje Košická kotlina, ktorá je charakteristická prítomnosťou geotermálnych podzemných vôd s teplotou 120-160 °C, a to v hĺbke menšej ako 3000 metrov. Napríklad pod sídliskom Dargovských hrdinov v Košiciach sa už v hĺbke 800 m nachádza voda teplá 60 °C [4].

Tab. 1. Najznámejšie kúpaliská a aquaparky s termálnou vodou na Slovensku v roku 2005.

Tab. 1. The best known baths and aquaparks with thermal water in Slovakia in 2005.

Miesto	Objekt
Južné Slovensko	
1. Dudince	kúpalisko s teplotou vody na prameni 28 °C
2. Veľký Meder	5 otvorených a 2 kryté bazény, rozloha 14,7 ha, 2 vrtv hlboké 1500 m s teplotou vody na prameni 56 °C
3. Dunajská Streda	7 bazénov na rozlohe 26 ha, 1600 m hlboký vrt s teplotou vody na prameni 56°C
4. Patince	3 bazény s teplotou vody na prameni 27 °C
5. Štúrovo	kúpalisko s teplotou vody na prameni 39,7 °C, 5 otvorených a 1 krytý bazén
6. Podhájska	kúpalisko na rozlohe 12 ha s teplotou vody na prameni 83 °C, 5 otvorených a 2 kryté bazény
7. Diakovce	7 otvorených bazénov s teplotou vody na prameni 67 °C
8. Dolná Strehová	5 otvorených bazénov s teplotou vody na prameni 36 °C
9. Gabčíkovo	3 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 52 °C
10. Komárno	4 otvorené a 1 krytý bazén s teplotou vody na prameni 45 °C
11. Levice	4 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 25 °C
12. Poľný Kesov	5 otvorených a 2 kryté bazény s teplotou vody na prameni 56 °C
13. Santovka	4 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 26,7 °C
14. Sládkovičovo	5 otvorených bazénov s teplotou vody na prameni 62 °C
15. Topoľníky	3 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 71 °C
16. Vinica	2 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 23,5 °C
Stredné Slovensko	
1. Piešťany	6 otvorených a 1 krytý bazén s teplotou vody na prameni 68 °C
2. Sklené Teplice	2 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 53 °C
3. Bojnice	3 otvorené termálne kúpaliská s teplotou vody na prameni 38 °C
4. Kováčová	3 otvorené termálne bazény s teplotou vody na prameni 47,7 °C
5. Vyhne	2 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 38 °C
6. Kremnica	5 otvorených bazénov s teplotou vody na prameni 65 °C
7. Bánovce nad Bebravou	2 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 42 °C
8. Kremnica	5 otvorených bazénov s teplotou vody na prameni 65 °C
9. Sliač	2 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 28 °C
10. Bystričany	5 otvorených bazénov s teplotou vody na prameni 40 °C
Severné Slovensko	
1. Vyšné Ružbachy	5 otvorených bazénov s teplotou vody na prameni 20 °C
2. Liptovský Ján	4 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 28 °C
3. Bešeňová	4 otvorené a 3 kryté bazény s teplotou vody na prameni 62 °C
4. Oravice	2 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 54 °C

5. Rajec	8 otvorených bazénov s teplotou vody na prameni 27 °C
6. Turčianske Teplice	3 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 30 °C
7. Rajecké Teplice	2 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 26 °C
8. Vrbov	7 otvorených bazénov s teplotou vody na prameni 56-65 °C
9. Oravice	2 otvorené bazény s teplotou vody na prameni 54 °C
10. Kalameny	voľný prístup k jazierku s termálnou vodou
Aquaparky	
1. Aquapark Tatralandia Liptovskom Mikuláši	9 bazénov a 6 tobogánov s teplotou vody 26-38 °C, hĺbka vrtu 2500 m s teplotou vody 60,7 °C, celoročná prevádzka
2. Aquapark Aquathermal v Senci pri Slniečnych jazerách	9 bazénov a 2 tobogány s teplotou vody 26-36 °C, kľudový bazén 32-36 °C, plavecký bazén 26-28 °C, hĺbka vrtu 1350 m s teplotou vody 48 °C, celoročná prevádzka
3. Aquapark Aquacity v Poprade	5 bazénov a 2 tobogány s teplotou vody 28-36 °C, celoročná prevádzka
4. Aquapark v Dubnici	vo výstavbe
5. Aquapark v Rimavskej Sobote	vo výstavbe
6. Aquarena v Petržalke Bratislava	vo výstavbe

Poznámka.: V tabuľke je rozdelenie Slovenska do pásiem, nie podľa krajov (južné, stredné a severné).

Pre úplnosť, Slovensko nedisponuje len značnými geotermálnymi zdrojmi, ktoré sa využívajú prevažne ako termálne kúpaliská a aquaparky (tab. 1), ale poskytuje aj minerálne vody s liečivými účinkami, ktoré poznáme ako liečebné kúpele (tab. 2).

Tab. 2. Najznámejšie vody s liečebnými účinkami - Slovenské liečebné kúpele.
Tab. 2. The best known waters with healing effects - Slovak baths.

Liečebné kúpele	Pre ochorenia
1. Bardejovské kúpele	dýchacích ciest, obličiek a močových ciest, obehového ústrojenstva...
2. Brusno	tráviaceho ústrojenstva, z povolania, poruchy látkovej výmeny a žliaz...
3. Lúčky	pohybového ústrojenstva, ženské ochorenia...
4. Nový Smokovec	nervové ochorenia, dýchacích ciest, z povolania, látkovej výmeny...
5. Smrdáky	reumatické a kožné ochorenia, pohybového ústrojenstva...
6. Štós	nervové, dýchacích ciest, onkologické, ženské ochorenia...
7. Štrbské Pleso	ochorenia dýchacích ciest...
8. Tatranské Matliare	nervové ochorenia, dýchacích ciest, ženské ochorenia...
9. Vyšné Ružbachy	obehového a pohybového ústrojenstva, reumatické, ženské, nervové...

Možnosti využitia geotermálnej energie v Košickej kotline

Najväčší geotermálny zatepl'ovací projekt v Strednej Európe v súčasnosti, s inštalovaným tepelným výkonom 110 MW, bude umiestnený v Košickej kotline. Lokalita geotermálnej štruktúry Ďurkova, ktorý leží v znížene neogénneho podložja, je asi 15 km východne od Košíc. Výsledky 3 geotermálnych prieskumných vrtov navŕtaných v r.1998-1999 potvrdili prítomnosť geotermálneho zdroja s tepelným potenciálom najmenej 100 MW_t. Oblasť bola skúmaná 3 prieskumnými vrtmi na ropu - Ďurkov 1,2,3, vyvŕtaných v r.1968-1972. Prítoky geotermálnej vody boli potvrdené čerpacími skúškami. Zdroj geotermálnej vody sa nachádza v triasových dolomitoch, najmä vo vrchnej časti, v kontakte s neogénnymi obklopujúcimi horninami. Hlavný prítok pochádza z puklinových a krasových priepustných zón v hĺbke 2100-2600 m. Parametre získané z testovaných vrtov boli lepšie, ako pôvodne očakávané z predchádzajúcich ropných a plynových prieskumov: teplota geotermálnej vody na ústí vrtu je 124-129 °C, tok 56-65 kg.s⁻¹, dynamický tlak na ústí vrtu 0,97-2,2 MPa, odplyňovací bod v hĺbke 750-1195 m, hydraulické parametre:

- koeficient prietočnosti T má rozsah 8,16.10⁻⁵ - 2,089.10⁻⁴ m².s⁻¹
- a koeficient filtrácie k_f má rozsah 9,44.10⁻⁸ - 4,471.10⁻⁷ m.s⁻¹ (Tab. 3), [1].

Tab. 3. Parametre vrtov v dynamických podmienkach [1].

Tab. 3. The Parameters of wells (dynamic conditions) [1].

Vrt	Koeficient prietochnosti $T [m^2 \cdot s^{-1}]$	Koeficient filtrácie $K_f [m \cdot s^{-1}]$	Prítok [m]	Odplyňovací bod
GTD – 1	$2,089 \cdot 10^{-4}$	$4,471 \cdot 10^{-7}$	2150 – 2500	750 m
GTD – 2	$8,16 \cdot 10^{-5}$	$9,44 \cdot 10^{-8}$	2750 – 2920	1070 m
GTD - 3	$3,41 \cdot 10^{-4}$	$8,50 \cdot 10^{-6}$	2223 – 2246	1146 m

Geotermálna voda z lokality Ďurkov má vysoký obsah mineralizácie (TDS) ($29-32 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$) s výrazným Na-Cl typom. Vysoký obsah mineralizácie v geotermálnej vode zadržuje jej výtok do príľahlých potokov a riek. Z hľadiska pôvodu je to halogénová voda pochádzajúca pravdepodobne z meteorickej vody presakujúcej cez soľné útvary Karpát do mezozoického (druhohorného) kolektora. Geotermálna štruktúra podľa chemických a izotopových údajov je obmedzená, preto sa môže používať s reinjektážnym systémom. Na základe termodynamického modelovania je tu pravdepodobnosť vysokej korózie, čo znamená nevyhnutnosť dávok inhibítora a inej prevencie.

Modelové výpočty boli tiež overené meraniami in situ. Za účelom prevencie vyžrážania kalcitu a iných minerálnych fáz, by mal byť parciálny tlak CO_2 udržiavaný na hodnote 2,1-2,2 MPa, čo znamená, že je nevyhnutná prevádzka pod tlakom. Existencia 3 geotermálnych vrtov poskytuje možnosť konštrukcie jedného geotermálneho vymenníkového centra. V súčasnosti sa vykonávajú 3D seizmické merania pre možnosti zistenia nových geotermálnych centier.

Využitie geotermálneho tepla

Teplu z oblastí vrtov bude dopravované potrubím z tepelného centra v Olšovonoch do TEKO Košice. Výstavba centier výmenníkov tepla sa plánuje v Bidovciach, Ďurkove, Slanci a Ruskove. Pomocou už postavenej siete v meste bude dodávané teplo z geotermálnych vrtov z TEKO Košice do obydli v Košiciach.

V štúdiách realizovateľnosti vypracovaných spoločnosťami CFG Orleans - Francúzsko, Virkir Reykjavik - Island a Sloveoterm Bratislava, sú vypočítané parametre využitia geotermálnej energie v SR. Štúdie berú do úvahy, že v Košiciach existuje rozsiahla teplorozvodná sieť, ktorá zabezpečuje zateplovanie 60 000 bytov, nákupných centier, budov pre verejnosť a iných objektov. Mestská zateplovacia služba, TEKO (Tepelná energetika Košice), patrí ku Slovenským elektrárňam (SE). Asi 70 % tepelnej energie TEKO pochádza z prírodného plynu a 30% z uhlia.

Celková tepelná kapacita systému je 700 MW, s každoročnou produkciou tepla 2500 GWh. Zdroj geotermálnej energie z Košickej kotliny je výhodný pre využitie v centrálnom zateplovaní v meste Košice. Geotermálna energia je tu ekonomickou voľbou pre nahradenie zastaralého vybavenia TEKO.

Podľa výsledkov testov vrtov by mala byť teplota na ústí vrtu geotermálneho centra v Ďurkove $125 \text{ }^\circ\text{C}$, prietok $60-65 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ a reinjektážna teplota max. $55-60 \text{ }^\circ\text{C}$, čo znamená, že jeden geotermálny vrt je schopný poskytnúť tepelný výkon 16 až 17 MW (Tab. 4)[1].

Tab. 4. Rozdelenie a voľba potrebného počtu dubletov podľa požadovaného limitu [1].

Tab. 4. Allocation and selection of required number of doublets based on the required output [1].

„Vysoký“ výkon $T = 125 \text{ }^\circ\text{C}$, $Q = 65 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, $d_t = 4 \text{ }^\circ\text{C}$	6 dubletov	7 dubletov (7 ťažobných vrtov)	8 dubletov
Požadovaný limit 100 MW	konštantný	$< -15 \text{ }^\circ\text{C}$	$< -15 \text{ }^\circ\text{C}$
Minimálny tepelný výkon počas zimy pri teplote $-15 \text{ }^\circ\text{C}$	84 MW	98 MW	112 MW
Maximálny tepelný výkon pri teplote $3 \text{ }^\circ\text{C}$	105 MW	123 MW	141 MW
Energia nahraditeľná geotermálnou podľa požiadavky z roku 2000	641 GWh	641 GWh	641 GWh

Z uvedených údajov vyplýva, že na zaistenie požadovaného výkonu (100 MW) z geotermálneho územia musí byť navŕtaných aspoň 7 produkčných vrtov. Odporúča sa využívanie plnej kapacity 7 vrtov počas vykurovacej sezóny pre zabezpečenie optimálnej ekonomiky investícií.

Záver

Rozsiahle využitie geotermálnej energie predstavuje prínos pre energetickú a ekologickú oblasť a preto je podporované. Projekt v Podhájskej sa sústreďuje na zatepľovanie skleníkov na ploche 2 ha s tepelným výkonom 12 MW_t. Geotermálna voda (s teplotou 82°C) z vrtu Po-1 (TDS 19 g.l⁻¹) je po prechode cez výmenník tepla reinjektovaná späť do zásobníka pomocou vrtu GRP-1 (45°C). Tento systém zabezpečuje ekologické využitie geotermálneho zdroja.

Podobne sa bude využívať aj značný geotermálny potenciál v Košickej kotline, na ktorý je v súčasnosti namierená nemalá pozornosť.

Práca vznikla v rámci riešenia projektu VEGA č. 1/0361/03.

Literatúra - References

- [1] Beňovský, V., Drozd, V., Halás, O., Váňa, O., Vranovská, A.: Geothermal energy utilisation in Slovakia and its future development, *Proceedings World Geothermal Congress 2000, Kyushu - Tohoku, Japan, May 28 2000*.
- [2] Pinka, J., Dobra, E.: Herľanský Gejzír a prírodné bohatstvo v okolí, 2004.
- [3] Gonet, A., Stryczek, S., Pinka, J., Wolinski, J.: Drilling a Geothermal Well GTD-1 in Slovakia. In *Transactions of the Universities of Košice, N. 2/1999, Vydavateľstvo Štroffek Košice, p. 94-101, 1999*.
- [4] Najnovšie poznatky o výsledkoch geotermálneho prieskumu v južnej časti Košickej kotliny. *Slovgas č.2/1999, s. 9-13, 1999*.
- [5] Wittenberger, G., Pinka, J.: Nový vývoj vo vrtaní geotermálnych vrtov, *Časopis Acta Montanistica Slovaca, Ročník 9, str. 344, ISSN 1335-1788*.
- [6] Böszörményi L.: Vývoj predstáv o košickom geotermálnom projekte, *monografia, vydavateľstvo Štroffek, 2001*.
- [7] Franko, R.: Geotermálna energia Slovenska a jej využitie. *GÚDŠ, Bratislava 1986*.